



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

LADJA NAFTALY RODRIGUES DE OLIVEIRA

**CULTIVO DE PALMA FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA
EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

**SUMÉ - PB
2021**

LADJA NAFTALY RODRIGUES DE OLIVEIRA

**CULTIVO DE PALMA FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA
EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador: Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.

**SUMÉ - PB
2021**

O482c

Oliveira, Ladja Naftaly Rodrigues de.

Cultivo de palma fertirrigada com água residuária em sistema agroflorestal. / Ladja Naftaly Rodrigues de OLiveira. - 2021.

72 f.

Orientador: Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Água residuária na agricultura. 2. Irrigação com água residuária. 3. Efluentes na agricultura. 4. Palma fertirrigada. 5. Cultivo de palma forrageira. 6. Água de reúso. 7. Riscos à saúde – água de reúso. 8. Águas cinzas. 9. Reúso da água - legislação. 10. Palma irrigada com água de reúso. I. Medeiros, Salomão de Sousa. II. Título.

CDU: 628.381(043.2)

LADJA NAFTALY RODRIGUES DE OLIVEIRA

**CULTIVO DE PALMA FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA
EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.
Orientador – INSA**

**Dr^a. Adriana Guedes Magalhães.
Examinadora Externa – SEMAS/PE**

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.
Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCCG**

Trabalho aprovado em 18 de fevereiro de 2021.

SUMÉ - PB

Dedico esta dissertação à Deus, minha
família, e meus amigos, pelo
apoio, amizade, carinho, incentivo,
paciência e confiança, pois sem vocês
nada disso teria sido realizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela fé, pois Ele que me fortalece todos os dias.

Agradeço ao Prof. Dr. Salomão de Sousa Medeiros, pela orientação, pela paciência, e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

A Adriana Guedes que me acolheu durante o desenvolvimento de todo trabalho, pelo apoio incondicional no período mais difícil desse percurso me ajudando a superar as dificuldades e na tomada de decisões.

Ao Professor Paulo da Costa Medeiros, pelas contribuições.

Aldo Sales, Évio Rocha e Emanuel Martins que me orientaram nos questionamentos e discussões.

A minha mãe, Socorro, aos meus avós, aos meus irmãos, Laisa e Lamartine, minha cunhada Margarete pelo cuidado e atenção com minha filha Lara nas horas em que estava ausente.

Aos colegas do PROFÁGUA – UFCG/CDSA sempre juntos, em especial Poliana e Natália por todo apoio nos momentos do mestrado, nas viagens, desafios, risadas e angústias.

Ao professor e coordenador Hugo Morais de Alcântara e aos professores do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos – PROFÁGUA.

Agradeço também aos funcionários do CDSA, em especial a Nalvinha por toda atenção e paciência conosco.

Ao laboratório de Ecologia e Botânica, em especial a Professora Alecksandra Vieira de Lacerda pela oportunidade de acompanhar seus trabalhos.

Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) por disponibilizar a área destinada a pesquisa.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até momento.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. “Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

RESUMO

A utilização de esgoto doméstico tratado na agricultura tornou-se uma das opções viáveis para reduzir a poluição das águas, reunindo um conjunto de vantagens para a sociedade e colaborando para a redução de impactos ambientais por ser uma solução mitigadora à poluição dos corpos hídricos. A tecnologia de reúso, confere um dos pontos para assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030 – ONU). O uso de efluentes tratados de esgoto doméstico podem suprir a demanda hídrica de cultivos agrícolas e garantir, em parte, importante aporte nutricional para as plantas. Assim, objetivou-se avaliar a aplicação de esgoto doméstico tratado no cultivo de palma forrageira sobre os parâmetros biométricos fenológicos na região do semiárido paraibano. O experimento foi conduzido em campo na área experimental, localizada na sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), no município de Campina Grande, em um arranjo experimental de blocos casualizados, com 08 repetições, 03 espécies vegetais e 03 tratamentos, correspondentes ao tipo e volume de água utilizada (T1 = 125 ml de água chuva, T2 = 125 ml de água residuária – AR, T3 = 250 ml de água residuária). A lâmina de irrigação aplicada de $2 \text{ L h}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ em sistema de gotejo. Foi instalado um sistema agroflorestal consorciado com 1560 raquetes de palma forrageira: Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e 195 mudas de 2 espécies florestais: Sabiá (*Mimosa ceasalpinifolia* Benth) e Aroeira-Branca (*Myracrodruon Urundeuva* Allemão), plantadas em fila dupla. Entre os meses de agosto de 2019 a fevereiro de 2020, foram realizadas as avaliações biométricas na palma: altura da planta, número total de cladódios, perímetro espessura, comprimento e largura do cladódio. Cada cladódio avaliado e as plantas úteis foram identificadas (08 plantas por bloco). Sendo que em cada planta útil, apenas 01 raquete de palma foi monitorada. Os resultados obtidos foram submetidos análise de variância e as médias ao teste Tukey ao nível de 5% de significância e os contrastes foram analisados por análise univariada ambos utilizando o programa estatística. Os tratamentos que receberam água residuária apresentaram maior desenvolvimento da planta. No entanto, o volume de água ofertado tem pouco efeito sobre as morfogêneses da planta. Em relação as propriedades químicas do solo a água residuária mostra-se existir uma influência positiva sobre o pH e matéria orgânica do solo.

Palavras-chave: Semiárido. Água Residuária. Palma Irrigada.

ABSTRACT

The use of treated domestic sewage in agriculture has become one of the viable options for reducing water pollution, bringing together a set of advantages for society and collaborating to reduce environmental impacts as it is a mitigating solution to the pollution of water bodies. Researches prove the use of treated effluents from domestic sewage can supply the water demand of agricultural crops and guarantee in part an important nutritional supply for plants. Thus, the objective was to evaluate the application of domestic sewage treated in the cultivation of forage palm on the phenological biometric parameters in the semi-arid region of Paraíba. The experiment was conducted in the field in the experimental area, located at the headquarters of the National Institute of the semi-arid (INSA), in the municipality of Campina Grande, in an experimental arrangement of randomized blocks, with 08 repetitions, 03 plant species and 03 treatments, corresponding to the type and volume of water used (T1 = 125 ml of water supply, T2 = 125 ml of waste water-AR, T3 = 250 ml of waste water). The irrigation blade applied $2 \text{ L h}^{-1} \text{ day}^{-1}$ per week in a drip system. An intercropped agroforestry system was installed with 1560 forage palm rackets: Mexican elephant ear (*Opuntia stricta* Haw) and 195 seedlings of 2 forest species: Sabiá (*Mimosa ceasalpini folea* Benth) and Aroeira-Branca (*Myracrodruon Urundeuva* Allemão), planted in double row. Between August / 2019 and February 2020, biometric assessments were carried out on the palm: plant height, total number of cladodes, perimeter thickness, length and width of the cladode. Each evaluated cladode was identified with marking, and useful plants (8 plants per block) were identified. Since in each useful plant, only 01 palm racket was monitored. The results obtained were subjected to analysis of variance and the averages to the Tukey test at the level of 5% significance and the contracts were analyzed by univariate analysis both using the statistical program. The treatments that received wastewater showed greater plant development. However, the volume of water offered has little effect on the plant's morphogenesis. Regarding the chemical properties of the soil, wastewater shows a positive influence on the pH and organic matter of the soil.

Keywords:Semiarid. Wastewater. Irrigated Palm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Área experimental e estação de tratamento de esgoto doméstico da sede do Instituto Nacional do Semiárido INSA, Campina Grande, Paraíba..... 32
- Figura 2** - Estação de tratamento de esgoto doméstico da sede do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Campina Grande, Paraíba..... 34
- Figura 3** - Croqui da área experimental..... 37
- Figura 4** - Avaliações biométricas em palma forrageira: altura de planta (A), perímetro (B) largura (C) e comprimento (D) do cladódio no campo experimental do INSA, Campina Grande, Paraíba.....38
- Figura 5** - Precipitação e temperatura média mensal do campo experimental, no INSA – Campina Grande PB durante o ano de 2019 a fevereiro de 2020.....41
- Figura 6** - Altura de plantas de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva , T2= 125ml de água residuária por semana e T3= 250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano)46
- Figura 7** - Número de cladódios de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 48
- Figura 8** - Comprimento de cladódios de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 49

Figura 9 - Largura de cladódios de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 52

Figura 10 - Perímetro de cladódios de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 53

Figura 11 - Espessura média de cladódios de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 55

Figura 12 - Estimativa do Índice da Área do Cladódio de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..... 56

Figura 13 - Estimativa da produtividade da massa verde de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano)..58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da caracterização do solo com profundidade de 0-20 cm, antes da aplicação das lâminas de água residuária Atropossolo Decapítico da área experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.33

Tabela 2 - Caracterização granulométrica e textural de um Atropossolo Decapítico com profundidade de 0-20 cm, antes da aplicação das lâminas de água residuária Atropossolo Decapítico da área experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.33

Tabela 3 - Dados da caracterização físico-química do sistema de tratamento (tanque séptico + filtro anaeróbio) do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.35

Tabela 4 - Quantidade de água utilizada durante o experimento.....36

Tabela 5 - Aporte de nutrientes aplicados aos tratamentos em 06 meses de irrigação43

Tabela 6 - Contrastes ortogonais e médias de variáveis de crescimento da palma forrageira espécie (*Opuntia stricta* Haw) cultivar Orelha de Elefante Mexicana irrigada com água de chuva e com água residuária em região semiárida.45

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Água De Chuva
ANA	Agência Nacional De Águas
ART	Água Residuária Tratada
CAPES	Coordenação De Aperfeiçoamento De Pessoal De Nível Superior
CDSA	Centro De Desenvolvimento Sustentável Do Semiárido
CE	Condutividade Elétrica
DQOT	Demanda Química De Oxigênio Total
INSA	Instituto Nacional Do Semiárido
MOS	Matéria Orgânica Do Solo
PST	Porcentagem De Sódio Trocável
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
CA	Cálcio
MG	Magnésio
MN	Manganês
CU	Cobre
FE	Ferro
ZN	Zinco
NI	Níquel
CD	Cádmio
PB	Chumbo
AP	Altura De Planta
CC	Comprimento Do Cladódio
LC	Largura Do Cladódio
NC	Número De Cladódio
EC	Espessura Do Cladódio
PC	Perímetro Do Cladódio

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
dm ⁻³	Decímetro cúbico
Ha	Hectare
M	Metro
Mg	Mega grama
mm	Milímetro
°C	Graus Celsius
pH	Potencial Hidrogeniônico
L	Litros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	A CRISE HÍDRICA.....	19
3.2	LEGISLAÇÃO SOBRE REÚSO DA ÁGUA.....	20
3.3	RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO REÚSO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO.....	23
3.4	REÚSO DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA AGRICULTURA.....	25
3.5	CULTIVO DE PALMA EM SISTEMA AGROFLORESTAL.....	27
3.6	IRRIGAÇÃO NA PALMA FORRAGEIRA.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	32
4.3	IMPLANTAÇÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS.....	33
4.4	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS.....	34
4.5	ESTIMATIVA DO APORTE DE NUTRIENTES.....	34
4.6	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO.....	35
4.7	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
4.8	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA.....	37
4.9	ESTIMATIVA DE DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE.....	39
4.9.1	Áreas dos Cladódios.....	39
4.9.2	Índice de Área do Cladódio.....	39
4.9.3	Produtividade estimada de palma forrageira em campo.....	40
4.10	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	40
4.11	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	42
5.1	APORTE DE NUTRIENTES.....	42
5.2	CONTRASTES ORTOGONAIS.....	43
5.3	ALTURA DE PLANTAS.....	45
5.4	NÚMERO TOTAL DE CLADÓDIOS.....	47
5.5	COMPRIMENTO DE CLADÓDIOS.....	48
5.6	LARGURA DE CLADÓDIOS.....	50
5.7	PERÍMETRO DOS CLADÓDIOS.....	52

5.8	ESPESSURA DE CLADÓDIOS.....	54
5.9	ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO.....	55
5.10	ESTIMATIVA D EPRODUTIVIDADE DE MASSA VERDE.....	57
6	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
	ANEXO A – INFORME TÉCNICO.....	68

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta dois fatores preponderantes que limitam a disponibilidade de água para as plantas, que são os solos rasos com baixa capacidade de retenção de água e o regime pluviométrico irregular, com chuvas com uma alta variabilidade espacial e temporal. Face a esse cenário são os riscos de perdas nas culturas regulares de plantas na região são altos, causando na maioria dos casos, prejuízos econômicos e sociais (SILVA et al., 2012). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), do consumo total de água doce utilizado no Brasil, aproximadamente 70% é destinado para irrigação. Uma forma de economizar o uso da água é o planejamento sustentável dos recursos hídricos disponíveis e o reúso da água na agricultura.

As práticas de reúso da água variam significativamente entre as diversas regiões do mundo, desde o uso de águas residuais não tratadas em regiões onde o tratamento de águas residuais é limitado, até o uso de água reciclada altamente tratada nas regiões mais desenvolvidas. Em ambos os casos, as culturas alimentares e não alimentares são geralmente irrigadas. Em todos os contextos, a escassez de água é a motivação comum para a reutilização de água na agricultura (ABES, 2015).

Embora o uso de esgoto tratado na irrigação, apresenta-se como uma maneira eficaz de mitigar a poluição nos cursos de água e aumentar a disponibilidade de água, o que é especialmente relevante nas regiões do semiárido, sua utilização nos sistemas agrícolas, proporcionam vantagens na redução do descarte desta água em corpos hídricos, diminuindo a poluição direta das águas dos rios e reduzindo impactos ambientais (BOURAZANIS et al., 2016).

A utilização da água residuária tratada na recuperação de áreas degradadas e na irrigação de espécies florestais e agrícolas, estão sendo estudadas por diversos pesquisadores como alternativa viável para suprir as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricionais das plantas (COSTA et al., 2012). Diferentes estudos comprovam que a aplicação de água residuária no solo proporcionam mudanças nas propriedades do solo, como a redução do pH do solo, disponibilidade de nutrientes, melhoria da matéria orgânica do solo e o aumento da produção dos cultivos (MINHAS et al., 2015; SILVA et al., 2015; MAGDICH et al., 2016; HIRZEL et al., 2017).

O sistema solo planta é uma forma de pós-tratamento das águas residuárias pelo solo, por ser um filtro natural, reduz os impactos da descarga de contaminantes

nos rios e barragens subterrâneas, proporcionando o controle da poluição e aumentando a disponibilidade hídrica. Apesar dos benefícios ambientais, econômicos e sociais para a área rural, é necessário que haja aceitação do consumidor em relação aos produtos cultivados (SILVA et al., 2019; HOMEM et al., 2014).

A percepção social das comunidades rurais a respeito do reúso está ligada as informações e confiança nas instituições responsáveis pelo projeto apresentado e seu gerenciamento. O interesse da comunidade rural nos projetos e na implantação de estações de tratamentos de efluentes domésticos, é através de informações sobre os riscos à saúde das crianças e agricultores ao contato constante com o solo e a água contaminados (MORAIS et al., 2016; BARBOSA et al., 2014). No entanto, as técnicas utilizadas para tratamento de água de reúso, tem como desafio, gerar efluente que apresente baixo impacto ao meio ambiente e à saúde da comunidade, proporcionando qualidade de vida e desenvolvimento nas comunidades rurais.

Parte da população rural do semiárido da Paraíba e outros estados do nordeste brasileiro extraem sua renda a partir da pecuária, mesmo diante do clima pouco favorável e limitado devido aos períodos de estiagem e solos degradados por ações antrópicas.

Nesse cenário, a palma forrageira orelha de elefante irrigada com água residuária, surge como uma alternativa importante devido ao seu potencial de produção e nutricional necessários à manutenção dos rebanhos devido ao seu mecanismo fotossintético diferenciado: o metabolismo ácido das crassuláceas – CAM o qual lhe confere uma alta eficiência no uso da água em virtude do fechamento estomático durante o dia, abertura à noite com a fixação de CO₂ (HAN & FELKER, 1997; SANTOS et al., 2013), favorecendo a boa adaptação da palma às regiões com baixo nível pluviométrico, onde o seu cultivo costuma ser realizado em condições de sequeiro.

A palma forrageira é considerada planta xerófila e por isso apresenta adaptação às condições adversas do semiárido, apesar da adaptação a sua produtividade, tem sido baixa, principalmente por falta de manejo adequado. A combinação entre espaçamento de plantio e a adubação e da irrigação, pode definir estratégias de manejo eficientes no estabelecimento, na condução e produção do palmal. Maior área total de exposição à luz indica maior potencial produtivo da cultura (LARCHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2009). Adicionalmente, maior disponibilidade de nutrientes no solo pode alterar a expressão dos caracteres morfométricos e afetar o rendimento. Espécies que têm maior habilidade de um genótipo de produzir mais de um fenótipo

quando exposto a diferentes ambientes apresentam maior capacidade de adaptação às condições do *habitat* (LARCHER, 2000).

O conhecimento das variáveis morfométricas, como a altura da planta, a taxa de número de cladódios, alongamento e espessura dos cladódios, é importante para se avaliar o potencial de adaptação de uma espécie ou variedade ao ambiente onde é cultivada (SALES et al., 2006), bem como sua resposta às alterações nas práticas de manejo, induzem a um desempenho melhor no cultivo da palma forrageira.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicação de esgoto doméstico tratado no cultivo de palma forrageira em sistema agroflorestal, através do monitoramento de parâmetros biométricos fenológicos na região do semiárido paraibano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a resposta agronômica da cultivar de palma forrageira Orelha de Elefante sob sistema de irrigação localizado com esgoto doméstico tratado;

Avaliar as diferentes lâminas de irrigação no desempenho da palma forrageira irrigada com água de reúso em comparação a água tratada;

Mensurar o aporte de nutrientes aplicados ao solo após a fertirrigação com água de esgoto doméstico tratada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A CRISE HÍDRICA

A distribuição irregular de água no mundo e sua consequente escassez natural em certos locais, agravada pelo crescimento econômico, demográfico e mudanças climáticas, tornando-a um recurso cada vez mais importante para a sociedade (URBANO et al., 2017). A medida que as populações e as atividades econômicas aumentam, alguns países estão atingindo condições de escassez de água e se defrontando com limites para o desenvolvimento socioeconômico.

A região do Semiárido Brasileiro é composta por 1.262 municípios, que abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Entre as características intrínsecas dessa região, destacam-se: as chuvas irregulares concentradas no verão e outono, com médias de precipitação pluviométrica anual igual ou inferior a 800 mm; Índice de Aridez igual ou inferior a 0,50 e; percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, todos os dias do ano (SUDENE, 2017). Aliado a esse cenário, apresenta altas temperaturas na maior parte do ano, irregularidades de relevo e solos, em sua maioria, rasos, com baixa fertilidade e baixo teor de matéria orgânica (SOUZA et al., 2016).

Considerando o cenário de escassez do Semiárido Brasileiro, o uso planejado de águas residuais tratadas, pode potencializar a eficiência dos recursos hídricos e fornecer benefícios aos ecossistemas através da redução de captação de água potável, reciclagem e reaproveitamento de nutrientes, na redução do uso de fertilizantes, minimizando a poluição das águas doces e a recarga de aquíferos.

A gestão e utilização dos recursos hídricos tornaram-se, nos dias atuais, um complexo desafio social, requerendo soluções da comunidade científica e dos órgãos gestores e fiscalizadores, o direcionamento técnico e científico para diminuição da escassez e todo desequilíbrio que ela acarreta (SOUZA et al., 2015). Nesse contexto, a reutilização de água torna-se uma alternativa potencial para a gestão dos recursos hídricos e muitos países têm adotado essa medida visando o uso racional desse bem.

A disponibilidade de recursos hídricos também é intrinsecamente ligada à qualidade da água, a poluição das fontes de água pode proibir sua utilização. O aumento de descargas de esgoto não tratado, combinado com escoamento agrícola e águas residuais tratadas inadequadamente da indústria, resultam na degradação da qualidade da água em todo o mundo (VOULVOULIS, 2018).

A recuperação e a reutilização de água é obrigação, especialmente em países com escassez de água, onde muitas cidades e agências ambientais já usam águas residuais parcialmente tratadas para criar lagos artificiais, recarregar águas subterrâneas esgotadas, irrigar culturas, parques e jardins. Os usos comuns de águas residuais para benefícios ambientais em países como China, Japão México, incluem a reposição dos recursos hídricos por meio da recarga das águas subterrâneas, restauração do fluxo do rio, aumento da água em lagos e restauração de pântanos e biodiversidade (UN WATER, 2017).

3.2 LEGISLAÇÃO SOBRE O REÚSO DE ÁGUA

A decisão sobre a gestão de águas residuais deve equilibrar os diferentes aspectos como: saúde, economia e proteção ao meio ambiente. Tendo como maior desafio a aceitação social, mesmo que os projetos apresentem medidas de segurança e sejam financeiramente viáveis, a população apresenta resistência, devido à falta de conhecimento do impacto desses resíduos no ambiente e dos riscos à saúde. A conscientização, educação e as informações referentes a qualidade desta água, são as ferramentas necessárias para que ocorra a aceitação pública (UN WATER, 2017; CAPPS, 2016).

A reutilização da água é um desafio político e socioeconômico para o desenvolvimento de futuros serviços de abastecimento de água e saneamento em escala global. De fato, tem a grande vantagem de fornecer um recurso alternativo a um custo menor para limitar escassez de água e preservar melhor a água doce dos recursos naturais. No entanto, informações como volume residual, elementos que constituem essas águas e tratamento, são de suma importância para a proteção da saúde e a segurança humana e ambiental (UN WATER, 2017).

A reutilização da água é uma ferramenta para sustentabilidade dos recursos hídricos aplicados principalmente para fins não potáveis, como industriais, usos recreativos, urbanos e agrícolas, promovendo economia de água, desenvolvimento socioeconômico e redução de impactos ambientais. Apesar do crescimento do uso da água, o país não apresenta uma legislação específica com parâmetros da qualidade de água de reúso proveniente de esgoto doméstico (FERREIRA et al., 2019).

Os níveis de tratamento são estabelecidos com base na finalidade e isso reflete em uma variedade de legislação e diretrizes para reutilização de água, como as

diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para uso de águas residuais na aquicultura e agricultura (HELMECKE *et al.*, 2020).

No estado da Paraíba a Lei nº 10.033/2013 que institui a Política Estadual de captação, armazenamento e aproveitamento da água da chuva, contempla outra forma de aproveitamento de reúso, uma forma sustentável a diminuir a escassez hídrica e a preservação do meio ambiente (BATISTA, 2019).

A gestão de águas no Brasil é orientada pela Lei nº 9.433/97 do Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. O conjunto de diretrizes, metas e programas que constituem o PNRH foi construído em amplo processo de mobilização e participação social. O objetivo geral do Plano é “estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social”.

Os objetivos específicos são assegurar:

- 1- A melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade;
- 2 – A redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e
- 3 – A percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (SANTILLI, 2007; RAPOPORT, 2004).

A Agência Nacional de Águas (ANA), é a entidade federal responsável pela implementação da PNRH, criada pela Lei 9.984 de 17/07/2000. No âmbito estadual, São Paulo foi o primeiro a implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com a Lei Estadual 7.663 de 1991, antes mesmo da Política Nacional. Nos anos seguintes, outros estados seguiram o exemplo e instituíram suas próprias políticas (MELO *et al.*, 2012).

A Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), considera que o reúso de água se constitui em prática de racionalização, conservação, redução de poluentes em corpos receptores, contribuindo para a proteção do meio ambiente, proteção dos recursos hídricos e da saúde pública.

O artigo 3º da Resolução nº 54/2005 – CNRH possui as seguintes modalidades, em relação ao reúso direto não potável de água:

- I – reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II – reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III – reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV – reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais e
- V – reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A Resolução CONAMA nº 430/2011, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos, alterando a Resolução nº 357 de 2005 (BRASIL, 2011). Nessa resolução destacam-se os padrões para lançamento em corpos hídricos de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários:

- O pH entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 5 dias, 20° C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e ausência de materiais flutuantes.

No contexto da aceitação pública, referente a tecnologia de águas residuais, a falta de informação adequada a respeito dos riscos associados à prática; dificuldades de técnicas para implantação, as políticas existentes, disponibilidade e segurança da água e a qualidade da água, podem afetar a aceitação. Preocupações com o meio

ambiente e a saúde, bem como certificação e monitoramento, também parecem ser responsáveis por reduzir a aceitação do público (CARR et al., 2011).

As percepções e a aceitação pública do reúso de água são reconhecidas como fatores primordiais para a introdução bem-sucedida de projetos de águas residuais. Para que ocorra a melhoria da qualidade da água, a proteção ambiental e de recursos hídricos, é necessário que gestores, autoridades e organizações responsáveis pela gestão das águas, cumpram as normas de acordo com o interesse da população, promovendo melhores condições sociais, econômicas e ambientais.

3.3 RISCOS A SAÚDE ASSOCIADOS AO REÚSO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO

O reúso de águas residuais para irrigação de espécies de planta é uma alternativa para destinação de parte dos efluentes produzidos pelas cidades. No entanto, o risco a saúde pública deve ser considerado para viabilidade do uso na irrigação. A aplicação de efluentes no solo deve ser realizada de maneira segura no que diz respeito aos riscos de contaminação das culturas, à saúde humana e o próprio solo e águas superficiais e subterrâneas.

As diretrizes da Organização Mundial de Saúde de 2006 apresentam em suas metas a estipulação da quantidade tolerável de dejetos presentes em águas residuárias no uso agrícola a fim de se obter uma carga máxima aceitável para que não ocorra transmissão de doenças. Para uso seguro de águas residuária na agricultura fazem algumas recomendações para ovos de helmintos de ≤ 1 ovo nematoide intestinal por litro, os nematoides humanos que terão maior importância são: *Ascaris Lumbricoides*, *Trichuristrichiura*, *Ancylostoma duodenale* e *Necatoramericanus*. A qualidade da água é definida através das análises de alguns parâmetros microbiológicos, além de parâmetros físicos e químicos, sendo avaliado a positividade das bactérias que pertencem ao grupo de coliformes totais e de coliformes termotolerantes, incluindo a *Escherichia coli*, (ALMEIDA, et al., 2017).

Desta forma, é realizada análise de bactérias do grupo coliforme, que se localizam no trato intestinal dos animais de sangue quente e servem como parâmetro de contaminação da água por fezes. Elas apresentam baixa ocorrência no solo e na vegetação (GLOWACKI; CRIPPA, 2019).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2014), a maior parte dos casos a transmissão de doenças por água de irrigação ocorre principalmente através do cultivo de hortaliças e frutas irrigadas com águas

contaminadas por esgotos domésticos e consumidas pela população sem tratamento. Além do potencial de transmissão de doenças ao homem, o mal uso de águas residuais para fins de irrigação também pode apresentar riscos ao meio ambiente, solo, águas subterrâneas e superficiais.

A disposição de grande quantidade de água residuária no solo pode provocar risco de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além da possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade, aplicações sucessivas podem favorecer o processo de salinização do solo, fenômeno que ocorre, principalmente nas regiões, onde os baixos índices de pluviosidade e a ocorrência de altas temperaturas provocam intensa evaporação da água e, com efeito, deposição de sais na superfície do solo ao longo dos anos (DIAS et al., 2003).

O reúso de águas residuárias pode causar danos à saúde pela presença de metais pesados, contaminantes e microrganismos patogênicos causadores de doenças, esses riscos dependerão da forma de ingestão, do cultivo ou pelo seu manejo inadequado. As espécies folhosas como alface e o espinafre, são consideradas maiores acumuladoras de metais tóxicos que as tuberosas, como a cenoura, a beterraba e o rabanete (ZURERA et al. 1987).

A presença do agente infeccioso nos efluentes utilizados para irrigação não implica necessariamente na certeza da transmissão de doenças, caracterizando apenas um risco potencial (BASTOS, 2003). Assim sendo, o risco associado à utilização de esgotos, mesmo doméstico, para fins potáveis, exige que se tenham cuidados especiais para assegurar proteção efetiva e permanente dos consumidores (HESPANHOL, 2003).

Segundo a OMS (2004) existem qualidades requeridas para o uso de efluente em diversas situações dentro da área agrícola depende da concentração de patógenos presente no esgoto bruto. Com o emprego de lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente em termos de remoção de patógenos, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado como indicador da remoção de ovos de *Helmintos*. No caso de utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (turbidez ≤ 2 , por exemplo) pode dispensar a verificação do padrão de ovos de *Helmintos*. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas, e na ausência de riscos para os agricultores (opção H, por exemplo) o padrão ovos de *Helmintos* poderia ser dispensável.

Segundo Benetti (2006), esgotos tratados não desinfetados podem ser usados, somente em plantações tipos forrageiras ou árvores que não produzam alimentos. No

caso de culturas comestíveis, o tratamento deve ser mais severo, principalmente, em relação aos parâmetros microbiológicos.

No planejamento de um projeto agrícola com aproveitamento de águas residuárias deve-se considerar: normativa sanitária e ambiental; tipos de culturas que serão irrigadas; qualidade necessária para o efluente a ser utilizado, em função dos tipos de culturas a irrigar, do solo e do usuário; medidas de controle ambiental a serem adotadas; técnicas de irrigação a serem utilizadas; tratamento a ser aplicado ao esgoto, dependendo da qualidade desejada para o efluente.

A prática da irrigação por longos períodos pode causar a acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas. Para evitar essa possibilidade, a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominantemente doméstica (MOTA, 2000). Para tanto, diminuir a possibilidade de risco é necessário analisar a eficiência do tratamento, o tipo de cultura que se pretende produzir e manejar adequadamente o efluente e a cultura.

3.4 REÚSO DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA AGRICULTURA

A busca por uma utilização planejada dos recursos hídricos e o reúso da água tem aumentado nas últimas décadas, como resultado da implementação da política nacional de recursos hídricos, e de seus instrumentos de gestão, principalmente em regiões que se caracterizam por elevada escassez e adversidades climáticas. O semiárido nordestino é uma região que concentra um baixo percentual de água disponível em qualidade e quantidade, com má distribuição e elevadas perdas atmosféricas por evaporação. A utilização de esgoto doméstico tratado na agricultura tornou-se uma das opções viáveis para reduzir a poluição das águas, reunindo um conjunto de vantagens para toda a sociedade e colaborando para a redução de impactos ambientais, reduzindo a poluição dos corpos hídricos (BOURAZANIS et al., 2016; SILVA et al., 2012).

A reutilização da água é uma prática há muito estabelecida em vários países e regiões com escassez de água ao redor do mundo. A prática do reúso de água potável evoluiu de maneira importante, em Israel cobre mais de 50% de sua demanda de água agrícola com água recuperada. Projetos de reutilização são mais numerosos em países do sul da Europa como França, Grécia, Portugal e Espanha. No entanto, o

tratamento de água altamente avançado tem um custo maior. Os níveis de tratamento são estabelecidos de acordo com a finalidade e isso reflete em uma variedade de legislação e diretrizes para reutilização de água, como as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para uso de águas residuais na aquicultura e agricultura (HELMECKE et al., 2020).

Em países como Estados Unidos, Arábia Saudita, Jordânia, Califórnia, Iran e Israel reutilizam até 70 % do esgoto doméstico na irrigação (SHEIKH et al., 2019). No Brasil algumas regiões adotaram a prática de reúso no setor agroindustrial, como exemplo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), uma das pioneiras na produção de água de reúso para fornecimento industrial. No estado da Paraíba a Lei nº 10.033/2013 que institui a Política Estadual de captação, armazenamento e aproveitamento da água da chuva, contempla outra forma de aproveitamento de reúso, uma forma sustentável a diminuir a escassez hídrica e a preservação do meio ambiente (BATISTA, 2019).

Apesar do crescimento do uso, o país não apresenta uma legislação específica com parâmetros da qualidade de água de reúso proveniente de esgoto doméstico. A reutilização da água é uma ferramenta para sustentabilidade dos recursos hídricos aplicados principalmente para fins não potáveis, como industriais, usos recreativos, urbanos e agrícolas, promovendo economia de água, desenvolvimento socioeconômico e redução de impactos ambientais (FERREIRA et al., 2019). A água de reúso pode trazer benefícios ou não às culturas cultivadas, dependendo dos métodos de tratamentos dos efluentes.

Diferentes aspectos devem ser levados em consideração como a carga de nutrientes, material orgânico, agentes contaminantes, a disposição do efluente no solo, podem afetar o desenvolvimento das culturas, pois as águas residuárias, além de apresentarem consideráveis concentrações de íons dissolvidos como o sódio, o boro e cloretos, contêm grande variedade de organismos patogênicos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Tais características têm se constituído como cenário dificultador na utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura (ANDRADE FILHO et al., 2013).

Quando o reúso é realizado corretamente, este resultará em diversas vantagens, como a substituição parcial de fertilizantes químicos, evita a erosão do solo e controla processos de desertificação mediante irrigação, além da economia da quantidade de água direcionada para a irrigação (GIORDANNI et al., 2018; KUMMER et al., 2012). O manejo adequado da água residuária na irrigação depende de um

balanço coerente entre a demanda de água e de nutrientes das plantas, além da observação aos problemas potenciais de salinidade, sodicidade e toxicidade (SILVA et al., 2012).

Efeitos benéficos em relação às culturas agrícolas irrigadas com efluentes de esgotos domésticos têm sido observados, por diversos pesquisadores, como o cultivo de girassóis por Dantas et al. (2018); produção de mudas de sabiá por Rebouças et al. (2018); crescimento da mamoneira por Hortegal Filha et al. (2018); crescimento, desenvolvimento e produção do algodão por Nascimento et al. (2018).

Pesquisas comprovam o uso de efluentes de esgoto doméstico, com a finalidade de suprir parcialmente alguns dos elementos nutricionais mais exigidos pelas culturas, como o nitrogênio, fósforo e o potássio, que são responsáveis pelo desenvolvimento e aumento da produção agrícola (BEZERRA et al., 2019). Para a reutilização do efluente tratado na agricultura é necessário conhecer as áreas agrícolas, o solo e as culturas irrigadas, bem como, a necessidade de água das culturas e as características químicas do efluente para assegurar a produção de colheita e a proteção dos solos.

O emprego do reúso de efluentes na irrigação de cultura pode se tornar uma alternativa com vistas à redução do uso de água de boa qualidade, beneficiando o meio ambiente. No entanto, sua aplicação no solo deve ser realizada de maneira segura no que diz respeito aos riscos de contaminação das culturas, à saúde humana o próprio solo e águas superficiais e subterrâneas.

3.5 CULTIVO DE PALMA EM SISTEMA AGROFLORESTAL

O consórcio de lavouras com outras espécies, apresentam melhoria nos recursos naturais como adição de matéria orgânica no solo, aumento de nutrientes, melhoria da biodiversidade do solo, da preservação da água no solo, entre outros. Por ser muito utilizada pelos agricultores, para melhorar e intensificar o uso da terra, a prática de cultivo sustentável, deve levar em consideração as espécies consorciadas devido a competição por espaçamento, luz, água e nutrientes (JARDIM et al., 2020). Proporcionando benefícios as áreas agricultáveis, aumento da produtividade, melhoria do uso e eficiência do solo.

A integração de floresta com cultivos agrícolas é uma estratégia sustentável, em que as árvores crescem associadas a outras plantas perenes ou colheitas anuais,

utilizando práticas de gerenciamento, que apresentam diversidade na produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros, quer sejam de origem vegetal ou animal (BERNARDES, 2017). Proporcionando maior eficiência no uso dos recursos disponíveis para a produção das culturas como água e nutrientes. A presença de árvores em um sistema de produção pode alterar o balanço de radiação e o comportamento do vento na área, proporcionando um microclima para as culturas consorciadas.

O desenvolvimento de arbóreas em cultivo consorciado é influenciado por diferentes fatores, como a genética, o clima, o solo, a fertilidade, água disponível entre outros. A Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e a Aroeira-Branca (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), desempenham papéis importantes em regiões semiáridas, sendo utilizadas em sistemas agroflorestais, na composição de paisagens arbóreas, no enriquecimento de capoeiras e na recuperação de áreas degradadas, sendo espécies importantes do bioma caatinga (BARBOSA, 2008).

Os consórcios são sistemas de cultivo, utilizados por pequenos agricultores do semiárido, como alternativa alimentar e aproveitamento do espaço da propriedade, proporcionando recomposição do solo com matéria orgânica e o aumento da umidade do solo.

Uma prática comum entre os agricultores é o consórcio da palma com feijão, milho e sorgo. O cultivo de palma junto com leguminosas forrageiras, proporcionam o incremento da fixação biológica de nitrogênio no solo, através da decomposição das raízes, serapilheira e nódulos das leguminosas, além de fornecer proteína e fibra na dieta dos animais (GOVEIA et al., 2016). Miranda (2018) avaliou a quantificação e deposição de serapilheira e de nutrientes de leguminosas arbóreas consorciadas com palma no agreste de Pernambuco, e verificou a contribuição de nutrientes e matéria orgânica no solo.

3.6 IRRIGAÇÃO NA PALMA FORRAGEIRA

Um fator essencial e limitante para o desenvolvimento de culturas agrícolas é a disponibilidade hídrica na área de cultivo, para garantir a produção faz-se necessário o uso da irrigação em regiões com clima quente e seco, em que as taxas de evapotranspiração excedem a precipitação durante maior parte do ano, causando déficit hídrico (CAMPOS, 2018). Para elevar a produtividade, com ganhos

econômicos, a escolha de métodos de cultivo e o manejo da irrigação, é de fundamental importância para o desempenho da palma (CAVALCANTE et al., 2014; SILVA et al., 2013).

Segundo Silva et al. (2014), o aumento da produtividade da palma forrageira, após sucessivos cortes, depende da condução da cultura no campo, de clones melhorados, pluviosidade, realização de adubação, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita. Junto com essas práticas, podem ser inseridos eventos de irrigação para a necessidade hídrica da planta, proporcionando aumento da produtividade, antecipação da colheita e possibilidades de plantio em outras épocas do ano (CRUZ NETO et al., 2017).

O uso da irrigação em palmal proporciona plantas saudáveis e nutridas, diminuindo os efeitos negativos que as regiões semiáridas sofrem devido à deficiência hídrica. Nessas regiões de escassez hídrica o uso do sistema de gotejamento, apresenta maior eficiência de aplicação. O uso da irrigação no cultivo da palma forrageira, demonstra respostas positivas no cultivo nos estados de Pernambuco (QUEIROZ et al., 2015) e na Bahia (SANTOS et al., 2017). Fonseca et al. (2019), analisando a irrigação na palma forrageira no município de Guanambi/BA, constataram que a aplicação via irrigação por gotejamento, proporcionou desenvolvimento do palmal, obtendo o teor de matéria seca e proteína adequados as exigências nutricionais na alimentação de animais.

Considerando o potencial de utilização do efluente, Azevedo Júnior et al. (2020) avaliaram o crescimento e a produção da palma "orelha-de-elefante Mexicana" no segundo ano de cultivo sob irrigação complementar utilizando esgoto doméstico tratado. A palma apresentou crescimento e produção satisfatória ao serem comparadas com as plantas cultivadas sem irrigação. Segundo Queiroz et al. (2015) a palma forrageira produz cladódios de primeira e segunda ordem mais rapidamente quando irrigados. Rocha et al. (2017), quando a palma é cultivada sob irrigação e fertilização, as plantas já possuem valores consideráveis de massa de forragem, no período de corte realizado quatro meses após o plantio.

Estudo relacionado as características morfofisiológicas e a produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, apresentou durante 380 dias de cultivo em condições irrigadas, valores médios do número de cladódios, biomassa verde e seca superiores aos sequeiros (QUEIROZ et al., 2015). Diante desses estudos, observa-se que as doses de água de esgoto doméstico tratado aplicado, proporcionam o aumento da produção e desenvolvimento da cultura. O conhecimento

da extração de nutrientes pela palma forrageira pode possibilitar o entendimento de fatores relacionados à nutrição mineral da cultura e conseqüentemente permitir calibrar as doses ideais para a espécie.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na área experimental de reúso de água, em uma área medindo 780 m², localizada nas imediações da sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), no município de Campina Grande, PB.

Campina Grande está localizada no Nordeste Brasileiro, na porção oriental do Estado da Paraíba, na mesorregião do Agreste Paraibano, com área de 591,658 km² (IBGE 2019), está inserida no Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 e 1.000 metros. O experimento foi realizado nos meses de agosto de 2019 a fevereiro de 2020.

O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta. A vegetação é formada por Florestas Subcaducifólicas e Caducifólicas, próprias das áreas agrestes.

A região é caracterizada por um clima quente variando entre a máxima anual de 32°C e a mínima 19,5 °C e a umidade relativa do ar média em torno de 80%, com regime pluviométrico irregular e longo período de estiagem classificado de acordo com a classificação de *Köppen* (1918). A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em uma área degradada com evidências de processos erosivos, relevo ondulado, baixa profundidade do solo cultivável e afloramento rochoso exposto, com histórico de utilização como área de empréstimo para remoção de solo, classificado como *Antropossolo Decapítico* (CURCIO et al., 2004) (Figura 1).

Figura 1 - Área experimental e estação de tratamento de esgoto doméstico da sede do Instituto Nacional do Semiárido INSA, Campina Grande, Paraíba.



Fonte: Acervo do Instituto Nacional do Semiárido - INSA

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

A amostragem de solo foi realizada um ano após aplicação dos tratamentos, de acordo com o mesmo procedimento adotado na amostragem inicial. Na qual foram coletados três pontos em cada linha de tratamento na profundidade, 0-20cm, após foram misturados formando uma amostra composta totalizando 3 amostras por bloco.

O solo coletado foi seco e peneirado em malha de 2mm e analisado quanto aos atributos químicos: potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio (N), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^{+2}), alumínio (Al^{+3}), alumínio trocável (H+Al) de acordo com metodologias semelhantes à da caracterização inicial.

Na tabela 1 são observados os valores de nutrientes presentes nesse solo, matéria orgânica, alta concentração de sódio, pouco alumínio (Al^{3+}) trocável e pH próximo da neutralidade. De acordo com metodologia da Embrapa (DONAGEMA et al, 2011) e matéria orgânica (MOS) pelo método de ignição em mufla a 550 °C (SCHULTE et al, 1987) e granulometria (Tabela 2) de acordo com metodologia da Embrapa.

Tabela 1 - Dados da caracterização do solo com profundidade de 0-20cm, antes da aplicação das lâminas de água residuária *Atropossolo Decapítico* da área experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.

pH	MOS	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	PST
-- g kg ⁻¹ --	----mg dm ⁻³ ----	-----cmolc kg ⁻¹ -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6,9	0,69	0,91	0,64	742,30	0,31	1,53	2,5	0,07	2,8	9,0

Matéria Orgânica do Solo (MOS), porcentagem de sódio trocável (PST); Fósforo (P), Potássio (K⁺), Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Sódio(Na⁺).

Tabela 2 - Caracterização granulométrica e textural de um *Atropossolo Decapítico* com profundidade de 0-20 cm, antes da aplicação das lâminas de água residuária na área experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.

Profundidade	Fração granulométrica			Classe Textural
	Areia	Silte	Argila	
cm	g kg ⁻¹			
0-15	716	150	134	Fraco arenoso
15-30	707	146	147	Fraco arenoso

Fonte: Tabelas 1 e 2 elaboradas com dados do INSA.

4.3. IMPLANTAÇÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS

O experimento foi instalado em sistema agroflorestal consorciado com 1560 raquetes de palma forrageira: Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw), plantadas em fila dupla, com 195 plantas de 02 espécies nativas da Caatinga com potencial madeireiro: Sabiá (*Mimosa ceasalpinifolia* Benth) e Aroeira-Branca (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) O plantio das arbóreas foi feito em nível colocando uma muda por cova com espaçamento 2,0 x 2,0m e as raquetes de palma plantadas em fileira dupla com dimensões de 30 x 30cm, para o preparo do solo antes do plantio, foi realizado adubação de fundação com 1kg de composto orgânico, por cova.

A área de estudo foi implantada em julho de 2013 onde os tratamentos de irrigação foram aplicados nos primeiros dois anos de julho/2013 a julho de 2015 e suspensos nos meses de agosto de 2015 a agosto de 2017. Nos meses de agosto a outubro de 2017, foi realizado o corte da palma forrageira deixando apenas a raquete principal. O sistema de irrigação foi reativado no ano de 2018 para dar continuidade aos estudos.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS

A água residuária tratada (ART) e a água da chuva (AC) que foram utilizadas na irrigação do experimento são provenientes do INSA. A água residuária, é procedente de uma estação de tratamento de esgoto composto por um tanque séptico e filtro anaeróbico e a água de chuva é proveniente da captação de água da chuva dos telhados da sede do INSA e tratada com pastilhas de cloro. Após o tratamento, o efluente e água da chuva eram armazenados em caixas d'água, para posterior aplicação da irrigação por gotejamento (Figura 2).

Figura 2 - Estação de tratamento de esgoto doméstico da sede do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Campina Grande, Paraíba.



Fonte: Imagem captada pela autora.

4.5 ESTIMATIVA DO APORTE DE NUTRIENTES

Para realizar a estimativa do aporte de nutrientes aplicados às palmas, por meio dos tratamentos com água de chuva e água residuária tratada, foram coletadas amostras da água residuária e de chuva no ponto de aplicação dos gotejadores, para

caracterização físico-química, sendo as análises realizadas por Cromatografia de íons, em equipamento Diotex-Thermo Scientific modelo ICS-1100, e segundo metodologia APHA et al, (2012).

Para a estimativa do aporte de nutrientes as plantas, foi realizado um cálculo do volume de água aplicado por hectare pelo produto da concentração de nutriente (pelo volume aplicado durante os seis meses de experimento).

Tabela 3 - Dados da caracterização físico-química do sistema de tratamento (tanque séptico + filtro anaeróbio) do Instituto Nacional do Semiárido – INSA Campina Grande PB.

Parâmetros	Unidade	Água de chuva	Água Residuária Tratada
Potencial hidrogeniônico		6,63	9,00
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	0,46	2,58
Demanda química de oxigênio total	mg L ⁻¹	-	463,3
Demanda bioquímica de oxigênio total	mg L ⁻¹	-	254,5
Amônio	mg L ⁻¹	1,01	44,70
Nitrato	mg L ⁻¹	0,72	0,38
Fósforo	mg L ⁻¹	0,61	13,40
Potássio	mg L ⁻¹	4,86	31,07
Cálcio	mg L ⁻¹	22,96	40,78
Magnésio	mg L ⁻¹	9,58	9,00
Sulfato	mg L ⁻¹	21,58	30,54
Sódio	mg L ⁻¹	22,42	104,97
Cloro	mg L ⁻¹	61,60	165,01

Fonte: Construída com dados do INSA.

4.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO

No experimento foi utilizado o sistema de irrigação localizada por gotejamento, este sistema apresenta eficiência no controle da lâmina d'água, diminui as perdas por evaporação, por percolação e por escoamento superficial. Essa eficiência evita a contaminação do produtor. Uma desvantagem é a possibilidade de entupimento, devido ao acúmulo de sais nos botões gotejadores, sendo necessário a utilização de filtros.

Após o tratamento, o efluente e água da chuva eram armazenados em caixas d'água de 5.000 litros. As águas utilizadas na irrigação eram bombeadas para a tubulação, passando pelos filtros de discos e distribuídas nos sistemas de gotejo.

O funcionamento da bomba quanto ao horário de início e término de cada ciclo de aplicação semanal, era realizada manualmente, obedecendo ao tempo necessário para aplicação da lâmina de irrigação.

4.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três espécies vegetais, oito repetições e três tratamentos, correspondentes ao tipo e volume de águas utilizadas (Figura 3).

Foram aplicados três tratamentos no experimento:

T1: Irrigação com volume de 125ml planta/semana de água de chuva;

T2: Irrigação com volume de 125ml planta/semana de água residuária de esgoto doméstico tratado e

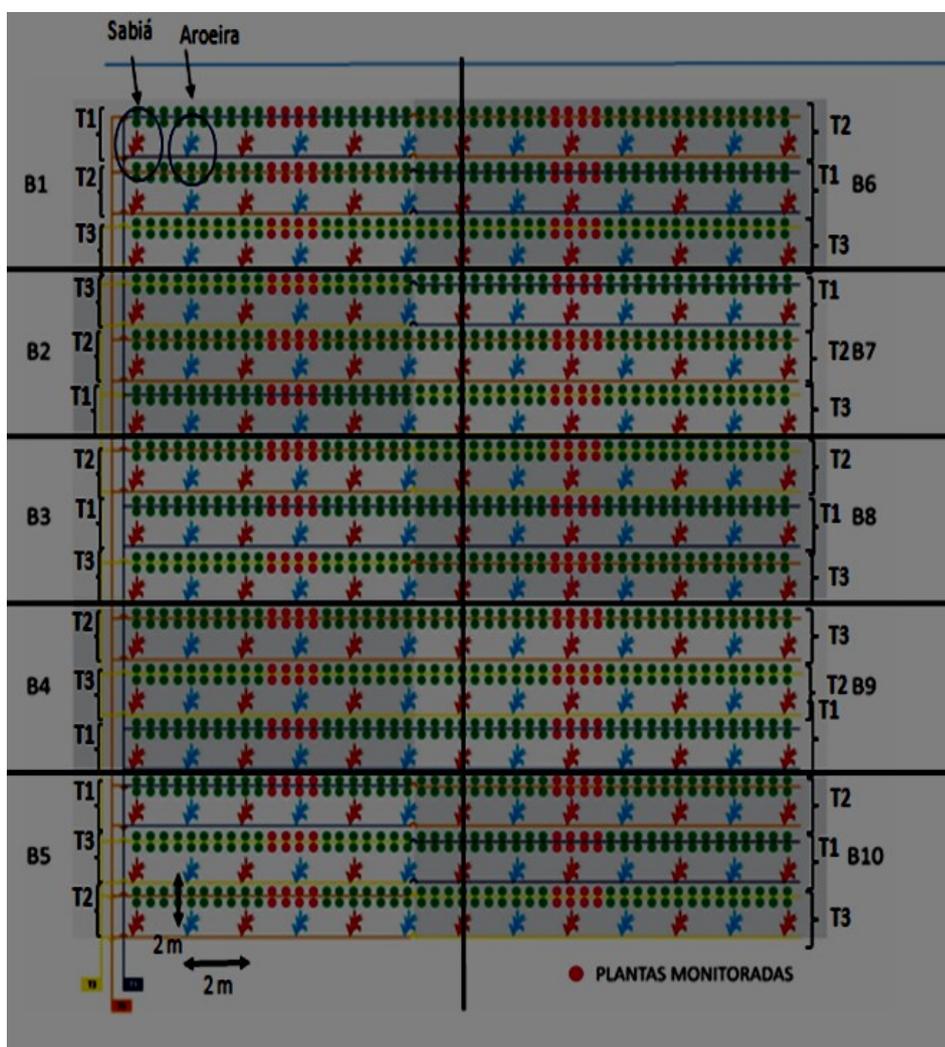
T3: Irrigação com volume de 250ml planta/semana de água residuária de esgoto doméstico tratado ;

Tabela 4 - Quantidade de água utilizada durante o experimento

Tratamento	Tempo de irrigação (semanas)	Volume aplicado por semana (ml por planta)	Volume por hectare(m ³ ha ⁻¹)
T1	30	125	75
T2	30	125	75
T3	30	250	150

Fonte: Construída com dados do INSA.

Figura 3 - Croqui da área experimental.



Fonte: Coquis desenhado pela autora.

4.8 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA

As avaliações biométricas da palma forrageira foram realizadas nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2019, e fevereiro de 2020. Os parâmetros de crescimento das palmas avaliadas, foram:

- 1- Altura da planta (utilizando trena graduada);
- 2- Número total dos cladódios (por contagem);
- 3- Perímetro do cladódio (medido em cm ao redor de todo o cladódio com trena graduada);

- 4- Espessura do cladódio (medida em milímetros com utilização de paquímetro);
- 5- Comprimento do cladódio (medido em cm no meio do cladódio no sentido vertical utilizando trena graduada);
- 6- Largura do cladódio (medida em cm no meio do cladódio no sentido horizontal).

Cada cladódio avaliado foi identificado com marcação, e identificadas as plantas úteis (oito plantas por tratamento no bloco). Sendo que em cada planta útil, apenas uma raquete de palma foi monitorada (Figura 4).

Figura 4 - Avaliações biométricas em palma forrageira: altura de planta (A), perímetro (B) largura (C) e comprimento (D) do cladódio no campo experimental do INSA, Campina Grande, Paraíba.



Fonte: Própria autora

4.9 ESTIMATIVA DE DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE

4.9.1 Áreas dos Cladódios

As variáveis morfométricas das palmas, como altura, comprimento, largura e espessura do cladódio, são dados relevantes na avaliação do potencial de adaptação da espécie no ambiente de cultivo. Assim como sua resposta nas práticas de manejo como a adubação, espaçamento e irrigação (DONATO et al., 2014).

As áreas dos cladódios foram estimadas com os dados obtidos de largura e comprimento, conforme metodologia descrita por Pinto et al. (2002) e Donato et al (2014), de acordo com a equação:

$$ACL(\text{cm}^2) = \text{CCL} \times \text{LCL} \times 0,693$$

Em que:

ACL - área de cladódio, em cm^2 ;

CCL - comprimento do cladódio, em cm;

LCL - largura do cladódio, em cm;

0,693 é um fator de correção em função de forma de elipse do cladódio.

4.9.2 Índice de Área do Cladódio

Em função da área do cladódio e do número de cladódios por planta foi calculado o índice de área do cladódio (IAC). O IAC foi estimado multiplicando-se a área média do cladódio por dois (considerando-se os dois lados) e pelo número de cladódios da planta, obtendo-se a área total dos cladódios da planta (m^2); e, em seguida, dividindo-a pela área ocupada pela planta no solo (m^2 de solo), obtendo-se o IAC em m^2 de cladódio por m^2 de solo, determinando-se dessa maneira a área fotossinteticamente ativa da planta Pinto et al. (2002).

4.9.3 Produtividade estimada de palma forrageira em campo

A estimativa do peso de matéria verde do cladódio, foi determinada segundo Pinto *et al.*, (2002), que relaciona massas a medidas das dimensões das plantas, com o objetivo final de estimar a produção da biomassa verde em campo de forma não destrutiva. De acordo com a equação:

$$PMVC(g) = C(cm) \times L(cm) \times E(cm) \times 0,535(gcm^{-3})$$

Em que: PMVC= Peso de matéria verde do cladódio em g;

C = Comprimento médio dos cladódios em cm;

L = Largura média dos cladódios em cm;

E = Espessura média dos cladódios em cm;

0,535 = fator resultante da multiplicação do fator de correção da área (0,883) pelo peso específico corrigido (0,772 g cm⁻³), pelo valor de 3,14 e por ¼, provenientes do cálculo da área da elipse, em g cm⁻³.

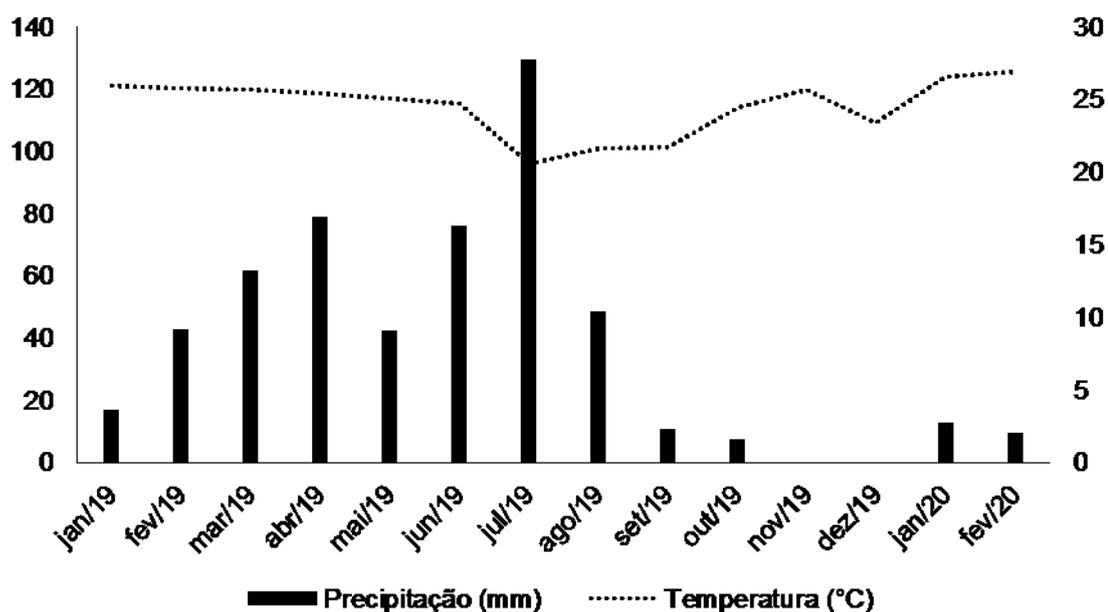
Para estimar a produtividade, multiplicou-se o peso médio dos cladódios pelo número médio de cladódios por planta e pela densidade de plantas por hectare, para obtenção da massa verde de palma em gramas por hectare, a qual foi dividida por 1.000.000 para ser expressa em toneladas por hectare (NASCIMENTO, 2008).

4.10 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO

Os dados de precipitação e temperatura no período do experimento foram observados em uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido – INSA.

Observa-se que houve uma redução expressiva na quantidade de chuva no início da primeira coleta em agosto de 2019, chegando a cessar na terceira coleta no mês de dezembro, voltando a ocorrer precipitações em fevereiro de 2020, período que encerraram as pesquisas em campo. A precipitação total no período das medições foi de 81,2 mm.

Figura 5 - Precipitação mensal e temperatura média mensal do campo experimental, no INSA – Campina Grande PB durante o ano de 2019 até fevereiro de 2020.



Fonte: Construído com dados do INSA.

4.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos análise de variância e as médias ao teste Tukey ao nível de 5% de significância e os contrastes foram analisados por de análise univariada ambos utilizando o programa estatístico SAS *University* (http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html)

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 APORTE DE NUTRIENTES

A Tabela 5 apresentou o resultado dos contrastes ortogonais dos tratamentos irrigados com água de esgoto doméstico tratado foram superiores ao tratamento de irrigação com água de chuva. As concentrações dos elementos nos efluentes em cada tratamento foram bastante variáveis. Devido as expressivas quantidades de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio na água residuária, o aporte destes nutrientes na planta aplicado via irrigação com água residuária tratada foi superior a água de chuva quantificado com base nas concentrações de nutrientes apresentados na tabela.

A concentração de fósforo foi 22 vezes maior para o tratamento com água residuária em relação ao com água de chuva com o mesmo volume de água por irrigação semanal. É importante destacar a ocorrência de dos teores de nutrientes ofertados a planta através da fertirrigação de fósforo na utilização de água residuária, onde os valores observados na amostragem que apresentava 0,045 kg/ha para até 2,010 kg/ha após o período de seis meses de experimento. Vitti et al. (1994) afirma que o deslocamento vertical de fósforo no solo com textura franco arenosa, a fonte de fósforo tornasse um fertilizante líquido ou quando é aplicado com fertirrigação por gotejamento (COELHO et al., 2004) e superior que quando ofertado ao solo na forma sólida.

Experimentos realizados com água residuária relata o efeito positivo da irrigação na atividade dos microrganismos do solo, afirmando o aumento da sua atividade em solos irrigados com água de reúso (LI et al., 2010). Felix et al. (2018) avaliando a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana com níveis crescentes de sódio obteve, aos 150 dias após o plantio, os maiores valores de largura de cladódio com o menor nível salino ($1,5 \text{ dS/m}^{-1}$). Apesar do teor de sódio depositado no solo ser elevado, esses valores podem ser corrigidos pode ser corrigido através da lixiviação.

Estudos apontam que a matéria orgânica do solo aumenta a capacidade de retenção e armazenamento de água e nutrientes como fósforo e nitrogênio, sem o fósforo não há transferência de energia, indispensável a maioria dos processos metabólicos. Segundo Primavesi et al. (2002) aumenta a capacidade de troca de

cátions e auxilia na retenção de potássio, cálcio e magnésio. Mesmo com pouco volume de água ofertado aos clones de palma, pode-se constatar que houve um desenvolvimento superior para a irrigação com água de esgoto doméstico tratado.

Tabela 5 - Aporte de nutrientes aplicados aos tratamentos em seis meses de irrigação

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Sódio
Kg/ha						
T1	0,757	0,045	0,364	1,722	0,718	1,681
T2	3,352	1,005	2,330	3,058	0,675	7,872
T3	6,705	2,010	4,660	6,117	1,350	15,745

T1: AC= água de chuva; T2: ART= água residuária tratada; T3: ART= água residuária tratada

Fonte: Construída com os dados da pesquisa.

5.2 CONTRASTES ORTOGONAIS

Para todas as variáveis: altura de planta, número de cladódios, comprimento, largura, perímetro e espessura de cladódios demonstraram um efeito positivo no crescimento na arquitetura da planta e dos seus cladódios dos tratamentos com água residuária tratada frente ao tratamento com água de chuva. Embora apresente maiores valores em termos absolutos, estatisticamente não demonstraram diferenças pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) os tratamentos pela lâmina de irrigação de 125ml e 250ml por semana. Fato que está relacionado à incorporação de nitrogênio, fósforo e potássio, que contribuem para o desenvolvimento da planta. Observa-se (Tabela 6) a fertirrigação com 125ml semanal atendeu as exigências de altura da palma.

O crescimento vegetativo da palma forrageira expresso em número de cladódios por planta, altura de planta, comprimento e largura de cladódios foi incrementada pela fertirrigação. O nitrogênio favorece o surgimento de cladódios de palma por ser um nutriente que estimula a divisão celular a planta (TAIZ & ZAIGER, 2016). Em termos proporcionais a maior diferença entre tratamentos com água residuária e água de chuva foi observada para a variável número total de cladódios que apresentou um crescimento superior a 30% para o tratamento de com lâmina de 250 mm por semana.

A altura de planta é uma característica avaliada e correlacionada para produção e está relacionada a composição do solo os tratamentos que receberam água residuária apresentaram efeitos da fertirrigação nas plantas com uma maior altura em

19,03%. Contudo, vale ressaltar que o solo da área experimental não possuía uma boa fertilidade devido à extração das camadas superficiais.

O comprimento de cladódio foi influenciado positivamente em 11% pela irrigação com água de esgoto doméstico tratada, conforme observado no presente estudo. A largura dos cladódios aumentou em até 17,95% com o incremento da irrigação com água de esgoto tratado, o perímetro em aproximadamente 14%, análise permite um maior aumento da área fotossintética do cladódio e a espessura de cladódio aumentou em 11,45%.

Quando comparado os dois tratamentos que receberam águas residuárias, esses demonstraram que o volume de água ofertado tem pouco efeito sobre as morfogêneses da planta. Dessa forma, os dados nos permitem inferir que o ponto ótimo de aplicação de água residuária na palma pode ser de 125ml semanais, o que implica em menor uso de água.

A palma quando adubada tem seu crescimento em altura incrementado, sendo este elemento o que mais limita a produção da forrageira. Segundo Ramos *et al.* (2015), em um trabalho conduzido em condições de campo com palma Gigante cultivada em sequeiro no município de Soledade, Paraíba, obtiveram uma média de 13,11 cladódios aos 720 dias em clones de palma adubadas com esterco caprino verificaram que, quando se aumentou a dose de adubo, houve um incremento na largura dos cladódios de palma forrageira obtendo média de 20,62 cm, resultado este inferior aos obtidos no presente estudo que foi de 23,29 para clones de palma irrigados com água de esgoto doméstico tratada.

Queiroz *et al.* (2015), estudando as características morfofisiológicas e a produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação (976, 1048, 1096, 1152 e 1202 mm), observaram que o número de cladódios aumentou com o aumento na lâmina de irrigação, evidenciando a eficiência do uso de água pela cultura, resultado contrário a este trabalho, onde a única variável que não obteve resultado positivo com o aumento da lâmina. As evoluções hídricas demonstraram tendência de decréscimo de suas taxas com o aumento da lâmina de água aplicada indicando que uma disponibilidade hídrica maior reduz a capacidade de utilização de água para o crescimento da planta (TAIZ & ZAIGER, 2016). Fato que ocorreu apenas para o número de cladódios para esse experimento quando comparados os tratamentos com água residuária.

Tabela 6 - Contrastes ortogonais e médias de variáveis de crescimento da palma forrageira espécie (*Opuntia stricta* Haw) cultivar Orelha de Elefante Mexicana irrigada com água de chuva e com água residuária em região semiárida.

Variável	Tratamentos					
	T2/T3	Diferença (T2-T1) %	T3/T1	Diferença (T3-T1) %	T3/T2	Diferença (T2-T3) %
Altura de planta	59,6* / 48,26	19,03	59,55* / 48,26	18,43	59,55 ^{ns} / 59,6	-0,83
Número de cladódios	8,5 / 6,0	29,42	8,75* / 6,0	31,43	8,75 ^{ns} / 8,5	2,86
Comprimento de cladódio	27,91* / 24,85	11,05	27,49* / 24,85	9,51	27,46 ^{ns} / 27,91	-1,63
Largura de cladódio	23,29* / 19,11	17,95	22,32* / 19,11	14,39	22,32* / 23,29	-4,34
Perímetro de cladódio	76,05* / 65,45	13,94	74,96* / 65,45	12,69	74,96* / 76,05	-1,45
Espessura	1,05 ^{ns} / 0,93	11,43	0,93; 1,02 ^{ns}	8,83	1,02 ^{ns} / 1,05	-2,94

T1: irrigação com 125ml de água de chuva por semana; **T2:** irrigação com 125ml de água residuária por semana; **T3:** irrigação com 250ml de água residuária por semana; ns: não significativo; * significativo a 5%.

Fonte: Construída com os dados da pesquisa.

5.3 ALTURA DE PLANTAS

A Figura 6 mostra que de uma forma geral os tratamentos que receberam água residuária demonstraram uma maior altura das plantas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$), entretanto não houve diferença entre os tratamentos com água residuária tratada. O que implica dizer que o nível de água residuária utilizado na presente pesquisa proporcionou uma diferenciação das plantas de palma forrageira em termos de altura de planta entre os tratamentos estudados.

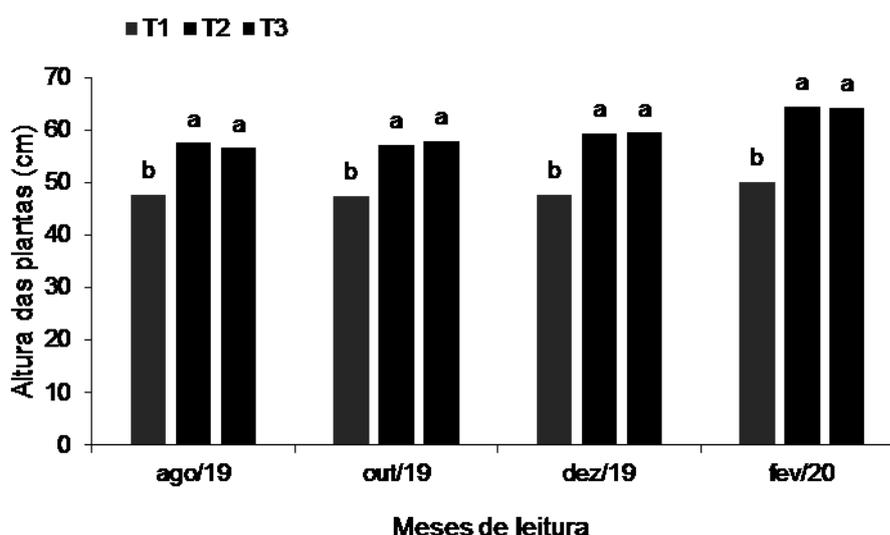
As plantas do tratamento irrigadas com água de chuva (T1), tiveram em média 48,2 cm, enquanto as plantas do tratamento utilizando água residuária T2 e T3 foram em média 20% mais altas que a testemunha sendo 59,6 e 59,5 respectivamente utilizando irrigação de 125ml e 250ml por semana. Essa diferença entre as lâminas foi influenciada consequentemente pela disponibilidade de água residuária. Lemos, 2016 em seu experimento com quatro intervalos entre irrigação com lâmina fixa de 3,5 mm por evento com água de chuva, esgoto doméstico tratado e uma testemunha como sequeiro observou o mesmo comportamento em seu trabalho, o qual a aplicação de fertirrigação com água residuária.

Pereira et al. (2015), avaliando a evolução do crescimento de clones de palma forrageira submetidos a diferentes condições de disponibilidade de água no Semiárido brasileiro utilizando lâminas de água de 7,5 mm, portanto superiores às da presente pesquisa obtiveram média de 46,9 cm de altura para a palma Orelha de Elefante Mexicana, sendo a medição realizada um ano após o corte.

Os resultados observados na presente pesquisa são similares aos reportados por Sales et al. (2013) onde as alturas das plantas atingiram valores entre 30 e 60 cm de altura avaliando clones de palma forrageira no Cariri do Estado da Paraíba em estudo realizado em São João do Cariri, Paraíba, com oito clones de palma forrageira, em condições de sequeiro. Leite (2009) apresenta valores na mesma faixa para a espécie orelha de elefante na porção central do sertão pernambucano. Cabe destacar que ambos os estudos supracitados foram desenvolvidos em condição de sequeiro.

Silva (2018) encontrou resultados similares ao presente trabalho avaliando lâminas de irrigação no cariri oriental da Paraíba onde as médias variaram entre 29,66 cm e 55,73 cm, correspondendo respectivamente a ausência de irrigação e a lâmina de até 5,5 L/semana.

Figura 6 - Altura de plantas de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano).



Fonte: construído com os dados da pesquisa.

o volume de 125ml de água residuária semana, mesmo sendo baixo, é uma alternativa relevante na escassez de água em períodos de estiagem. Queiroz et al., 2015 em pesquisas da palma forrageira cultivada em ambiente Semiárido, com a

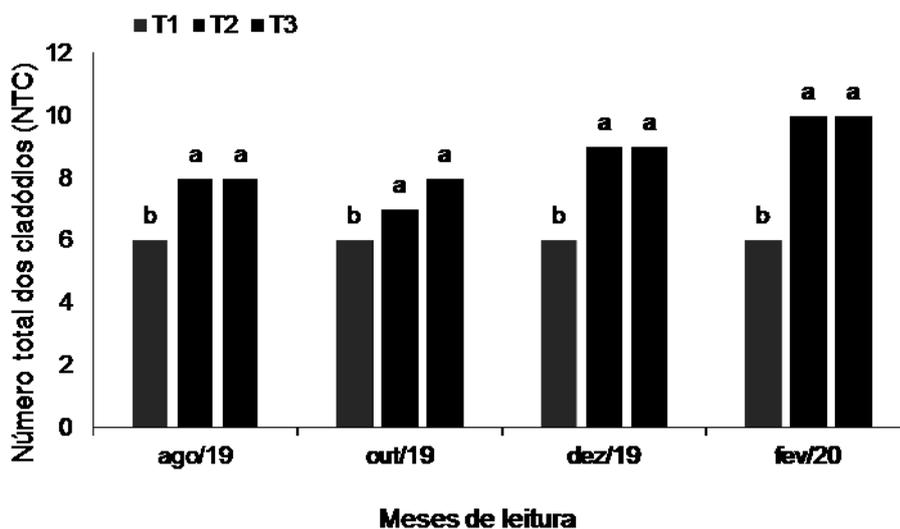
mesma cultivar encontraram maiores resultados de crescimento entre as lâminas de irrigação de 976 a 1048 mm, havendo uma diminuição dos valores de crescimento sob lâminas de irrigação superiores à faixa de 1048 e 1096 mm.

Outros estudos também citam a ausência de resposta da palma quando submetida a eventos de irrigação. Merwer et al. (1997) verificaram que nas condições climáticas de Pretória, Semiárido da África do Sul, lâminas de irrigação de 12,0 mm aplicadas a cada sete dias durante sete meses de ciclo, nos meses mais secos, em geral não contribuíram significativamente para o incremento produtivo em termos de massa fresca dos cladódios de clones de palma para fruto. Hernández et al. (2004), analisando o desempenho de clones de palma forrageira submetidos a eventos semanais de irrigação (740 mm ano⁻¹ ou 14,2 mm a cada sete dias; 1060 mm ano⁻¹ ou 20,4 mm a cada sete dias; e 1380 mm ano⁻¹ ou 26,5 mm a cada sete dias), no município de Gómez Palácio no estado de Durango, Semiárido do México, observaram que as mesmas não promoveram incremento na produtividade da cultura com o aumento nas lâminas de irrigação aplicadas. Apesar disso, foi possível verificar diferenças significativas entre os clones avaliados.

5.4 NÚMERO TOTAL DE CLADÓDIOS

Na Figura 7 são apresentados os valores do número total de cladódios (NTC). O número médio de cladódios em condições irrigadas com água residuária demonstrou ser satisfatória em para os tratamentos T2 e T3 em relação ao tratamento com água de boa qualidade T1. Os valores médios para número de cladódios por planta, uma média de 6,0 para o tratamento com água de chuva sendo inferior aos tratamentos irrigados com água residuária que corresponde a 8,5 e 8,75, respectivamente, mostrando que a quantidade de água não diferenciou no número de cladódios pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Esses números foram inferiores aos encontrados por Pereira et al. (2015) trabalhando com a palma Orelha de Elefante sob irrigação com uma lâmina de 7,5 mm, utilizando adubação mineral, obtiveram médias de 13,5 cladódios por planta decorridos 359 dias após o corte. O número de cladódios por planta, observados nesse trabalho, também foi superior aos obtidos por Silva et al. (2014) para a palma Redonda cultivada em sequeiro, onde registraram-se médias de 12,29 cladódios após 365 dias do plantio.

Figura 7 - Número de cladódios de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano)



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

Em uma análise temporal constatou-se que não houve diferença significativa do número total de cladódios para os tratamentos irrigados com água de chuva e água residuária na primeira leitura, com seus respectivos valores 8,50 e 8,75, ainda sendo superiores ao valor encontrado para o tratamento com água de chuva de 6,0 que em todas as leituras permaneceu inferior aos tratamentos T2 e T3 (Figura 7). Foi ainda constatado um aumento do número de cladódios por planta com o passar do tempo, esse desenvolvimento foi verificado em maior proporção no tratamento T3. Houve oscilação para T1 e T2 no decorrer de 180 dias de análise do experimento. Devido as condições meteorológicas, as temperaturas altas e a pouca precipitação atrasam o surgimento de brotação de cladódios, não afetando o desenvolvimento para os clones do T3.

5.5 COMPRIMENTO DE CLADÓDIOS

Para a variável comprimento de cladódio observou-se que estatisticamente a irrigação com água residuária foi superior a testemunha irrigada com água de chuva, apresentando melhores médias de comprimento de cladódios por planta com valores

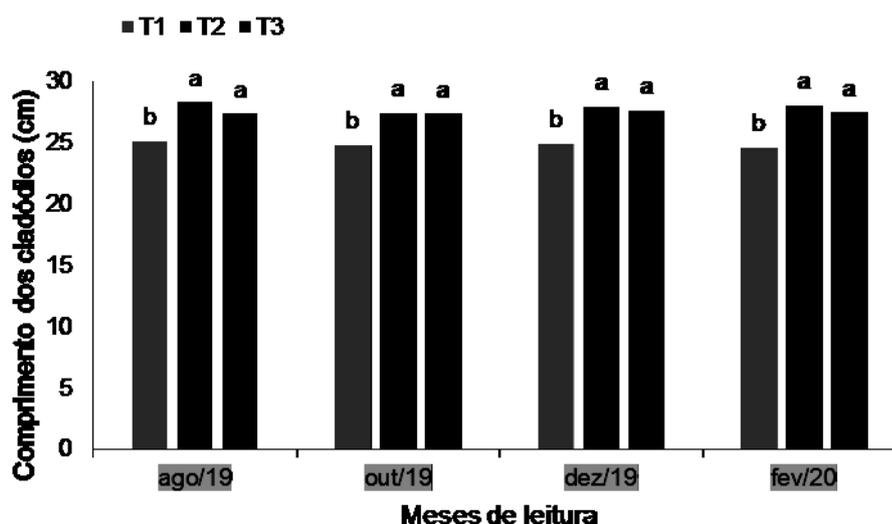
de 24,85, 27,91 e 27,46 cm, respectivamente. Entre os tipos de lâmina, não apresentou estatisticamente diferença pelo teste de Tukey ($P>0,05$) entre os tratamentos T2 e T3 (Figura 8).

A dimensão do cladódio é importante para captação de luminosidade, serve de reserva de água e produção dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos clones de palma adaptando a planta para suportar o estresse hídrico (RAMOS et al.,2015).

Borges (2018) utilizando irrigação por aspersão duas vezes por semana obteve média de crescimento de cladódio variando entre 25,4 e 27,52 aos 365 dias após o plantio da cultivar Orelha de Elefante no município de Santa Luzia-PB.

Os valores encontrados nesse trabalho foram superiores aos encontrados por SILVA et al. (2010), que relacionando as características morfológicas e produtivas de 50 clones de palma forrageira estabelecidos com cinco anos após o plantio e submetidos e primeiro corte dois anos antes da avaliação, observaram que as palmas avaliados apresentaram médias de 21,97 cm.

Figura 8 - Comprimento de cladódios de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano)



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

Em uma análise temporal com relação ao comprimento médio dos cladódios por planta, as palmas do tratamento T1 apresentaram resposta inferior durante o

experimento, (Figura 8). A irrigação com água residuária T2 e T3 foi favorável para o desenvolvimento dos clones de palma devido ao incremento de nutrientes ao solo.

O comprimento do tratamento com água de esgoto doméstico tratado permaneceu estável estatisticamente, já o tratamento T1 oscilou em decorrência de um longo período de estiagem, para o T2 houve uma redução no período de estiagem e depois as plantas foram recuperando o teor de água do parênquima e clorênquima.

Campos (2018) em um experimento conduzido na região semiárida do estado da Bahia, utilizando critérios com base no potencial matricial da água no solo uso da irrigação em diferentes cultivares de palma observou que as variáveis altura, comprimento e perímetro dos cladódios foram influenciados negativamente por um longo período de estiagem, mesmo com o suporte de lâminas de irrigação. Entretanto os resultados foram superiores as cultivares em sistema de sequeiro.

Esses resultados de comprimento de cladódio 24,85, 27,91 e 27,46 cm, foram superiores aos encontrados por Xavier (2018) para clones de Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação variarem de 0 a 5,5l de água por semana no município de Boa Vista – PB após dois anos do segundo ciclo o comprimento dos cladódios variou de 9,0 a 30,0 cm utilizando. Sendo encontrado valor inferior a 24 cm para irrigação de 1,5l por semana.

5.6 LARGURA DE CLADÓDIOS

Para a variável largura, observou-se maior largura dos cladódios para os tratamentos com água de esgoto doméstico tratado, não diferindo estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) entre as lâminas de irrigação e tratamento (Figura 9). Os menores valores (18,98 cm) foram encontrados nas plantas irrigadas com água de chuva e lâmina de irrigação 125ml por semana. Em contrapartida, a lâmina de 125ml por semana de água residuária proporcionou a obtenção de cladódios com valores médios de 23,29 cm de largura e o tratamento de T3 de 0,250 l obteve valores de 22,32 cm de largura.

Os valores encontrados nesse trabalho, foram superiores aos descritos por Silva et al. (2014), no semiárido sergipano, em condições de sequeiro obtiveram cladódios de palma Gigante com largura média de 18,21 cm aos 12 meses após o plantio, sob adubação mineral e orgânica com o uso de esterco caprino.

Os resultados encontrados nesse trabalho para largura média de cladódio também foram maiores que os alcançados por Sales et al., (2013), em experimento realizado em Soledade (PB), com palma forrageira (*Opuntia ficus indica Mill.*), cujo valor médio de largura de cladódios foi de 16,03 cm, aos 360 dias após o plantio, os autores relataram que além da genética da planta, as oscilações climáticas influenciam na largura e no comprimento dos cladódios, afetando, desse modo, a produção da cultura.

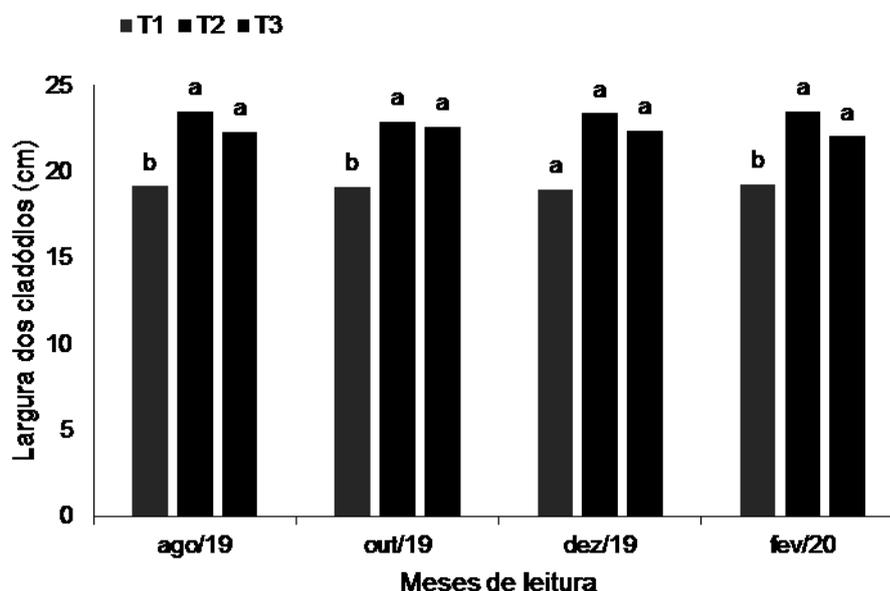
Pereira et al. (2015) avaliando a morfogêneses de cladódios segundo a ordem na planta no município de Serra Talhada-PE, obtiveram larguras médias de cladódios de 1ª ordem de 18,7 cm utilizando lâminas de 7,5 mm aplicadas a cada 7 dias, tendo a avaliação sido feita decorridos 359 dias após o corte.

Ramos et al. (2015), afirmaram que a maximização do comprimento e largura médios do cladódio se dá em torno de 300 dias, assim, estratégias de irrigação e manejo nutricional, como as aplicadas nesse estudo, potencializam a obtenção de resultados satisfatórios, permitindo a produção de cladódios para a implantação de novos palmais em um período bem menor quando comparados com a produção em sequeiro, por exemplo.

A palma forrageira possui um reservatório de água no interior dos seus cladódios que representam mais de 90% de seu peso fresco total, esse volume não é suficiente para suprir toda sua demanda hídrica durante um longo período de seca. Essa afirmação pode ser evidenciada pela largura dos cladódios apresentados, de uma forma geral com o avanço da estiagem a palma diminuiu a largura de seus cladódios de forma linear. Esse fato também foi observado por Silva (2014), que avaliou a morfogêneses da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio.

Campos (2018) trabalhando com crescimento e produtividade de cultivares de palma Orelha de Elefante Mexicana relatou efeitos fisiológicos negativos aos clones de palma forrageira em decorrência de um longo período de seca, mesmo sob lâminas de irrigação. No entanto, a redução na produtividade foi maior nas cultivares de sequeiro.

Figura 9 - Largura de cladódios de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano).



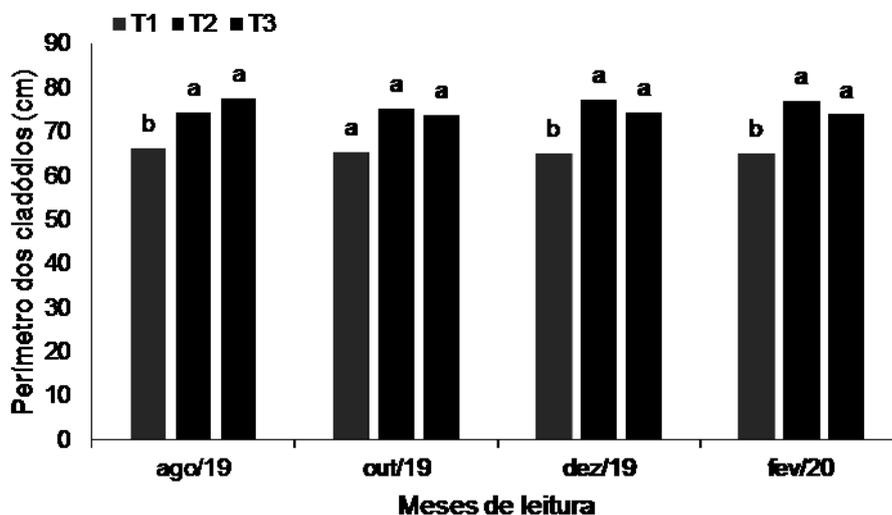
Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

5.7 PERÍMETRO DOS CLADÓDIOS

De acordo com os resultados da análise de variância pode-se verificar que houve interação significativa $P < 0,05$ entre os tratamentos de água de chuva e de irrigação com água residuária no perímetro dos cladódios de palma, com destaque para o tratamento T2 com 76,05 cm que obteve melhor resultado em comparação ao T3 com 74,96 e T1 com 65,45 cm. Cladódios com maior perímetro indicam uma maior superfície fotossintetizante e assim uma capacidade produtiva de planta, e seu como cladódio semente.

Por se tratar variáveis correlatas, o perímetro dos cladódios apresentou comportamento similar a largura dos cladódios, sendo as maiores espessuras observadas nos tratamentos que receberam água residuária (Figura 10). Resultados similares foram apresentados por Xavier *et al.* (2019) que reportam que o uso da adubação orgânica na palma aumenta o perímetro dos cladódios.

Figura 10 - Perímetro de cladódios de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano).



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

A resposta hídrica na palma é claramente expressa em termos de perímetro do cladódio, onde os tratamentos que receberam maiores volumes de água não apresentaram os maiores perímetros dos cladódios. Esta situação corrobora com a constatação de Ramos et al. (2015), de que o crescimento vegetativo da palma embora esteja fortemente relacionado ao conteúdo de água no solo, existem um ponto de equilíbrio, ou seja, um ponto ótimo onde a palma pode expressar ao máximo o seu potencial produtivo.

Quando analisado em escala temporal, observa-se um padrão interessante para palma, onde todos os tratamentos avaliados apresentaram uma sensível redução no perímetro dos cladódios na segunda leitura, porém seguido de uma rápida recuperação.

Na segunda coleta, início do período seco os clones de palma tiveram menor desempenho, em relação as demais coletas, justamente depois do ajuste fisiológico sofridos pelas plantas após o período chuvoso, quando houve diminuição e perda de matéria seca. Esse fato que pode ser explicado pelo efeito do déficit hídrico das plantas de metabolismo CAM, a quantidade de chuva foi reduzida em outubro e ausente em dezembro, além de altas temperaturas e elevada evapotranspiração, fazendo com que as plantas paralisassem seu crescimento, perdendo água para o meio, tendo como consequência a diminuição do perímetro.

A cultivar orelha de elefante tenha demonstrado ser um cultivar bem-adaptada a condições de deficiência hídrica, mesmo com suplementação hídrica a planta pode vir a ocorrer mudanças em perímetro derivado em pelo nível de turgidez de seus cladódios. Os cladódios ficam mais túrgidos implica dizer em uma maior quantidade de água armazenada e com maior espessura (NOBEL, 2001). Andrade (2009), em seu experimento, em condições de sequeiro, obteve valores médios para perímetro de cladódio da palma forrageira de 74,02 cm aos 510 dias após o plantio no Município de Teixeira- PB.

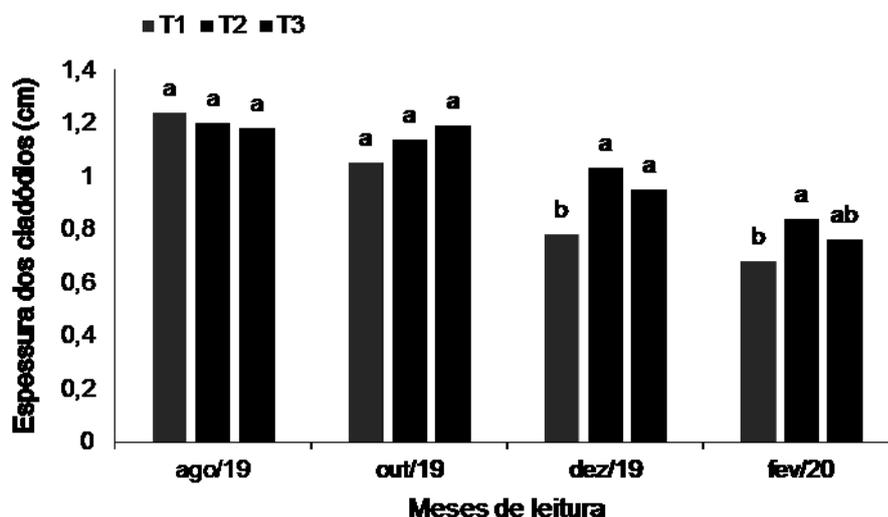
5.8 ESPESSURA DE CLADÓDIOS

A espessura dos cladódios representada na Figura 11 é uma das características da espécie que se correlaciona diretamente com a turgidez das plantas, quanto mais túrgidos maior a quantidade de água presente nas células, este um dos principais processos das plantas CAM, a qual é expressa anatomicamente por meio de maior espessura cladódios em função da maior quantidade de água armazenada para adaptação em climas quente e seco (NOBEL, 2001; TAIZ & ZEIGER, 2013).

A diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a variável espessura de cladódios em função dos tratamentos aplicados. A espessura dos cladódios apresentou um padrão de crescimento que foge das demais variáveis obtidas com o tratamento que não recebeu água residuária. Os tratamentos apresentaram os seguintes valores médios :0,93 cm para T1, 1,05 cm para T2 e 1,02 cm para T3.

Esses resultados divergem também do reportado na literatura que demonstram uma tendência a maior espessura para os cladódios que receberam maior quantidade de água (Silva Neto et al. 2008; Ramos et al., 2015).

Figura 11 - Espessura média de cladódios de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano).



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

Silva *et al.* (2015), estudando a cultivar Orelha de Elefante evidenciou menores médias de espessura do cladódio, sendo a maior média obtida aos 150 dias após o plantio correspondendo a 1,0 cm, valor abaixo da menor espessura do cladódio encontrado aos 150 dias após o plantio que foi no intervalo entre eventos de irrigação com lâmina fixa de 21 dias com 1,44 cm.

O período experimental iniciou ao final do período chuvoso, ou seja, durante a fase de maior disponibilidade hídrica no solo, tal fato pode explicar o padrão observado nas plantas em termos de espessura de cladódio, onde as maiores espessuras foram observadas na primeira leitura do experimento. Fato que justifica esse decréscimo nos cladódios e a escassez hídrica após a primeira coleta

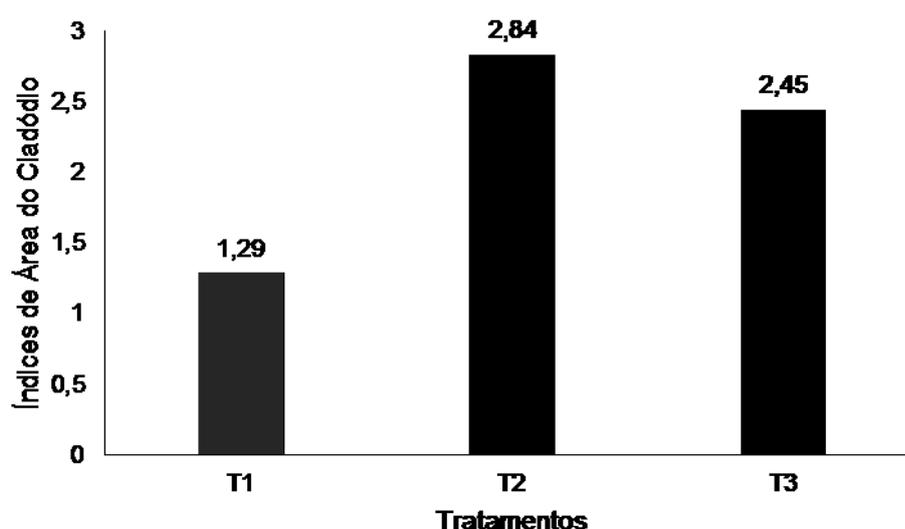
5.9 ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO

Para determinar o índice da área do cladódio (IAC), é necessário calcular a área do cladódio, que é determinada pela altura, comprimento do cladódio e o fator de correção, de forma não destrutiva. O IAC determina a área fotossinteticamente ativa da planta, que indica a capacidade da planta em interceptar a luz solar, para eficientemente transformá-la em produção de matéria.

Os índices de área do cladódio aos 730 dias após o corte não diferiu estatisticamente entre os tratamentos com água de esgoto doméstico tratado. Entretanto, os resultados do tratamento com água residuária foram superiores ao tratamento com água de chuva. Os valores obtidos foram 1,29 (T1); 2,84 (T2) e 2,45 cm (T3) respectivamente. De acordo com Nobel (2001), a acumulação máxima de fitomassa de palma alcança o seu ponto ótimo de produtividade em IAC na faixa de quatro a cinco, indicando que a área pelos cladódios é quatro a cinco vezes maior que a área de solo (Figura 12).

Os valores encontrados nessa pesquisa, utilizando água residuária, foram superiores aos encontrados por Sales et al. (2013) com um IAC de 2,2 cm em uma densidade de plantas de 50.000 ha⁻¹. Os nossos resultados foram superiores aos reportados por Teles et al. (2002) que utilizando densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹ em condições ambientais controladas obtiveram IAC de 1.69 cm aos 270 dias após o plantio. A multiplicação da palma é de forma vegetativa, por isso o crescimento do palmal é inicialmente lento. O desenvolvimento da planta inicial é determinado pelas reservas nutricionais do cladódio semente.

Figura 12 - Estimativa do Índice da Área do Cladódio de palma forrageira (*Opuntia stricta* Haw) foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2= 125ml de água residuária por semana e T3=250ml de água residuária durante 6 meses no semiárido paraibano).



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

5.10 ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DE MASSA VERDE

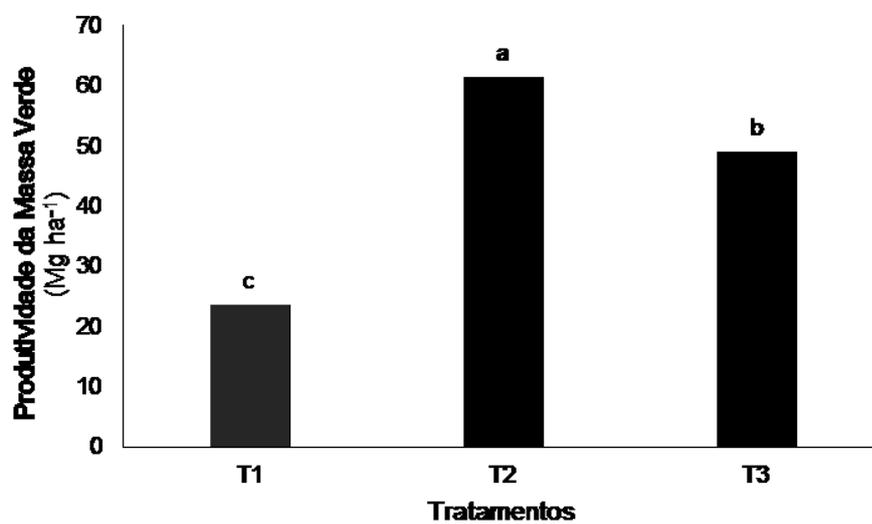
Com base em uma densidade de plantio de 20.000 plantas ha⁻¹. A estimativa de acúmulo de fitomassa ao final do experimento (730 após o corte), pelo método não destrutivo foi em média de 28, 59 e 49 t ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos 1, 2 e 3. Estaticamente os tratamentos que foram irrigados com água de esgoto doméstico tratado com um volume semanal de 125ml e 250ml por planta, não apresentaram diferenças, provavelmente causado pela oferta de água disponível para a planta frente a uma alta demanda de evaporação do ambiente, característica essa comum em climas secos como é o caso do nosso Semiárido.

Entretanto, quando comparados irrigados com água de reúso ao tratamento que recebeu somente água de chuva sem nutrientes (água residuária) o acúmulo de biomassa dos tratamentos 2 e 3 foram estatisticamente maiores. Esse resultado nos permite deduzir que sob a aplicação de baixas lâminas de água a quantidade de nutrientes disponível para a planta mostra um efeito positivo no balanço hídrico da palma forrageira, nesse caso expresso em termos de biomassa acumulada.

DUBEX JUNOR E SANTOS (2005) reportaram rendimentos que oscilam dentro da faixa entre 20,2 e 22,7 t ha⁻¹ em dois anos após o plantio em diferentes regiões do Estado de Pernambuco, Brasil, com densidade de 40.000 plantas ha⁻¹, para as cultivares de palma Gigante e Miúda, respectivamente.

Queiroz et. al.2015, avaliando a produtividade da palma forrageira da cultivar irrigada Orelha de Elefante com densidade de plantio de 15.625 plantas / ha (1,6 × 0,4 m) e 12 meses de crescimento, obtiveram 8,18 Mg ha⁻¹ de MS (131,16 Mg ha⁻¹), mantendo apenas os cladódios basais (mãe).

Figura 13 - Estimativa da produtividade da massa verde de palma forrageira da espécie (*Opuntia stricta* Haw) clone Orelha de elefante mexicana que foram submetidas a diferentes lâminas de água residuária (T1= 125ml de água de chuva, T2 = 125ml de água residuária e T3= 250ml de água residuária por semana durante 6 meses no semiárido paraibano).



Fonte: Construído com os dados da pesquisa.

6 CONCLUSÕES

Os tratamentos que receberam água residuária apresentaram plantas com uma maior altura, número total de cladódios e maiores cladódios quando comparado com os tratamentos que não receberam água residuária. Dessa forma, os dados nos permitem inferir que o ponto ótimo de aplicação de água residuária na palma pode ser de 125 ml por planta em aplicações semanais, o que implica em menor uso de água.

Em relação às propriedades químicas do solo a água residuária mostram existir uma influência positiva sobre o pH e matéria orgânica do solo, o que denota ser uma alternativa promissora para a recuperação da capacidade produtiva do solo, principalmente pelo incremento de micronutrientes.

A aplicação de esgoto doméstico tratado no cultivo da palma forrageira Orelha de Elefante é uma alternativa promissora de baixo custo para suplementação hídrica da palma forrageira, além de contribuir na recuperação da capacidade produtiva do solo pelo incremento elevado nos teores de matéria orgânica.

Sob a aplicação de baixas lâminas de água a quantidade de nutrientes disponível para a planta mostra um efeito positivo no balanço hídrico da palma forrageira, nesse caso expresso em termos de biomassa acumulada.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. 2015.

ANDRADE, R. L. **Evolução do crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em função do adensamento e adubação com farinha de osso no solo**. Patos – PB, CSTR/UFMG, 2009.41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, 2009. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3472>

ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; COSME, C. R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 661-674, outubro-dezembro, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual: versão atualizada. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 72p.

ALMEIDA, A. G.; CARVALHO, L. R.; ALVES, F. Q.; ADRY, A. P.; SANTINI, A. C.; ALELUIA, M. M. Análise Microbiológica e físico-química da água de bebedouros em unidades de ensino no município de Ilhéus-BA. SaBios: **Revista de Saúde e Biologia**, v.12, p.20-26, 2017.

APHA.A.W.W.A.W.P.C.F. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**.15 ed. Washington, DC.American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, p. 1134. 1998.

AZEVEDO JUNIOR, M.S.DE. Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas. **Dissertação (Mestrado)**- Universidade Federal Rural do Semi-Árido Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, 2017.

BARBOSA, M.S.; SANTOS, M.E.P.; MEDEIROS, Y.D.P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 17-32, 2014.

BARBOSA, T. R. L.; SOARES, M. P.; BARROSO, D. G. **Plantio de sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia*) em pequenas e médias propriedades**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 12p.

BATISTA, L.M.O.; VIEIRA, A.S.; SOUSA, J.F.M.; COELHO, D.C.; MARACAJÁ, P.B. O reúso de água residual: uma análise das possibilidades e desafios para a atividade agroindustrial de Sousa – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 76-89, 2019.

BASTOS, R. K. X. (coord) **Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (Programa de Pesquisa de Saneamento Básico 3)- Esgoto, PROSAB, 2003.

BENETTI, A. D. **Reúso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados**. Universidade Federal do rio Grande do Sul/UFRG, Instituto de Pesquisa Hidráulica/IPH, 2006.

BERNARDES, R. F. B. **Água residuária de suínos em um sistema agroflorestal: atributos químicos e translocação de nutrientes no solo**. 88f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Uberlândia – MG, 2017.

BEZERRA, M.G.S.; SILVA, G.G.C.; DIFANTE, G.S.; EMERENCIANO NETO, J.V.; OLIVEIRA, E.M.M.; MORAIS, E.G. Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.23, n.8, p.579-585, 2019.

BORGES, V. E. **Fertirrigação nitrogenada de palma forrageira resistente à cochonilha do carmin**. 2018. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3469>

BOURAZANIS, G.; KATSILEROS, A.; KOSMAS, C.; KERKIDES, P. The effect of treated municipal wastewater and fresh water on saturated hydraulic conductivity of a clay-loamy soil. **Water Resources Management**, v. 30, n. 8, p. 2867-2880, 2016.

Campos, A.R.F.; **Manejo de irrigação na palma forrageira: definição de critérios com base no potencial matricial da água no solo / Campos Cruz das Almas, BA, 2018. 102f.; Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.**

CAPPS, K.A.; BENTSEN, C.N.; RAMIREZ, A. Poverty, urbanization, and environmental degradation: urban streams in the developing world. **Freshwater Science**, v. 35, n. 1, p. 429-435, 2016.

CARR, G.; POTTER, R.B.; NORTCLIFF, S. Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers. **Agric. Water Manag.** 2011.

CAVALCANTE, L. A. D., SANTOS, G. R. A., SILVA, L. M., FAGUNDES, J. L., & SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 44(4), 424-433, 2014.

COELHO, A.M., ALVES, V.M.C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2004. p.243-283.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS **CNRH Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005**–Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/produtos-ctct>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

COSTA, M. S.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; COSTA, L. L. B.; OLIVEIRA, W. M. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. **Revista Irriga**, Edição Especial, p.408-422, 2012.

CURCIO, G. R.; LIMA, C. V.; GIAROLA, N. F. B. Antropossolos: proposta de ordem (1ª Aproximação). Colombo - PR: **EMBRAPA Florestas**, 2004, 49 p.

CRUZ NETO, A. J. da; ANDRADE, E. C. de; SCHNADELBACH, A. S.; BARBOSA, C. de J.; SOUZA, S. de O. Detecção do umbravírus (Papaya meleira virus 2, PMeV-2) associado a meleira do mamoeiro em áreas produtoras na Bahia In: Jornada Científica Embrapa Mandioca e fruticultura, 17., 2017 Ciência e Empreendedorismo : resumos. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2017. 137p. 1p. Biotecnologia

DANTAS, D. C.; SILVA, E. F. F.; DANTAS, M. S. M.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Cultivation of sunflower irrigated with domestic sewage treated in Quartzarenic Neosol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.2, 2018.
DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DONATO, P. E. R. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife-PE: **Ed. Universitária/UFPE**, 2005. p. 105-128.

Felix, E. S.; Lima, W. B; Silva, C. T. Araújo, J. S. Pereira, D. D.; Lira, E. C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. Braz. Ap. Sci. **Revista Curitiba**, v. 2, n. 6, Edição Especial, p. 1869-1875, nov. 2018.

FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G.C.S.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Revista Floresta**, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018.

FERREIRA, D.M.; NAVONI, J.A.; ARAÚJO, A.L.C.; TINOCO, J.D.; AMARAL, V.S. Wastewater use in agriculture: analytical limits of sewage for impact control in Brazil. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1048 – 1059, 2019.

FONSECA, V. A.; SANTOS, M. R.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, C. S.; BRITO, C. F. B.. Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency on *Opuntiaficus-indica* irrigated with saline water. ACTA SCIENTIARUMAGRONOMY, v. 41, p. e42631, 2019.

GIORDANNI, P. R.; MELO, G.; ALVES, A. A. A.; SANTOS, B. L. B. dos. ; TONES, A. R. M.; **Reúso agrícola e florestal de efluentes tratados: uma revisão**. In. 11° SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. Porto Alegre – RS, 2018.

GLOWACKI, D. S.; CRIPPA, L. B. **Avaliação da qualidade microbiológica da água em bebedouros de uma instituição de ensino superior de Caxias do Sul – RS**. Instituição: Centro Universitário da Serra Gaúcha Brasil – Caxias do Sul-RS, Brasil, 2019.

GOVEIA, J. S. S.; OLIVEIRA, V. S. de; SANTOS, G. R. de A.; MELO, K. D. A.; OLIVEIRA, A. G. de; MELO, M. V. A. Partial of corn by forage cactus in the diets of lactating goats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, nn.2, p. 969-976, 2016.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water use efficiency of a CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, 36: 133 – 148, 1997.

HELMECKE, M., FRIES, E. & SCHULTE, C. Regulating water reuse for agricultural irrigation: risks related to organic micro-contaminants. **Environ Sci Eur** 32, 4 (2020).

HERNÁNDEZ, A. F. et al. Enrique Troyo-Dieguez Yield and physiological traits of prickly pear cactus 'nopal' (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 97-107, 2004.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de recursos hídricos**, v. 7, n 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia análise e dados**, Salvador, V. 13, nº especial, p. 411-437, 2003.

HIRZEL, D. R. et al. Impact of winery wastewater irrigation on soil, grape and wine composition. **Agricultural Water Management**, v.180, p. 178-189, 2017.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; CONDÉ, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M.; FERREIR, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.299–309, 2014

HORTEGAL FILHA, M. S. R.; ARAÚJO, G. M.; MOREIRA, F. J. C.; PINHEIRO NETO, L. G. Aspectos agrônômicos da mamoneira irrigada com efluentes tratados. **Revista DAE**, n. 213, v. 66, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2019. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/campina-grande.html>. Acesso em janeiro/2021.

JARDIM, A. M. da R. F.; SILVA, T. G. F. da; SOUZA, L. S. B. de; SOUZA, M. de S. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 05, n. 01, 2020.

KUMMER, A. C. B. et al. Qualidade da água residuária para irrigação do trigo. **Revista Irriga**, v.01, p.297-308, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEMO, M. D. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. Doutorado (manejo de solo e água no semiárido) -Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró - RN, 244 f., 2016.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do semiárido paraibano**. 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

MAGDICH, S. et al. Effects of long-term olive mill wastewater spreading on the physiological and biochemical responses of adult Chemlali olive trees (*Olea europaea* L.). **Ecological Engineering**, v.97, p. 122-129, 2016.

MELO, G.K.R.M.M. de; MARACAJ, K.F.B.; DANTAS NETO, J. **Histórico evolutivo legal dos recursos hídricos no Brasil: uma análise da legislação sobre a gestão dos recursos hídricos a partir da história ambiental**. *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XV, n. 100, maio 2012.

MERWER, L. L. V. D.; WESSELS, A. B.; FERREIRA, D. I., **Supplementary irrigation for cactus pear**. In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL. 3., 438, 1997. Midrand, Resumos... Midrand: ISHS Acta Horticulturae, 1997. p. 77-81.

MIRANDA, K. R. de. **Contribuição de leguminosas arbóreas em consórcio com palma forrageira fertilizada com diferentes esterco**s. Doutorado (Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife- PE, 80 f., 2018.

MINHAS, P. S.; YADAV, R. K.; LAL, K.; CHATURVEDI, R. K. Effect of long-term irrigation with wastewater on growth, biomass production and water use by *Eucalyptus tereticornis* Sm.) planted at variable stocking density. **Agricultural Water Management**, v. 152, p. 151-160, 2015.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. **Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES. Fortaleza-CE, 2000.

NASCIMENTO, J. S.; SOUZA, T. A.; FIDELES FILHO, J.; BEIRIGO, R. M. Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. **Agropecuária científica no semiárido**, v.14, n.4, p.331-338, 2018.

NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 36-48.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) em função do espaçamento no semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

Pinto, M. S. C.; Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Andrade, A. P.; Pimenta Filho, E. C.; Silva, I. F.; Andrade, M. V. M.; Figueredo, M. V. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. v.1, p.54-64

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. Embrapa Pecuária Sudeste : São Carlos, 2007.

QUEIROZ, M. G., SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n.10, p.931-938, 2015.

RAMOS, J. P. D. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; PEREIRA, G. A.; BELTRÃO, G. R.; OLIVEIRA, J. S. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinária**, v. 16, n. 12, p.1-11, 2015.

RAMOS, V. A.; GONZALEZ, E.N.A; ECHEVERRI, G.T.; MORENO, L.S.; JIMÉNEZ, L.D.; CARLOS HERNÁNDEZ, S. Potential uses oftreated municipal wastewater in a semiaridregionofmexico. **Sustainability** 2019, 11, 2217.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas**: Caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial. 2004. 85 f. Dissertação – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://teses.icict.fiocruz.br/pdf/rapoportbm.pdf> . Acesso em 05 de fevereiro de 2021.

REBOUÇAS, J.R.L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S.; GOMES, J.W.S.;GURGEL, G.C.S.;QUEIROZ, I.S.R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Revista Floresta**, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018.

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 255, p. 363-371, 2017.

SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. **Matéria orgânica do solo no bioma caatinga**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed.

Sales, A. T.; Andrade, A. P.; Silva, D. S.; Leite, M. L. V.; Viana, B. L.; Santos, E. G.; Parente, H. N. Potencial de adaptação de variedades de palma forrageira (*Opuntiaficus-indica* e *Nopalea cochenilifera*) no Cariri Paraibano. In: CONGRESSO

NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 4., 2006, Petrolina. **Anais...** Petrolina: SNPA, 2006. p.434-438.

SALES, A. T. et al. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimataú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.1, p.19-24, 2013.

SANTILLI, J. **Aspectos jurídicos da Política Nacional de Recursos Hídricos**. Série Grandes Eventos – Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://estig.ipbeja.pt/~ac_direito/Santilli.pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013.

SANTOS, M. R.; SILVA, A. J. P.; FONSECA, V. A.; CAMPOS, A. R. F.; LISBOA, M. A. Irrigação na palma forrageira. **Informeagropecuário**, v.38, n.296, p.76-88, 2017.

SCHULTE, E. E.; J.B. PETERS; P.R. HODGSON. **Wisconsin Procedures for soiltesting, plant analysis and fud& forage analysis**. Department of soil Science. University of Wisconsin-Extension, Madison, WI, 1987. 9p.

SILVA, M. M.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F. Reúso da água proveniente de esgoto doméstico tratado para a produção agrícola no semiárido pernambucano. In. Recursos hídricos em regiões semiáridas. **Cruz das Almas**, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p. 156-169, 2012.

SILVA, José Luiz Carneiro da. **Avaliação da Produtividade de Palma Forrageira Submetida a Diferentes Lâminas de Irrigação e Adubação Orgânica no Semiárido Paraibano**. Areia – PB, 2018. 35 p.

SILVA, R. J. et al. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, p.323-330, 2015.

SILVA NETO, F. L.; ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; BEZERRA, D.M.; SILVA, A. L.N.; FERREIRA, S. D.; SOUZA, B. V.; RODRIGUES, M. Q. **Crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em função do espaçamento e doses de fósforo.**, João Pessoa: ZOOTEC, 2008. 4p.

SILVA, S. S et al. Potencial do uso de água residuária na silvicultura utilizando espécies nativas da caatinga. **Revista Irriga**, v. 1, p. 93-98, 2016.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N., RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p.2064-2071, 2014.

SILVA, J. R. M. et al. Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com grama esmeralda (*Zoysia japonica*). **Revista Engenharia na Agricultura** V.27, n.2, p.157-169, 2019

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; NASCIMENTO, J.A.M. Liberação de nutrientes de esterco em luvissole no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.26, n.4, p.69-78, 2013.

SOUZA, C.F.; BASTOS, R.G.; GOMES, M.P.M.; PULSCHEN, A.A. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reúso agrícola. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 587-597, 2015.

SOUZA, N. G. M.; SILVA, J. A.; MAIA, J. M.; SILVA, J. B.; NUNES, JÚNIOR, E. D. S.; MENESES, C. H. S. G. Tecnologias sociais voltadas para o desenvolvimento do Semiárido brasileiro. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.12, n.3, p.1-12, 2016.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-dou-pdf>. Acesso em 06 de fevereiro de 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil.2009. 819P

TELES, M.M. et al. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntiaficus-indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, MG, v.33, n.6, p.1992-1998, 2004.

RBANO, V. R. et al. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. **Agricultural Water Management**, v.181, p.108-115, 2017.

UN WATER. The United Nations World Water Development Report 2017: wastewater the untapped resource. Paris: UNESCO, 2017. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>> Acesso em: 05fevereiro 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION.Drinking-water.2015 Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>. Acesso em: 10 fev 2020.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; Penteadó, S.R. **Fertilizantes e fertirrigação**. In: Fertilizantes fluídos. Piracicaba: Potafos, 1994. 343p

VOULVOULIS, N. **Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach**. Current Opinion in Environmental Science & Health, v. 2, p. 32-45, 2018.

XAVIER, Murilo Araújo. **Caracterização Biométrica de Cladódios de Opuntia Stricta Submetida a Diferentes Lâminas de Irrigação e Adubação Orgânica no Semiárido Paraibano**. Areia – PB, 2018. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba.

ZURERA, G.; ESTRADA, B.; RINCON, F.; POZO, R. **Lead and cadmium contamination levels in edible vegetables**. Poll. Environ. Contam. Toxicol, v. 38, p. 805-812, 1987.

ANEXO A - INFORME TÉCNICO



Informe Técnico
Recursos Hídricos
USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO
EM SISTEMA AGROFLORESTAL



Fonte: INSA, 2019

O Instituto Nacional do Semiárido (INSA) é uma unidade de pesquisa integrante do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), com enfoque no Semiárido brasileiro. Como parte da pesquisa, divulgação e difusão do conhecimento, este informe técnico da área de Recursos Hídricos, apresenta sua pesquisa no uso da água residuária em sistema agroflorestal.

Novembro/2019

Apresentação

Desde de 2013 foi implantado no campo experimental da sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), o Sistema Agroflorestal, irrigado com água residuária, proveniente do esgoto tratado do INSA. Neste informe serão abordadas informações sobre as culturas utilizadas no sistema e a implantação do campo.

Do que é formado o esgoto?

O esgoto doméstico é formado por 99,9% de água, e os outros 0,1% por sólidos, essa água é rica em nutrientes como nitrogênio e potássio que ao ser disponibilizado na agricultura, melhora o rendimento das culturas, diminui o lançamento de carga orgânica nos corpos hídricos, reduzindo a poluição ambiental, contribuindo para melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Antes de usar as águas residuárias na irrigação é preciso fazer um tratamento para melhorar a sua qualidade.

O que é sistema agroflorestal?

Sistemas agroflorestais são formas de uso ou manejo da terra, nos quais se combinam espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras) com cultivos agrícolas, de forma simultânea e que promovem benefícios econômicos e ecológicos.

As espécies arbóreas citadas neste informe, desempenham papel importante nas regiões semiáridas, sendo utilizadas em sistemas agroflorestais, no enriquecimento de capoeiras e na recuperação de áreas degradadas, sendo espécies importante do bioma caatinga.

Espécies utilizadas no campo do INSA

Nome científico: *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth
 Nome comum: Sabiá, cebiá, sansão-do-campo
 Família: Mimosaceae (Leguminosae Mimosoideae)



Fonte: Adriana Guedes Magalhães, 2019

Importância e Usos

A espécie se destaca como uma das principais fontes de estacas para cercas, para a produção de lenha e carvão. As folhas, verdes ou secas, assim como as vagens, são utilizadas para forragem. Em período de seca, suas folhagens são consideradas uma valiosa fonte de alimento para grandes e pequenos ruminantes. A espécie também é utilizada como quebra-vento ou cerca-viva.

Nome científico: *Myracrodruon urundeuva* Allemão
 Nome comum: Aroeira, aroeira-do-sertão
 Família: Anacardiaceae



Fonte: Adriana Guedes Magalhães, 2019

Importância e Usos

A espécie fornece madeira de alta resistência e durabilidade, utilizadas para uso em construção de casas, cercas, currais e para confecção de móveis, etc. A casca interna e as folhas possuem substância com propriedades cicatrizantes e anti-inflamatórias. A espécie é indicada para arborização urbana e rural, recomposição de áreas desmatadas. Atualmente o seu corte em vegetação primária somente é permitido mediante Plano de Manejo de Rendimento Sustentado aprovado pelo IBAMA, conforme a Portaria 83-N/91 desse órgão.

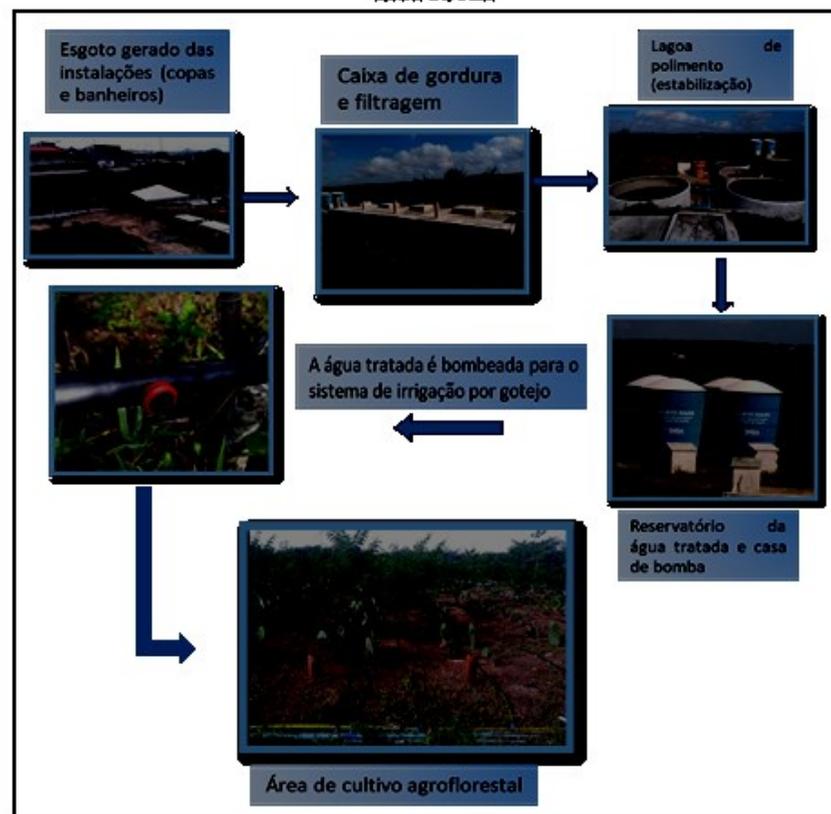
Nome científico: *Opuntia stricta* Haw.
 Nome comum: Orelha de elefante mexicana
 Família: Cactaceae



Fonte: Adriana Guedes Magalhães, 2019

A palma forrageira representa grande parte dos alimentos que compõem na alimentação animal, tanto de bovinos, quanto de caprinos e ovinos no período de estiagem em muitas partes do semiárido no Nordeste brasileiro, principalmente no sertão de Alagoas e nos agrestes de Pernambuco e da Paraíba. Essa forrageira, que contém, em média, 90% de água, representa para o Semiárido brasileiro, além de alimento, uma valiosa contribuição no suprimento desse líquido para os animais. Entre os genótipos resistentes à cochonilha do carimim, a palma orelha de elefante mexicana tem se destacado como um dos mais produtivos.

Trajeto da água residuária para o cultivo florestal



Instituto Nacional do Semiárido (INSA)

Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N
 Fone: (83) 3315-6400 Sertão -
 Campina Grande/PB

Diretor

Salomão de Souza Medeiros

Autores

Adriana Guedes Magalhães
 Ladjá Neftaly R. de Oliveira
 Salomão de Sousa Medeiros