



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



ALAN DÉL CARLOS GOMES CHAVES

**EFICIÊNCIA DO REÚSO DE ÁGUA CINZA NO
DESENVOLVIMENTO DO CAPIAÇU NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE-PB

2023

ALAN DEL CARLOS GOMES CHAVES

**EFICIÊNCIA DO REÚSO DE ÁGUA CINZA NO
DESENVOLVIMENTO DO CAPIAÇU NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Trabalho de Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Processos – área de concentração: Desenvolvimento tecnologia de materiais.

Orientadores: Prof. Dr. Sc. José Jefferson da Silva Nascimento

Prof^a. Dra. Sc. Aline Costa Ferreira

CAMPINA GRANDE-PB

2023

C512a

Chaves, Alan Dél Carlos Gomes.

Eficiência do reúso de água cinza no desenvolvimento do capiaçu no semiárido brasileiro / Alan Dél Carlos Gomes Chaves. – Campina Grande, 2023.

97 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. José Jefferson da Silva Nascimento, Profa. Dra. Aline Costa Ferreira".

Referências.

1. Água Residuária – Reúso. 2. Tecnologia Sustentável. 3. Cultivar BRS Capiáçu – Sistemas Agroindustriais. 4. Irrigação – Nordeste do Brasil. 5. Desenvolvimento de Tecnologia de Materiais. I. Nascimento, José Jefferson da Silva. II. Ferreira, Aline Costa. III. Título.

CDU 628.179.2(043)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA TESE DE DOUTORADO DE ALAN DEL
CARLOS GOMES CHAVES APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PROCESSOS DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Tese de Doutorado aprovada em 16 de junho de 2023

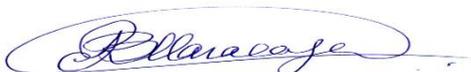
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sc. José Jefferson da Silva Nascimento
Orientador - UFCG/CCT/UEAMa



Profª. Dra. Sc. Aline Costa Ferreira
Orientadora - UFCG/CCTA/UAGRA



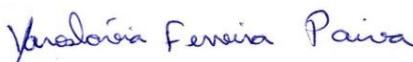
Prof. Dr. Sc. Patrício Borges Maracajá
Examinador - INSA



Profª. Dra. Sc. Josilda de França Xavier
Examinadora – UFCG/CTRN



Profª. Dra. Sc. Aline Carla de Medeiros
Examinadora - UFCG/PPGSA



Profª. Dra. Sc. Yaroslávia Ferreira Paiva
Examinadora - UFCG/CCT

*À Deus todo poderoso, autor da minha história de vida e por me dar força e sabedoria não deixando perder a espera em vencer na vida com Amor. Aos meus pais **Maria de Fátima (Dova)** e **Valdimiro** (in memoria), pelo amor, incentivo e compreensão. Aos meus irmãos **Mona Lisa, Antônio Neto, Klécia e Rafaella**, aos meus sobrinhos, presentes de Deus: **Guilherme, Rafael e Maitê**, meus eternos amores. A meus avós paternos e maternos (in memoria), tios, tias, primos e primas que acreditaram em minha capacidade e de forma simples me apoiaram, meu muito obrigado!*

AGRADECIMENTOS

Agradecer é um ato simples e nobre de quem reconhece na simplicidade a importância e o valor que alguém tem para você.

À Deus, que é amor infinito, que deu seu próprio filho para ser crucificado por mim, como prova do seu amor, e pelo dom da inteligência e sua presença constante em minha vida.

A minha família, que sempre contribuiu para a minha educação e formação humana e cristã.

À Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia - CCT, e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - PPGEP pela oportunidade realização do doutorado;

Aos meus orientadores Prof. Dr. José Jefferson da Silva Nascimento e a Prof^a. Dra. Aline Costa Ferreira, por todo conhecimento transmitido, pela força e perseverança, pela forma humana e respeitosa que sempre tratou à mim e a todos que lhe procuraram e por ter acreditado no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá pelo ensinamento, compreensão, amizade e companheirismo. Tenho o senhor como exemplo de perseverança, simplicidade, empatia e humildade.

Agradeço de coração aos membros da banca, Prof^a. Dra. Sc. Aline Carla de Medeiros (UFMG/PPGSA), Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá (INSA), Prof^a. Dra. Josilda de França Xavier (UFMG/CTRN), Prof^a. Dra. Yarolásvia Ferreira Paiva (UFMG/CCT), que não mediram esforços para engrandecimento desta fase da minha vida, colaborando na orientação de pontos específicos e pelas sugestões apresentadas para a melhoria da tese, meu **MUITO OBRIGADO!**

A Patrick Lima do Nascimento, amigo que a pesquisa e o experimento me presentearam, sua atuação foi brilhante.

A todos os professores da UFCG/CCT, pelos ensinamentos transmitidos.

Obrigado de coração a todos que me acolheu aqui, em Especial a Dona Fatima, ser humano, impar cheio de bondade e que aprendi a amá-la como uma mãe.

Aos amigos pelo apoio incondicional neste trabalho, pelo companheirismo e carinho ao longo dessa jornada. De uma forma especial gostaria de agradecer a Assis Clemente, Dona Eunilda (in memoriam) e toda a sua família que são minha também, a nobre amigo Ricardo Ricelli, Diego Crispim, Tales, Diassis, Elza uma benção de Deus no meio da minha família, aos amigos do Ministério de Música Filhos do Altar e aos amigos que adquirindo nessa caminhada da vida cada uma do seu jeitinho particular que deixou um pouco de si no meu coração de estudante, a eles agradeço com todo carinho.

Por fim agradeço cada apoio, cada palavra amiga, cada gesto e oração que todos os meus amigos dispensaram ao sucesso desse doutorado, meus agradecimentos.

OBRIGADO!

RESUMO

Apesar do fenômeno "seca" ser natural, a sociedade brasileira criou programas, e/ou instituições para enfrentar/combater os efeitos da seca. "Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos". O reúso de água apresenta-se como uma alternativa viável para suprir demandas não potáveis e pode ser implementado em residências, produção agrícola e uma variedade de atividades afetadas pela escassez hídrica. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do reúso de água cinza na irrigação da BRS capiaçu em sistemas agroindustriais no semiárido brasileiro. A pesquisa foi realizada com aplicação de água cinza e de abastecimento no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - UFCG, localizado no município de Pombal, estado da Paraíba. Inicialmente, ocorreu a irrigação diária com água de abastecimento até o desenvolvimento das gemas da BRS Capiáçu, durante 10 dias. Após essa fase, os tratamentos receberam irrigação superficial e subsuperficial com água de abastecimento e água cinza. Foram utilizados baldes de 10 litros, aplicando-se 4 baldes por tratamento de água próxima ao colmo (superficial) e através de um tubo de 100 mm (subsuperficial). As irrigações foram realizadas em dias alternados às 17 horas, ao longo de 90 dias. O experimento foi composto por 3 blocos de repetições, totalizando 12 unidades experimentais de 2,0 x 1,50 x 1,50 metros. A irrigação da cultivar BRS Capiáçu, utilizando água de abastecimento e água cinza de forma subsuperficial obteve resultados satisfatórios. No entanto, é necessário ter precaução ao utilizar água residuária devidos aos altos níveis de sais presentes. No caso da água cinza, pode acarretar riscos para o solo e à cultura se não houver um monitoramento periódico da análise do solo e da água irrigada. A BRS Capiáçu, é uma forrageira conhecida da pecuária, a mais utilizada no Brasil, pelo valor nutricional, quando comparada com outras cultivares de capim-elefante. A irrigação da Cultivar BRS Capiáçu feita com água de abastecimento e água cinza de maneira subsuperficial nos blocos por meio de um cano de 100 mm, se deu satisfatória. Dessa forma, o reúso da água cinza demonstra ser uma alternativa de baixo custo, que pode ser utilizado em regiões com escassez hídrica elevada e com populações de baixo poder aquisitivo residentes na zona rural.

Palavras-chave: Água residuária. Cultivar BRS. Irrigação. Nordeste do Brasil. Tecnologia sustentável.

ABSTRACT

Although the "drought" phenomenon is natural, Brazilian society has created programs and/or institutions to face/combat the effects of drought. "Ensuring current and future generations the necessary availability of water, with quality standards appropriate to their respective uses." Water reuse presents itself as a viable alternative to meeting non-potable demands and can be implemented in homes, agricultural production and a variety of activities affected by water scarcity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the efficiency of reusing gray water in the irrigation of BRS capiaçu in agro-industrial systems in the Brazilian semi-arid region. The research was carried out using gray water and water supply at the Center for Agro-food Science and Technology - UFCG, located in the municipality of Pombal, state of Paraíba. Initially, daily irrigation with water supply occurred until the BRS Capiacu buds developed, for 10 days. After this phase, the treatments received surface and subsurface irrigation with supply water and gray water. 10-liter buckets were used, applying 4 buckets per water treatment close to the culm (surface) and through a 100 mm tube (subsurface). Irrigations were carried out every other day at 5 pm, over 90 days. The experiment consisted of 3 blocks of repetitions, totaling 12 experimental units measuring 2.0 x 1.50 x 1.50 meters. Irrigation of the BRS Capiacu cultivar, using supply water and subsurface gray water, obtained satisfactory results. However, caution must be taken when using wastewater due to the high levels of salts present. In the case of gray water, it can pose risks to the soil and crops if there is no periodic monitoring of soil analysis and irrigated water. BRS Capiacu is a well-known livestock forage, the most used in Brazil, due to its nutritional value, when compared to other elephant grass cultivars. The irrigation of Cultivar BRS Capiacu, carried out with supply water and gray water subsurface in the blocks through a 100 mm pipe, was satisfactory. In this way, the reuse of gray water proves to be a low-cost alternative, which can be used in regions with high water scarcity and with populations with low purchasing power living in rural areas.

Keywords: wastewater. cultivar BRS. irrigation. Northeast of Brazil. sustainable technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Desafios globais	20
Figura 2 -	Caracterização da água residuária residencial	32
Figura 3 -	Delimitação do Semiárido brasileiro	41
Figura 4 -	Bacia hidrográfica do Rio Piranhas-açu-sistema Curema-açu	45
Figura 5 -	Pombal, Paraíba, Brasil	47
Figura 6 -	Mapa da localização da UFCG – Campus/Pombal/PB	48
Figura 7 -	Mesorregião do sertão paraibano (a); microrregião de Sousa (b)	49
Figura 8 -	Construção das Ambientes de Produção Agrícola (APAIS's)	51
Figura 9 -	Representação aérea da propriedade	52
Figura 10 -	Plantio da BRS capiaçu: colmo (a), plantio em ângulo 30° (b), distância entre 0,30 m a 0,50 m (c), plantio com a gema para cima (d)	53
Figura 11 -	Croqui do experimento	55
Figura 12 -	Concepção dos APAIS's	55
Figura 13 -	Imagem aérea da área experimental do plantio da BRS capiaçu em blocos, realizado pelo drone dji mini 2	56
Figura 14 -	Colmo da BRS capiaçu do experimento	58
Figura 15 -	Avaliação biométrica	59
Figura 16 -	Ilustração do perfilho analisado	59
Figura 17 -	Processo e equipamentos usados na tritura a secagem em estufa	61
Figura 18 -	Distribuição pluviométrica em pombal no período de 14/06 a 14/09 de 2022	63
Figura 19 -	Análise de água cinza	67
Figura 20 -	Análise de água de abastecimento	68
Figura 21 -	Folhas da BRS capiaçu em período de crescimento e avaliação biométrica	70
Figura 22 -	Análise de solo – fertilidade/salinidade	76
Figura 23 -	Análise de solo	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica no Brasil.	23
Tabela 2 -	Parâmetros para reúso da água, segundo NBR nº 13969 (ABNT, 1997) e Sauthuk et al. (2005)	33
Tabela 3 -	Classes e destinos ao reúso, de acordo com a NBR nº 13969 (ABNT, 1997)	34
Tabela 4 -	Produção de biomassa e altura das plantas da cultivar BRS capiaçu, em diferentes idades de corte	44
Tabela 5 -	Metodologia usada nas análises dos parâmetros estudados	54
Tabela 6 -	Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS capiaçu irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial	64
Tabela 7 -	Média e desvio-padrão (\pm) da massa fresca e seca de capim forrageiro cultivar BRS capiaçu irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial 90 dias após o plantio.	65
Tabela 8 -	Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS capiaçu irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial aos 70 e 90 dias	65
Tabela 9 -	Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS capiaçu irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial aos 50 dias	66
Tabela 10 -	Principais parâmetros para determinação da qualidade da água para irrigação	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipos de Reúso Potável	28
Quadro 2. Tipos de Reúso não Potável	29
Quadro 3. Sistema de tratamento em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água	30
Quadro 4. Caracterização climática do campus da UFCG em Pombal – PB.	49
Quadro 5. Análises do Solo.	50
Quadro 6. Classificação dos solos afetados por sais (adaptado de Yan et al., 2015)	74
Quadro 7. Valores encontrados do solo utilizado para o experimento	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional de Águas
ASA - Articulação do Semiárido
AESA - Agencia Executiva de Gestão da Águas
APAIS's – Ambientes de Produção Agrícolas
ANOVA – Analise de Variância
ATP – Trifosfato de Adenosina
BRS – Clone do Capim-elefante
BAGCE – Banco Ativo de Genosplasma
CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
C.E – Condutividade Elétrica
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CTC – Capacidade de Troca Catiônica
CSR – Carbonato de Sódio Residual
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
DBO - Demanda Biológica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
HSD – Honestly Significant Difference
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPB – Instituto Federal da Paraíba
NBR - Norma Brasileira
ONU - Organização das Nações Unidas
pH - Potencial Hidrogeniônico
PST – Percentual de Sódio Trocável

PIMC – Programa Um Milhão de Cisternas

RAS - Relação de Adsorção de Sódio

RENACE – Rede Nacional de Ensaio de Capim-elefante

UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

UE – Unidades Experimentais

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

VCU – Valor de Cultivo e Uso

WSD – Wholly Significant Difference

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVO	18
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 ÁGUA	19
3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA	21
3.3 QUALIDADE DE ÁGUA	24
3.4 TRATAMENTO DE ÁGUA	25
3.5 REÚSO DE ÁGUA	26
3.6 ÁGUA CINZA.	31
3.7 IRRIGAÇÃO	34
3.8 REÚSO DE ÁGUA CINZA NA AGRICULTURA	36
3.9 IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DE REÚSO	38
3.10 REÚSO DE ÁGUA PARA ATIVIDADE AGRÍCOLA	39
3.11 USO DE GESTÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO	40
3.12 ECONOMIA SOCIAL DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO	40
3.13 BRS CAPIAÇU – Capim Elefante	43
3.14 CAPIM BRS CAPIAÇU.	44
3.15 BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU	45
4 MATERIAL E MÉTODO	47
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO	47
4.2 CLIMA, SOLO E PLUVIOMETRIA DA ÁREA EXPERIMENTAL	49
4.3 CONSTRUÇÕES DO AMBIENTE DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA (APAIS's)	50
4.4 PLANTIO E IRRIGAÇÃO DA BRS CAPIAÇU	52
4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS	54
4.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	54
4.7 ESTATÍSTICA DESCRITIVA, ANÁLISE DE VARIÂNCIA, TESTE DE TUKEY A 95% DE CONFIABILIDADE	56
4.8 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS	57
4.8.1 Diâmetro do colmo	58
4.8.2 Altura da inserção da ultima folha	58
4.8.3 Altura, largura e número de folhas vivas e mortas	59
4.8.4 Massa fresca (MF) e massa seca (MS)	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1 AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DA ÁGUA CINZA	66
5.2 ANÁLISE DO SOLO.	73
6 CONCLUSÃO	81
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	82

AGRADECIMENTOS	82
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE	97

1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais fundamentais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade e acesso são necessários a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção (SARDINHA et al. (2008).

A água é um bem insubstituível, sendo o principal recurso que possibilita a vida e o desenvolvimento de homens, plantas, e outros organismos vivos. O planeta terra é constituído superficialmente por aproximadamente 1,4 bilhões de km³ de água, sendo 70% de água salgada e apenas 2,5% representa o quantitativo de água doce, deste 70% está na forma de gelo (CARVALHO, 2016).

A preservação da qualidade da água é uma necessidade essencial que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e consumidores em geral, principalmente no que se refere a água dos mananciais como poços, minas, nascentes, entre outros, destinados ao consumo humano, visto que sua contaminação por excretas pode torná-las um veículo de transmissão de agentes infecciosos e parasitárias (Medeiros et al., (2016).

No Brasil, a maioria das comunidades rurais utilizam a água proveniente de poços e, fontes naturais, denominados como sistema alternativo de abastecimento que geralmente são administradas pelas próprias comunidades, seja na forma de cooperativas ou na forma individual (Costa et al., 2013; De Bortoli et al., 2017).

Anualmente o setor agrícola é responsável por 87% do consumo total de água de boa qualidade no mundo (SANDRI; ROSA, 2017), destinada principalmente à irrigação de grandes áreas frutíferas, culturas anuais e horticultura. Sendo um recurso fundamental para a produção de alimentos, é importante destacar que seu uso deve ser realizado de forma racional e qualitativa na irrigação (QUEIROZ et al., 2016).

As reservas de água doce, juntamente com as limitações de lançamento de efluentes no meio ambiente, culminam para a necessidade do uso racional dos recursos hídricos de modo a reduzir os impactos negativos da geração de efluentes. Além do problema da quantidade de água disponível para a população, alguns fatores ambientais prejudicam ainda mais a sua disponibilidade (DANTAS ET AL., 2019).

As três categorias principais de uso da água são as agrícolas, industrial e doméstico; destacando-se o setor agrícola como o maior usuário na maioria dos países em desenvolvimento. Estima-se que nesses países a irrigação utiliza 70% de toda a água retirada de rios, lagos e mananciais subterrâneos (PRUSKI et al.,2004).

A escassez de água já é realidade em termos quantitativos e qualitativos em muitas regiões do planeta. O que torna a preservação da qualidade da água uma necessidade global, exigindo cuidado especial por parte das autoridades sanitárias e nossa, consumidores. Sobretudo, à água dos mananciais destinados ao consumo humano (BRUZANELLO et al., 2008).

O reúso de água é uma alternativa viável para suprimento em usos não potáveis e pode ser aplicado em residências unifamiliares, em produção agrícola e nas mais diversas atividades (MORUZZI E LEÃO, 2019).

A presente pesquisa constitui numa alternativa de produção agrícola integrada com reúso de água e baixo custo, contribuindo para o cultivo agrícola, podendo servir de fonte de renda para o agricultor ou fazer parte da agricultura de subsistência, além disso, apresenta-se como uma fonte de suprimento hídrico, principalmente para regiões secas, como o semiárido, promovendo a conservação dos recursos hídricos e o aumento da produção de água em unidades rurais.

Então, além das justificativas anteriores, este trabalho também se justifica pela sua originalidade e seu caráter inovador, uma vez que utiliza-se de uma técnica já existente, a UPAC's, associando-a ao sistemas de separação, permitindo assim uma melhor filtragem da água cinza, contribuindo para o aumento da vida útil das Unidades, minimizando os contaminantes sólidos suspensos na tubulação o que diminui os custos com manutenção, sendo portanto uma alternativa de baixo custo e de grande durabilidade para o produtor rural.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a eficiência do reúso de água cinza na irrigação da BRS capiaçu em sistemas agroindustriais no semiárido brasileiro.

2.2 Específicos

- Avaliar a eficiência da irrigação subsuperficial utilizando água de abastecimento e água cinza na Cultivar BRS Capiáçu;
- Investigar o reúso de águas cinzas na conservação de água, minimizando as perdas causadas pela evapotranspiração no solo;
- Analisar o impacto do uso de águas cinzas na irrigação superficial no crescimento da altura do perfilho do capim;
- Avaliar o uso de água de abastecimento na irrigação no desenvolvimento do diâmetro do colmo do capim;
- Verificar a contribuição do reúso de águas cinzas para a conservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade econômica das atividades agrícolas na região semiárida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA

Água (fórmula: H_2O) é uma substância química cujas moléculas são formadas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, sendo a substância mais abundante, com quase 75% do planeta Terra constituída por ela. Assim, o corpo humano também tem em sua composição entre 70% a 75% de água. Diante dessa constituição e planetária e humana, o tema Água Limpa é o 2º desafio global instituído em 2002, no Projeto do Milênio da ONU, que se constitui em tratar dos seguintes temas:

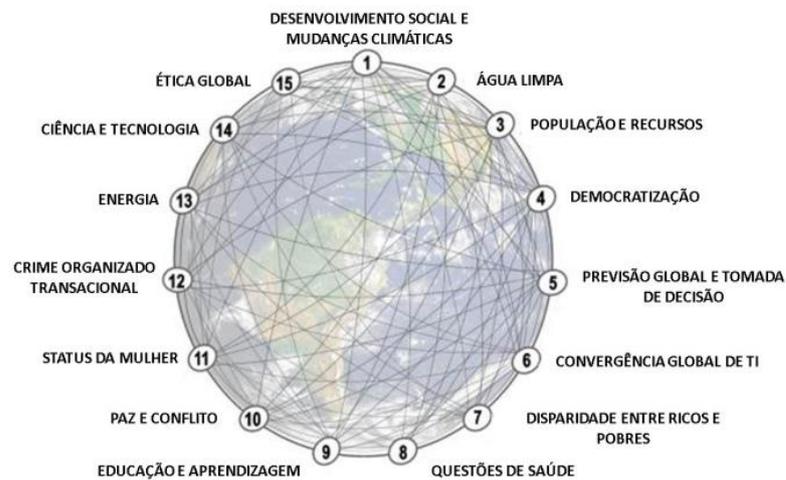


Figura 1: Desafios globais
Fonte: Projeto Milênio, (2002)

A quantidade e a qualidade de água presente na natureza vêm diminuindo gradativamente, decorrente principalmente da urbanização, expansão da agricultura, indústria e degradação do meio ambiente. Resultando na escassez de água em várias regiões do mundo, onde a necessidade hídrica vem se agravando cada vez mais, dificultando o atendimento aos múltiplos usos a que se destina.

A agricultura mundial necessita de água em quantidade e com qualidade para produzir alimentos (SOUTO, 2005). A água utilizada na irrigação vem de rios, córregos, poços e lagos próximo às hortas, quase não é utilizada a água de abastecimento público, uma vez que a demanda para irrigar é alta, tornando o custo elevado. Ela é transportada, sem qualquer tratamento prévio, através de canais ou bombas, desde o rio e riacho até as hortas

(OLIVEIRA; GERMANO, 1992). E pode apresentar contaminantes biológicos como coliformes de origem fecal quando associada a descargas de esgotos domésticos ou até mesmo à presença de animais próximos a essas áreas (SOUTO, 2005).

A agricultura tem enfrentado um problema com a falta de recursos hídricos adequados, forçando muitos agricultores a utilizarem água com qualidade inferior para a irrigação das culturas, sendo necessário à avaliação da qualidade e o manejo rigoroso para sua utilização (Gomes et al., 2015).

Segundo Rodolfo F. Alves Pena (2014), o Brasil é considerado uma potência econômica mundial, pois o território brasileiro concentra cerca de 12% de todas as reservas de água existentes no mundo. Mas, este fato não indica que o país não venha passar por uma crise hídrica, principalmente quando o que está em questão é distribuição e utilização da água no Brasil.

Para Pena (2014), a distribuição da água no Brasil é naturalmente desigual, a prova disso que área menos povoadas como o norte do país que tem uma densidade demográfica menor, chegar a ter a 68,5% dos recursos hídricos concentrados, e quando comparado com a região sudeste com a maior densidade demográfica do país, a concentração dos recursos hídricos não ultrapassa 6% do país. A relação entre densidade demográfica e a disponibilidade de água entre as diversas regiões do país pode ser visualizada de maneira desigual. Mas como foi dito, essa desigualdade acontece de maneira natural.

A situação se torna mais problemática nas regiões árida e semiáridas na qual as condições climáticas influencia na escassez de água. Em ordem de prioridade podemos dizer que as águas para o uso domésticos acaba tendo uma prioridade maior, seguida das aplicações industriais e agrícolas. Em alguns lugares áridos e semiáridos a água disponível acaba sendo suficiente para irrigar os terrenos cultiváveis. A pouca água disponível quando associadas a produção de alimento necessita de uma água de qualidade. Porém, com a escassez, aumenta a necessidade de água de inferior qualidade chegando a limitar a produção agrícola, produzindo a degradação do solo.

No cenário atual a realidade da água é muito preocupante, não somente em relação a sua quantidade, mas principalmente a qualidade da água disponível. Que nos leva a despertar para novas técnicas de uso e reúso dessa água. Garantindo assim da vida no planeta.

A constituição de 1988 em seu Art. 21º parágrafo XIX instituiu o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definiu critérios de outorga de direitos de seu uso. Para atender este princípio foi criada a Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos

Recursos Hídricos.

O Art. 2º desta lei são objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.
- IV - Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. (Incluído pela Lei nº 13.501, de 2017)

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH tem como objetivo coordenar o uso integrado das águas, por meios de ações administrativas voltados aos conflitos relativos aos recursos hídricos, implementando a Política Nacional de Recursos Hídricos, com foco no planejamento do uso, preservação e a recuperação dos recursos hídricos.

3.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água doce é responsável por apenas 3% das fontes de água do planeta, na forma de gelo, água subterrânea, lagos e rios, enquanto os 97% restantes, são água do mar salgada (GILAU e SMALL, 2018). Mais que um insumo indispensável à produção, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas (BEZERRA et al., 2019). A água é essência para todas as formas de vida na terra, é um recurso abundante que se dar meio do ciclo hidrológico, o seu valor é inestimável.

As águas subterrâneas representam 97% da água doce no planeta. O homem as utiliza para fonte de consumo desde a idade antiga, túneis e poços construídos no Irã (antiga Pérsia) e Egito datados de 800 a.C., ratificam que este recurso já era utilizado (MANOEL FILHO, 2000).

Segundo HANSON et al., (2004). A população localizada nas regiões áridas e semiáridas enfrentam dificuldades associadas ao fornecimento de água potável. Especificamente específicos problemas voltados a qualidade de água incluem salinidade, ferro, manganês, fluoreto, metais pesados, contaminação bacteriana e resíduos de pesticidas/herbicidas, causando danos ambientais e humanos.

Nas últimas décadas, sua importância foi evidenciada em vários países e são utilizadas

tanto para o abastecimento das populações como também para outros fins (MILLON, 2004). A UNEP/WHO (1996) chegou a estimar que foram perfurados cerca de 300 milhões de poços entre o período de 1970-1995. Esta água subterrânea abastece mais da metade da população mundial e irriga aproximadamente 90 milhões de hectares.

O manancial subterrâneo é uma das mais importantes reservas para o suprimento de água e pode ser classificado em: poços rasos e profundos, nascentes e galerias de infiltração (SILVA et al., (2017).

As águas subterrâneas são águas localizadas abaixo da superfície do solo, encontrando-se em espaço poroso e fratura de formações litológicas e que fazem parte do ciclo da água, portanto, encontra-se intimamente relacionadas com os processos atmosféricos e climáticos, com o regime de águas superficiais de rios ou lagos e, com as nascentes que a água subterrânea alimenta naturalmente ao chegar à superfície (FUNASA, 2014).

Sabe-se que muitas das águas disponíveis para a sociedade, apresenta alto teor de sais dissolvidos, ou contaminadas biologicamente, o que corrobora para o aumento de doenças. Assim, se faz necessário, o uso e o fornecimento de água de boa qualidade para o consumo humano. Portanto, o uso de tecnologias voltadas ao uso e reúso de água, mostra-se uma ferramenta eficiente na promoção de água potável, ou seja, as tecnologias têm buscado fornecer uma água de qualidade, dentro dos parâmetros estabelecidos de acordo com a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017)

O Brasil se destaca no cenário mundial, como um país privilegiado em referência a recursos hídricos, de acordo com os estudos de ANA (2002), possuindo 12% das reservas mundiais de água doce e 53% das reservas da América do Sul, apresentando uma disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano, aproximadamente 80% das águas brasileiras estão na Bacia Amazônica.

Tabela 1: Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica no Brasil.

Região	Densidade demográfica (hab/Km ²)	Concentração de recursos hídricos do país (%)
Norte	4,12	68,5
Nordeste	34,15	3,3
Centro-Oeste	8,75	15,7
Sudeste	8,75	6
Sul	86,92	6,5

Fonte: IBGE/ANA (2010)

Os principais agentes biológicos encontrados nessas águas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitos. Esses organismos encontrados na água ou nos alimentos representam uma das principais fontes de morbidade no país, sendo responsáveis por inúmeros casos de doenças infecciosas, parasitárias, enterites e diarreias infantis, podendo levar até os indivíduos a morte (ALMEIDA FILHO, 2008).

De acordo com Moretti (2003) os seguintes aspectos devem ser considerados para evitar a contaminação das fontes de água usadas na produção de hortaliças:

- Identificação das fontes de fornecimento de água;
- Observar a presença de criações de animais nas cercanias da fonte de água utilizada;
- Impedir de maneira sistemática a aproximação de animais silvestres e selvagens, bem como de pessoas não autorizadas às fontes de água;
- Evitar o armazenamento de esterco orgânico próximo às fontes de água;
- Possuir um cronograma de manutenção dos tanques de armazenamento de água;
- Realizar testes periódicos da qualidade da água utilizada.

Considerar as particularidades das condições de vida da população da região semiárida brasileira é indispensável. Portanto, proporcionar o acesso à água potável, a partir da utilização de tecnologia social garante uma melhor qualidade de vida local, fazendo com que as pessoas não precisem migrar para outras regiões em busca de água e de uma qualidade de vida favorável à sua existência no local. Diante do exposto, para minimizar o problema da escassez de água no semiárido, como também, novas técnicas são utilizadas para tratamento de água.

3.3 QUALIDADES DA ÁGUA

A partir do início do século XXI, a água tornou-se um fator limitante no desenvolvimento de regiões do mundo todo, isso devido a crescente expansão demográfica e industrial que trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios (FERREIRA et al., 2015). Portanto, é perceptível a disputa pelo uso da água nos dias de hoje, principalmente para o uso humano como consumo, para a indústria, na produção de energia elétrica e na irrigação grande consumidor de água, chegando a acarretar problema de abastecimento.

Água de qualidade é aquela que segue os padrões de potabilidade estabelecidos por órgãos responsáveis, estando definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias. No entanto, a definição de qualidade da água está relacionada ao uso destinado. Por exemplo, uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, sistemas de irrigação, recreação ou a preservação da vida aquática (BORTOLI, 2016).

No Brasil, as legislações vigentes que tratam de potabilidade da água para consumo humano e de águas subterrâneas são, respectivamente, a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008).

Segundo estudos realizados por Boso, Gabriel e Piazzentin (2016), é importante analisar a concentração de cada substância encontrada na água, observando os possíveis danos provocados na produtividade das plantas cultivadas, bem como no solo usado para o cultivo. Sobretudo, esses parâmetros nos remete a importância no planejamento e no monitoramento dos recursos, visando minimizar possíveis danos e prejuízos futuros ao produtor.

O uso de água de qualidade é relevante para garantir uma boa produtividade agrícola e garantir uma boa qualidade de vida. Portanto, o monitoramento e a análise da água deve ser prioridade na produção de hortaliças. Consequentemente, a utilização de águas de má qualidade poderá ocasionar efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como meio para contaminação da população, pela presença de compostos químicos e microbiológicos danosos à saúde humana (LIMA et al., 2014).

A agroindústria contribui para a poluição/contaminação das águas com resíduos orgânicos gerados e não tratados e produtos químicos utilizados (defensivos, adubos) cujos resíduos infiltram-se no solo ou são carregados pela chuva para mananciais de superfície (ESTEVEZ, 1998).

O monitoramento de parâmetros de qualidade da água constitui-se em ferramenta básica para avaliar alterações ambientais causadas pela ação antrópica (MOLOZZIET al., 2006).

Os impactos ambientais nos recursos hídricos gerados pelas atividades agrícolas, não podem ser dissociados dos impactos nas próprias áreas de produção, devendo seu monitoramento e as medidas preventivas, estarem sempre integradas de uma forma sistêmica (ANDREOLI, 1993).

3.4 TRATAMENTOS DE ÁGUA

De acordo com Jerônimo (2010). A remoção dos poluentes constitui o objetivo do tratamento de efluentes. Entretanto, devido a sua diversidade, não existe uma fórmula pronta, adequada para utilização em qualquer situação.

O tratamento de efluentes é usualmente classificado de acordo com os seguintes níveis: preliminar; primário; secundário e terciário (JERÔNIMO, 2010). Dessa forma, é necessário realizar tratamentos mínimos e avançados de acordo com os parâmetros de qualidade específicos a cada uso destinado (CUNHA et al., 2011).

A seleção da tecnologia apropriada para tratamento de esgotos municipais não depende unicamente de sua qualidade, mas também da análise dos efeitos que podem ser gerados em função de necessidade agrícola e ambiental (FRIEDLER et al. 1996).

De modo geral, as características que determinam a qualidade da água para irrigação, devem ser analisadas em relação a cinco parâmetros básicos: 1) concentração total de sais (salinidade); 2) proporção relativa de sódio; 3) concentração de elementos tóxicos; 4) concentração de bicarbonatos e 5) aspectos sanitários (BERTONE, 1986).

Procurar métodos mais eficientes de irrigação e fontes alternativas de recursos hídricos, como a utilização de águas residuárias, para diminuir a competição por água é uma tendência mundial (REBOUÇAS et al., 2010).

O conhecimento de que o tratamento das águas residuárias é de vital significância para a saúde pública e para conservação dos mananciais, ocasionou grande desenvolvimento das tecnologias de tratamento, sobretudo nos países desenvolvidos (COSTA et al., p. 688, 2009).

Segundo Cunha et al (2011), alguns riscos potenciais à saúde humana pelo uso de água residuária para fins agrícolas são:

- Contaminação de alimentos (substâncias químicas tóxicas);

- Contaminação direta de trabalhadores;
- Contaminação do público por aerossóis;
- Contaminação de consumidores de animais que se alimentam das pastagens irrigadas ou criados em lagoas contaminadas.

Dessa forma, é necessário realizar tratamentos mínimos e avançados de acordo com os parâmetros de qualidade específicos a cada uso destinado (CUNHA et al., 2011).

3.5 REÚSO DE ÁGUA

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, ocupando uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km² (IBGE, 2020a). Com uma população total de aproximadamente 221 milhões de habitantes, em 2020 (IBGE 2020b) e um IDH médio de 0,761, ocupa a 79^a posição no ranking de desenvolvimento humano publicado pela United Nations Development Program (UNPD, 2019).

O País adota empresas como prestadoras de serviço para efetuar o fornecimento e tratamento no abastecimento de água e esgoto sanitário a população local, seguindo parâmetros de qualidade para o seu uso e consumo. Segundo BRASIL (2019), essas empresas podem ser de caráter regional, microrregional, local de direito público, local de direito privado e local de empresa privada.

Essa realidade apresenta um cenário diferenciado, ANA (2017) aponta que do total de 2.657 estações de tratamento de esgotos, as conhecidas (ETE) sobre seu desempenho, 53,7% alcançam eficiência de remoção de matéria orgânica entre 60% e 80% e somente 970 unidades (36,5%) são capazes de alcançar eficiências de remoção de matéria orgânica acima de 80%. Portanto, as quase 10% das unidades em operação, alcançam somente 60% de eficiência de remoção de matéria orgânica.

Segundo BRASIL (2019), 1.531 municípios (30%), nem sequer chegam a apresentar sistema de esgotamento sanitário, elevando essa realidade a um patamar somente 10% da totalidade de municípios brasileiros que tratam acima de 80% os seus esgotos gerados.

Considerando este cenário, Araújo et al. (2019) evidenciam a necessidade de se atingir, não somente no sentido de minimizar a poluição dos meios hídricos e proteger a saúde pública, mas também em proporcionar efluentes tratados para a prática de reúso.

Diante do cenário atual vivenciado a cada ano de estresse hídrico vivido em diferentes partes no planeta terra, torna imperativa a busca por novas alternativas de fontes de água como o reúso de efluentes que chega a se apresentar como uma prática importante no combate aos impactos sofridos pelas secas severas, liberando águas de qualidade superior para fins mais nobres como o consumo humano e dessedentação animal, assim como reduz o aporte de poluentes nos mananciais (SANTOS et al., 2018).

Dentro das diversas possibilidades de reúso de água, chama a atenção para o uso agrícola na irrigação de diversas culturas, setor esse que consome grande quantidade de água para o seu desenvolvimento.

Segunda ANA (2017), a agricultura irrigada se apresenta como o setor de maior consumo da água no Brasil (46%) e no Mundo (67%) (ANA, 2017b). Já na bacia Piancó-Piranhas-Açu, estima-se que os irrigantes são os principais usuários da água com aproximadamente 75% do total (ANA e FGV, 2018).

Segundo ANA (2018), a bacia do rio Piranhas-Açu apresenta uma demanda de água de 17,48 m³/s para a agricultura irrigada e 2,89 m³/s para o abastecimento humano. Segundo o mesmo documento, a atividade de agricultura irrigada se divide entre lavouras temporárias com 36% e permanentes com 5% de demanda, respectivamente. Nas culturas temporárias, o feijão e o milho estão entre as que ocupam maior área de cultivo. Já no caso das culturas permanentes o caju ocupa a maior área e a banana e o coco-da-baía também apresenta destaque.

Para ANA (2017) a região possui tratamento de esgoto insuficiente, na qual o esgoto é coletado e tratados nos estados da Paraíba chega a 42,6% e no Rio Grande do Norte 24,5%, respectivamente.

O uso e reúso de água de forma consciente se apresentam como grandes desafios para a sociedade, os governos e para a ciência. Quando comparado com o Semiárido brasileiro, muito se tem feito desde o início do século 21 para o enfrentamento do histórico atraso no abastecimento hídrico dessa região. Os esforços, avançou de forma lenta no que concerne a processos educativos e sustentável do semiárido brasileiro sobre o consumo consciente da água e no campo das tecnologias de reúso da água.

No semiárido brasileiro nas maiorias das casas pode ser observado como é feita o descarte da água cinza produzida é despejada em copas de frutíferas. (A água cinza é qualquer água não industrial, que foi usada em processos domésticos, como banho, lavagem de louça e roupa. Portanto, o esgoto doméstico é o terno usado para identificar e descrever o despejo de água proveniente de uso residencial, inclusive do vaso sanitário).

Por outro lado, o reúso da água cinza pode se tornar uma oportunidade de convivência em regiões com escassez de hídrica como o semiárido brasileiro. O reúso ajuda a possibilitar a produção de alimentos, minimiza a contaminação ambiental, a ciclagem de nutrientes por meio do seu uso controlado.

Para MANCUSO et al., (2007), O reúso da água implica em uma tecnologia mais ou menos desenvolvida dependendo da finalidade a que se destina a água e da forma como foi utilizada. A Reutilização da água nada mais é usar essa substância mais de uma vez. Esse uso acontece espontaneamente na própria natureza, seja por meio do ciclo da água ou por meio da atividade humana controlada.

O reúso planejado de água pode ser usado para fins potáveis ou não. Segundo Hespanhol et al. (2007), o reúso de água é dividido em duas grandes áreas: potável e não potável.

Quadro 1: Tipos de Reúso Potável

Reúso potável DIRETO	Quando as águas residuais recuperadas, por meio de tratamentos avançados, são reaproveitadas diretamente na rede de água potável.
Reúso potável INDIRETO	O pós-tratamento das águas residuais é utilizado na captação de águas superficiais ou subterrâneas para a sua diluição, purificação natural e posterior recolha, tratamento e finalmente reutilizada como água potável.

Fonte: Hespanhol et al. (2007)

Quadro 2: Tipos de Reúso não Potável

AGRÍCOLA	É realizada a irrigação de culturas alimentares, como árvores frutíferas, plantações, etc., e de culturas não alimentares, como gramíneas e forragens, além da aplicação para o cocho dos animais.
INDUSTRIAL	Abrange o uso industrial de água fria, processo, para uso em caldeiras, etc.
RECREACIONAIS	Classificação reservada para a irrigação de plantas ornamentais, campos desportivos, parques e também para enchimento de tanques ornamentais e de lazer, etc.
DOMÉSTICOS	Consideramos aqui os casos de reúso de água para jardins residenciais, para drenos sanitários e a utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
MANUTENÇÃO DE VAZÕES	A manutenção da vazão dos cursos d'água favorece o uso planejado dos efluentes tratados, buscando uma adequada diluição das cargas poluentes que os atingem.
AQUICULTURA	Consiste na produção de peixes e plantas aquáticas para a produção de alimentos e / ou energia a partir dos nutrientes contidos nos efluentes tratados.
CARGA DE AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS	É a recarga de aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, que pode ser realizada diretamente, por injeção sob pressão, ou indiretamente, utilizando águas superficiais que receberam descargas de efluentes tratados a montante.

Fonte: Hespanhol et al. (2007)

Segundo Mancuso et al. (2007), a aceitação pública é o elemento crucial para determinar o sucesso ou o fracasso de um programa de reúso de água. As experiências internacionais em reúso de água tem demonstrado que projetos voltados a essa área do conhecimento se torna tecnicamente viáveis, na produção de água de reúso comprovadamente segura, certificada pelos melhores procedimentos científicos disponíveis, aceita por órgãos oficiais de meio ambiente e saúde pública.

O reúso tem como benefício atribuído os nutrientes presentes na água de reúso (como o nitrogênio) se lançados nos aquíferos, chega a provocar severas contaminações ambientais, a sua utilização na irrigação das culturas agrícolas, pode minimizar partes das exigências nutricionais, favorecendo a redução dos custos com fertilizantes químicos. Ramos, (2007); Cerqueira et al., (2008).

O tratamento das águas cinzas é similar ao recomendado nas estações de tratamento de esgoto, ressaltando que deve ser construída no local, em instalações de escala reduzidas.

Quadro 3: Sistema de tratamento em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA			
	Pluvial	Drenagem	Máquina de lavar roupas	Lavatório + Chuveiro
Lavagem de roupas	A+B+F+G	C ou D+F	(D ou E) +B+F+G	A+B+F+G
Descargas em bacias sanitárias				
Limpezas de pisos		C+F+G		
Irrigação, regas de jardins				
Lavagem de veículos		C ou D+F+G		
Uso ornamental				

Fonte: ANA – Agência Nacional de águas

Os sistemas de tratamentos apresentados no quadro acima devem ser verificados para cada caso específico. Lembrando que para fins relacionados à construção civil e refrigeração de máquinas os tratamentos devem ser avaliados a cada caso particular, como sugere a ANA - AYE de Águas.

- A.** Tratamentos Convencionais;
- B.** Sistema físico: gradeamento;
- C.** Sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia;
- D.** Sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito);
- E.** Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou lotação;
- F.** Sistema aeróbio de tratamento biológico de lodos ativados;
- G.** Desinfecção; **H.** Correção de pH.

No tratamento de águas cinza, é possível escolher o processo para que o reaproveitamento seja feito de forma segura e econômica; sendo sugeridos os tratamentos com mínima adição química e baixo consumo energético.

3.6 ÁGUA CINZA

Apenas 30% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 93% da população, e a região Nordeste, por exemplo, que abriga 28,91% da população, dispõe apenas de 3,3% desse volume (MACHADO, 2003)

É necessário o desenvolvimento de estratégias para amenizar os impactos gerados pela seca que a cada ano vem atingindo de forma direta as áreas de baixa precipitação pluviométrica, esta ocasionada pelas condições climáticas ou aspectos como o acréscimo do consumo de água, poluição dos corpos hídricos, desmatamento e má gestão do recurso.

Na década de 90 do século XX, durante a Terceira Sessão da Conferência das Partes das Nações Unidas da Convenção de Combate à Desertificação (COP 3), no Recife-PE, cerca de 50 Organizações Não-Governamentais foi constituída a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA Brasil) com uma proposta voltada a “convivência” com o semiárido e as secas. Segundo Silva, (2003), foi lançado a Declaração do Semiárido, que afirmava que a convivência com a seca é possível.

Novas alternativas que potencialize o uso racional desse bem natural é o reúso de água para utilização em atividades que não requerem a utilização de água potável, como a irrigação agrícola. É importante ressaltar que o déficit hídrico está diretamente relacionado também com a carência de alimentos (BERNARDI, 2003).

A água reutilizada pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais tratados. E, a aplicabilidade do reúso vai depender, além das necessidades locais, do nível de qualidade da água requerida e da vazão produzida. As diferentes modalidades potenciais de reúso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2008).

A água cinza é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de chuveiros, banheiras, pias, lavatórios e máquinas ou tanques de lavar roupas (HESPANHOL, 2008).

Muitos autores não consideram a água servida que é proveniente de pias de cozinha e lava-louças como água cinza, isso se deve pelo fato da água conter compostos orgânicos poluentes. Segundo Jeferson et al. (1999) a água cinza é a água servida provenientes de chuveiros, máquinas de lavar, pias. O mesmo autor chega a classificar esse tipo de água em duas categorias: águas cinza claras que são aquelas originadas através de chuveiros, lavatórios e de máquinas de lavar roupas, e águas cinza escuras que são aquelas originadas através de pias de cozinha e de máquinas de lavar pratos (HENZE e LEDIN, 2001). A Figura abaixo apresenta a caracterização da água residuária residencial se dar.

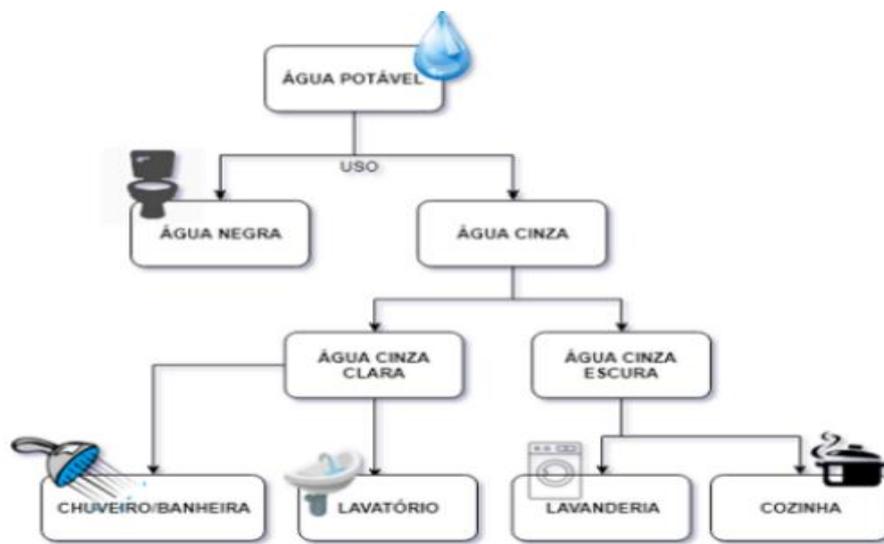


Figura 2 – Caracterização da água residuária residencial
Fonte: Rodrigues (2019)

Tais efluentes apresentam baixo teor de matéria orgânica e microrganismos patogênicos, se comparados ao proveniente do vaso sanitário (água negra), e podem ser reutilizados para fins não potáveis, como na irrigação, caso deste estudo.

A conservação da água e o reúso são ferramentas eficazes na preservação dos recursos hídricos. Contudo, cabe destacar que o reúso, por outro lado, proporciona a substituição de uma água de qualidade superior por outra de qualidade mínima necessária à atividade em questão (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010b).

Segundo Couto et al. (2015), para diminuir a captação de água potável dos recursos hídricos e fazer o reúso da água cinza, podem ser aplicados processos físicos, químicos e biológicos no tratamento.

Segundo Paula e Fernandes (2018), Os limites aceitáveis para os parâmetros de qualidade, considerando o reúso da água cinza tratada, foram definidos a partir da Norma

Brasileira (NBR) nº 13969 (ABNT, 1997) e de Sauthuk et al. (2005), como apresentados nas Tabelas como referência definem os parâmetros para reúso de acordo com as classes.

Tabela 2: Parâmetros para reúso da água, segundo NBR N° 13969 (ABNT, 1997) e SAUTHUK ET AL. (2005)

Referência	Classes	Parâmetros			
		Turbidez (UNT)	pH	Cloro residual (mg. L ⁻¹)	Coliformes fecais (NMP/100 mL)
NBR nº 13.969 (ABNT,1997)	Classe 1	<5.0	6.0 e 8.0	0.5 e 1.5	<200
	Classe 2	<5.0	-	<0.5	<500
	Classe 3	<10.0	-	-	<500
	Classe 4	-	-	-	<5000
Sautchuk et al (2005)	Classe 1	≤2.0	6.0 e 9.0	≤5.0	-
	Classe 2	-	6.0 e 9.0	-	≤1000
	Classe 3	<5.0	6.0 e 9.0	≤1.0	≤200/100 mL

Fonte: NBR: norma brasileira. (1997)

Tabela 3: Classes e destinos ao reúso, de acordo com a NBR N° 13969 (ABNT, 1997).

Classes	Destinos (NBR n° - ABNT.1997)
Classe 1	Lavagem de veículos e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
Classe 3	Reúso na descarga das bacias sanitárias.
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos por meio de escoamento superficial ou por sistemas de irrigação pontual.
Classes	Destinos (SAUTHUK et al, 2005)
Classe 1	Descarga de vasos sanitários, lavagens de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos.
Classe 2	Lavagem de agregados, preparação de concretos, compactação de solos e controle de poeira.
Classe 3	Irrigação de áreas verdes e regas de jardins, irrigação superficial e/ou com aspersores.

Fonte: NBR: norma brasileira. (1997)

3.7 IRRIGAÇÃO

A prática de irrigação tem possibilitado a presença de pessoas em regiões áridas e semiáridas, tornando esses locais habitáveis até hoje. A irrigação, considerada como método de grande relevância no desenvolvimento socioeconômico e cultural de regiões atingida pela escassez de chuvas. Assim, a irrigação é tida como tecnologia imprescindível no processo de aumento da produção de bens agrícolas e no desenvolvimento humano (TESTEZLAF, 2017).

Em região de baixo índice hídrico, as técnicas de irrigação são práticas que favorece a produtividade agrícola, sem deixar de colocar em questão a escassez hídrica, buscando assim, garantir um consumo favorável e de qualidade, associada a uma produtividade de qualidade.

O maior desafio da agricultura irrigada é produzir mais alimentos visando uma melhor utilização da água. Tendo em vista o papel desse setor, como a “máquina que alimenta o mundo”, a concorrência por água não pode transformar-se em uma diminuição na produção de alimentos, nem menos, a redução absoluta da área irrigada no mundo (ALMEIDA, 2010).

A maneira de como se comporta a irrigação em relação ao solo, acaba criando problemas complexos ao longo do tempo, de manejo (irrigação, lixiviação forte ou leve, e

outras.) e do solo que intervêm fenômenos de troca de cátions e sais que se concentra de forma diferente em terrenos arenosos e argilosos.

Segundo Almeida (2010), os minerais primários dos estratos expostos da crosta terrestre, são os principais sais presentes nas águas de irrigação, que são liberados durante o processo de meteorização química como: hidrólise, hidratação, oxidação e carbonatação e outros, que são transportados de suas fontes de origem por meio das águas superficiais e/ou águas subterrâneas.

Para Almeida (2010), é muito conveniente conhecer a procedência das águas, que apresenta uma série de características especiais, que ajuda na interpretação. A seguir podemos ver como se dar a procedência das águas nos solos argilosos e arenosos.

Águas procedentes de solos argilosos

- ✓ Baixo conteúdo de sais solúveis
- ✓ Valores altos de HCO_3^- e de Cl^-
- ✓ Conteúdos altos de Ca^{++} e de Mg^{++}
- ✓ Elevado conteúdo de SiO_2
- ✓ Valores baixos de SO_4^-

Águas procedentes de solos arenosos

- ✓ Baixo conteúdo em sais solúveis
- ✓ Altos conteúdos de HCO_3^- e em Cl^-
- ✓ Baixos conteúdos de SO_4^- , Na^+ e K^+
- ✓ Valores de Mg^{++} variáveis
- ✓ A relação $\frac{\text{Na}^+}{\text{K}^+} < 1$.

Poços localizados próximo ao rio, sofrem influência do mesmo na sua extração, a medida que são volumosas e intensas, nesse momento a água vai assumir uma composição cada vez mais semelhante a água do rio.

É importante destacar que o uso racional das técnicas de irrigação, promove o incremento da produtividade da mão-de-obra rural, Santos (1998). Segundo o autor essas técnicas são pontos de partida em direção ao progresso e desenvolvimento sócio econômico garantindo um uso racional da água. Em termos ambientais, a produção de culturas irrigadas, como demonstrado por Cruz (2018) a uma rotação de culturas, aliadas às exigências

nutricionais das espécies cultivadas e necessidade de nutrientes do solo, chega a ser possível do aumento da produtividade, não sendo necessário o uso de novas áreas de cultivo.

3.8 REÚSO DE ÁGUA CINZA NA AGRICULTURA

É evidente que nas últimas décadas a região semiárida brasileira tem vivenciado por avanços significativos referentes à geração de novos conhecimentos e desenvolvimento de políticas pública e programas voltados para o fortalecimento da segurança hídrica das famílias no meio rural e sua sustentabilidade local (GOMES, 2022).

Segundo Sampaio, (2022). O Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), implantado pela Articulação do Semiárido – ASA Brasil, que já construiu mais de 1,2 milhão de cisternas, é um bom exemplo desse avanço.

Os longos períodos de estiagem que atingem a região semiárida demonstram que ainda há muitos desafios a superar até se alcançar níveis satisfatórios de segurança hídrica para as diferentes demandas das famílias por água, seja para consumo doméstico ou produtivo (GOMES, 2022).

Para tanto, é importante a utilização de processos educativos sobre o consumo consciente da água e de tecnologias para o seu reúso, pois a presença de umidade no solo do semiárido é sempre motivo de ampliação das possibilidades de produção de alimentos e forragens para os animais, sobretudo, nos agroecossistemas de gestão familiar mais vulnerável diante das secas (GOMES, 2022).

Água cinza é todo efluente doméstico gerado nos banheiros, lavatórios e cozinha, com exceção apenas da água servida proveniente da bacia sanitária (BRASIL, 2005; FIORI, FERNANDES & PIZZO, 2006; HESPANHOL, 2008; MONTEIRO, 2009; MAY, 2009; GOLÇALVES et al., 2010).

O tratamento do efluente doméstico tem como principal objetivo remover os resíduos sólidos; reduzir a Demanda Bioquímica de Oxigênio; eliminar microorganismos patogênicos; e reduzir as substâncias químicas indesejáveis (MOTA, 1995). A Norma classifica ainda, segundo a qualidade da água de reúso, as modalidades com seus respectivos valores de parâmetros para o esgoto, e determina como Classe 4 a água de reúso para irrigação de campos agrícolas e pastagens.

No Brasil, o uso consuntivo do setor agrícola é de aproximadamente 70% do total (REBOUÇAS, 2001). Segundo Costa e Barros Júnior (2005), a reutilização de águas residuais

na agricultura tem aumentado em todo o mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas.

A demanda significativa de água, associada a escassez de recursos hídricos leva a justificar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritárias em termos de reúso de efluentes tratados (MINOWA et al., 2007).

Países como EUA e Israel, existem normas bem estabelecidas para a prática em irrigação de água de reúso. Essas normas definem o método de irrigação, a qualidade que a água deve atingir os tipos de culturas que podem ser irrigadas, dentre outras determinações (ABES, 2015).

Segundo Hespanhol (2002), estudos efetuados em diversos lugares do mundo comprovaram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com reúso de esgotos adequadamente administrados.

Para Hespanhol (2002), sistemas de reúso adequadamente planejados e administrados para irrigação trazem diversas melhorias ambientais e de condições de saúde favoráveis:

- Evita a descarga de esgotos em corpos d'água;
- Preserva recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;
- Permite conservação do solo, através da acumulação de "húmus" e aumenta a resistência à erosão;
- Contribui principalmente em áreas em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando assim os níveis de saúde, a qualidade de vida e as condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.

Conforme o Censo Agropecuário de 2006, a agricultura familiar compõe 84,84% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, enquanto ocupa apenas 24,3% da área total agropecuária (BRASIL, 2006). Em relação às diferentes regiões brasileiras, com suas diversidades locais, segundo Guilhoto et al. (2014), no Norte, Sul e Nordeste a agricultura familiar tem expressiva colaboração no PIB do agronegócio, e no Centro-Oeste e Sudeste, sua participação é bem inferior.

É importante ressaltar a agricultura de base familiar tem sido e é fundamental na redução ao êxodo rural, existente no sertão nordestino, e a desigualdade social no campo e nas grandes cidades que o uso de técnicas de reúso de água tem favorecido a irrigação local e a produção de cultivares favorecida pelo uso da água cinza. O reúso é uma fonte de renda e

subsistência de famílias que muitas vezes vivem com o mínimo e baixo acesso a água para a irrigação local na produção agrícola familiar.

3.9 IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DE REÚSO

A reutilização da água de reúso não só economiza água potável, como gera uma sociedade mais consciente e sustentável, voltada a garantia de vida presente e futura de qualidade, mas também economiza custos e investimentos. E talvez o mais importante é que garante a sustentabilidade dos futuros recursos hídricos das comunidades.

Nos Estados Unidos, a irrigação paisagística é responsável por um terço do uso da água. Substituir o uso de água potável por água reciclada teria um grande impacto na gestão dos recursos hídricos de um país (Rain Bird, 2021).

Os elementos químicos como nitrogênio e fósforo presentes na água reúso pode torná-la ideal para aplicações de irrigação, pois eles fazem parte da maioria dos fertilizantes. O nitrogênio está ligado a composição de aminoácidos e proteínas, nutriente exigido em maior quantidade e fundamental no desenvolvimento das plantas, constituindo cerca de 2 a 5% da matéria seca. Já o fosforo ajuda na formação de ATP (Trifosfato de adenosina), principal fonte de energia para a realização da fotossíntese, divisão celular, transporte de assimilados e carga genética.

No entanto, esse uso também apresenta uma série de desafios. A água reúso possui um maior teor de sal, sendo algumas espécies de plantas mais resistentes à água salobra. No entanto, a seleção adequada de espécies de plantas resistentes a salinidade ajuda ano ajustes no sistema de irrigação minimizando os problemas de alta salinidade.

Segundo Cunha et al., (2011), os padrões para cada tipo de reúso e as diretrizes para sua implantação são questões a serem consideradas em relação à regulamentação do reúso.

No Brasil, ao contrário de outros países, a experiência do reúso é bastante recente. No momento não se pode estabelecer padrões, o que pode ser feito é um ajuste à realidade nacional através de estudos sobre os riscos associados e os conhecimentos das condições específicas das regiões. A partir desse pressuposto, uma forma estruturada para se realizar o reúso pode ser estabelecida (CUNHA et al., p. 1241, 2011).

Com o reaproveitamento de águas cinzas para a irrigação é possível dar uma destinação mais adequada a água que iria se tornar esgoto. Sendo assim, portanto, totalmente viável que o uso de água de boa qualidade seja totalmente destinado a fins mais nobres.

3.10 REÚSO DE ÁGUA PARA ATIVIDADES AGRÍCOLAS

O uso de águas residuárias tem sido praticado por todo mundo vem aumento a anos. Relatos mostram que na Grécia antiga a utilização de esgoto disponível para a irrigação. Com o aumento da população mundial a exigência pôr água para a produção de alimentos, tem feito do reúso planejado da água um tema e de grande relevância no cenário atual. Neste contexto pode-se considerar o reúso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água.

As normas para utilização da água de reúso ainda estão em processo de aprimoramento, existem diversos estudos para definir parâmetros e aplicações desta água (SILVA, et al., 2006).

Nas duas últimas décadas, o uso de águas de águas residuárias na agricultura aumentou, significativamente, em razão dos seguintes fatores: dificuldades na busca por fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; custo elevado de sistemas de tratamentos necessários para descarga de efluentes em corpos receptores e reconhecimento do valor da atividade pelos órgãos gestores de recursos hídricos (OLIVEIRA et al, 2014).

Contudo, observa-se que a água residual pode ser utilizada como biofertilizante, porém não substitui uma adubação convencional, uma vez que não fornece todos os nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da maioria das culturas, ainda que disponibilize uma boa quantidade de macro e micronutrientes. Água residuária é inicialmente responsável pelo condicionamento do solo, aumentando sua capacidade de reter água (COSTA et al., 2009).

No Brasil, ao contrário de outros países, a experiência do reúso é bastante recente. Segundo Cunha et al., (2011), os padrões para cada tipo de reúso e as diretrizes para sua implantação são questões a serem consideradas em relação à regulamentação do reúso.

Segundo ROCHA (2013), apesar de não termos normas para este tipo de uso, devemos seguir os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução 430, de 13 de maio de 2011, onde dispõe sobre as condições e padrões de

lançamento de efluentes e a Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água.

Habitualmente as análises que se realizam na água são: pH (acidez ou alcalinidade), a salinidade tal como condutividade elétrica ou total de sais dissolvidos, íons: sódio, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, além dos nutrientes tais como nitrato (ROCHA, 2013).

Portanto, o tratamento efetuado da água, chega ser na maioria das vezes, biológica. Passando por um processo físico para a remoção de sólidos grosseiros, passando por canal onde estão grades paralelas para reter sólidos de maior dimensão, que possa prejudicar no processo de tratamento da água.

3.11 USO E GESTÃO DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO

É verdadeiro que, independentemente da localidade, região ou território do globo, a água é o elemento essencial para a sustentação da vida no planeta Terra. Ela, a água, é essencial para a regulação das relações fisiológicas, químicas e físicas dos seres humanos e não humanos (CARVALHO e ZANARDO, 2010; BRUNI, 1992) como os animais e plantas, por exemplo.

O ser humano é um ser hídrico por natureza, visto que 65% do seu corpo é composto por água (BRUNI, 1992); ou seja, ele está intrinsecamente conectado a água. No entanto, embora a água seja indispensável para manutenção da vida, esse bem natural também é a razão de conflitos (SHIVA, 2011; Di MAURO, 2014), tensões e até mesmo guerras, que têm por finalidade o domínio, uso e mercantilização das águas de nascentes, mananciais e bacias hidrográficas locais e regionais.

3.12 ECONOMIA SOCIAL DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO

A região Nordeste do Brasil é marcada historicamente por condições climáticas propícias a grande incidência de secas (CAMPOS, 2014; GONDIM et al., 2017; MARCONDES; DANDARO, 2018). De uma forma ampla, o fenômeno da seca é uma condição natural climático sem definição universal podendo ser entendida a partir de questões

empíricas relacionadas a clima e hidrologia que geram impactos a uma determinada região (EMBRAPA, 2021a).

Ao longo do século XIX, a região semiárida do Nordeste apresenta grandes estiagens nos anos de 1824-1825, 1845, 1877-1879 e 1888-1889 (CAMPOS, 2014; MARCONDES; DANDARO, 2018). Nesses períodos foram marcados pelo caos do sistema produtivo agropecuário com perda de lavouras e morte de animais, decorrência das secas e de políticas fortes e voltadas a minimizar o problema do nordestino.

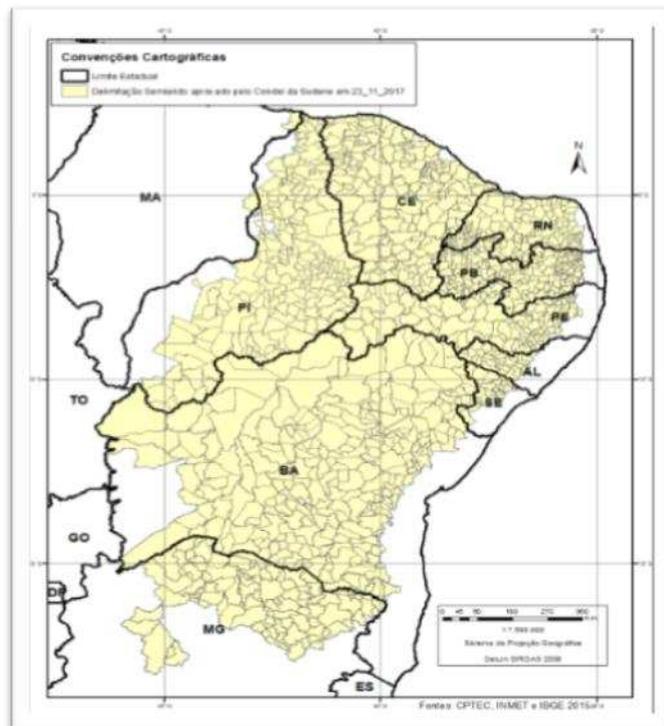


Figura 3: Delimitação do semiárido brasileiro
Fonte: Sudene, 2017

Entre os componentes dos programas de conservação de água, figura-se o de substituição das fontes, que consiste basicamente em utilizar novas fontes de recursos hídricos em substituição às existentes (IPARDES, 2001).

Segundo Souza et al. (2017), as tecnologias de convivência com o semiárido têm objetivo de assegurar os princípios da sustentabilidade, buscando incluir a eficiência econômica.

Nesse cenário, as tecnologias sociais configuram-se como potenciais alternativas para a mitigação da escassez hídrica no semiárido brasileiro, entre elas a Bioágua Familiar (SOUZA et al., 2016). Fundamentada na reutilização de águas cinzas – esgoto doméstico

proveniente do banheiro (exceto da bacia sanitária), lavanderia e cozinha (AL-ZOU'BY et al., 2017).

Por possuir pouca matéria orgânica, seu tratamento pode e processo de reutilização não necessita tanto de produtos químicos sendo assim são mais simplificados, tornando a uma maneira fácil de economia (Silva et al., 2016).

O reúso das águas possibilita que a oferta de água potável seja destinada para fins essenciais, como o consumo humano. Isso gera economia da água de boa qualidade e utilização da água de reúso para outros fins, como atividades agrícolas (MOURA et al., 2020). A agricultura utiliza maior quantidade de água e pode tolerar águas de qualidade mais baixa do que a indústria e o uso doméstico, preservando águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento humano (ANDRADE NETO, 2011).

Essa prática econômica ajuda diretamente o meio ambiente e a população com economia de água, sabendo que esse recurso é finito e sua distribuição é irregular sobre a superfície terrestre (May, 2009).

Os benefícios da água de reúso, proveniente de tratamento de efluentes, são inúmeros, desde a preservação da água potável para usos mais nobres até a possibilidade de substituição parcial do uso de fertilizantes e a redução de impactos ambientais, em vista da diminuição da contaminação dos corpos d'água e da preservação dos recursos hídricos (BERNARDI, 2003).

A água de cinza não é utilizada com intuito de potabilidade, ou seja, a água de cinza é destinada para atividades diversas, como: práticas agrícolas e pecuárias, além de outras atividades domésticas que podem ser destinadas (Costa et al., 2022).

O reúso de água de cinza para irrigação, nas pequenas propriedades rurais é uma prática muito viável, e vem sendo difundida em diversos países como, China, Espanha, Israel, Portugal e Estados Unidos já utilizam em diferentes espécies de plantações (Lucena et al., 2018).

Em suma, a água de reúso quando aplicado de maneira correta e com objetivos bem traçados impulsionam o desempenho de políticas sociais hídricas que lutam para o desenvolvimento de pessoas que convivem diariamente com recursos escassos (Lourenço, 2019). Fazendo com que essas pessoas ou grupos possam se desenvolver e conviver com essas condições climáticas de forma menos rigorosa, sem que a população seja tão castigada e maltratada devido essa ausência (Mendonça, 2022).

3.13 BRS CAPIAÇU – Capim Elefante

As pastagens são a forma mais prática e econômica de alimentação de bovinos e constituem a base da atividade pecuária no Brasil. Essa produção na maioria das vezes gera ganhos bem moderados, considerando o grande potencial da atividade (VITOR et al., 2009). As pastagens chegam a garantir uma alimentação necessária para a criação nos períodos de estiagem, proporcionando uma condição nutricional favorável.

De acordo com Soares et al. (1999), o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) se mostra como boa alternativa para produção de forragem devido a sua alta produtividade se bem manejado, permitindo maximizar o uso da terra contribuindo com o desenvolvimento do pequeno produtor rural.

O capim elefante possui características importantes, sendo uma espécie com alto índice produtivo, se adaptando bem a diferentes regiões com climatologias bem variadas (SILVA et al., 1995; CHARÃO et al., 2008). Essa cultivar, chega a apresentar estacionalidade na sua produção na época da seca, exigindo assim, o uso da irrigação que permite condições de maior desenvolvimento e crescimento e, elevando a produção de matéria seca.

Segundo SILVA et al. (1995); CHARÃO et al. (2008). O capim elefante possui características importantes, destacando a sua adaptação a diferentes regiões com climatologias bem variadas, tornando-se uma cultivar de interesse para a atividade pecuarista.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) tem como centro de origem o continente africano, advindo de regiões com precipitações pluviométricas superiores a 1000 mm ano⁻¹ (BRUNKEN, 1977). É uma gramínea cespitosa com hastes eretos e compridos (3 a 6 m de altura), sendo caracterizada como espécie muito exigente em fertilidade e regime pluviométrico (PASSOS, 1994).

Dentro das cultivar de capim elefante, se destaca a BRS Capiacu, foi obtida pelo programa de melhoramento da Embrapa Gado de Leite, por meio de cruzamento do capim-elefante pertencente ao Banco ativo de Germoplasma - BAGCE, apresentando touceiras eretas, porte alto (4,20 m); folhas largas, cor verde e nervura central branca; hastes grossas, internódios compridos e de coloração amarelada; florescimento tardio e boa resistência ao tombamento, facilitando a colheita mecanizada. Além de boa produção de biomassa e tolerância ao estresse hídrico sendo uma boa característica em regiões de alto risco de veranicos (PEREIRA et al., (2016a).

Segunda a EMBRAPA GADO DE LEITE (2016), O clone CNPGL 92-79-2, obtido do cruzamento entre os acessos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57), destacou-se em

vários locais, tendo sido submetido ao teste de Valor de Cultivo e Uso – VCU de 2009 a 2011. O clone recebeu a denominação de BRS Capiáçu sendo registrado como cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) sob nº 33503 em 08/01/2015, bem como recebeu certificado de proteção de cultivares nº 20150124, em 23/01/2015.

3.14 CAPIM BRS CAPIAÇU

A cultivar BRS Capiáçu foi obtida pelo programa de melhoramento do capim-elefante conduzido pela Embrapa Gado de Leite. Diversas famílias de irmãos completos foram obtidas por meio de cruzamentos dirigidos entre acessos de capim-elefante pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma – BAGCE. As melhores progênies foram clonadas e avaliadas em testes comparativos de linhas clonais. Cinquenta clones foram selecionados e avaliados pela Rede Nacional de Ensaio de Capim-elefante - RENACE, conduzida em 17 estados brasileiros, no período de 1999 a 2008. O clone CNPGL 92-79-2, obtido do cruzamento entre os acessos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57), destacou-se em vários locais, tendo sido submetido ao teste de Valor de Cultivo e Uso – VCU de 2009 a 2011(Embrapa, 2016).

A BRS Capiáçu se destaca das demais cultivares de capim-elefante por apresentar resistência ao tombamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de joçal (pelos) e touceiras eretas e densas (Embrapa, 2016).

Segunda a Embrapa Gado e leite, 2016. A cultivar BRS Capiáçu destaca-se pela alta produção de biomassa, composição química da forragem e menor custo de produção quando comparada a outras culturas utilizadas para silagem.

Tabela 4: Produção de biomassa e altura das plantas da cultivar BRS Capiáçu, em diferentes idades de corte.

Idade de Corte (dias)	Altura (m)	PMN¹ (t/ha)	PMS² (t/ha)
50	2,4	54,3	5,1
70	2,9	93,5	13,3
90	3,6	108,5	17,5
110	4,1	112,2	22,5

Fonte: Embrapa (2016). ¹produção de matéria natural; ²produção de matéria seca.

As condições climáticas de grande parte do Brasil são caracterizadas por dois períodos distintos, período das águas e período seco, que determinam a disponibilidade e qualidade de forragem. Isso porque o clima no período das águas é marcado pela alta umidade e calor, o que favorece abundante produção de forragens com alto valor nutritivo, fato que ocorre inversamente no período seco. Para diminuir os efeitos causados pela sazonalidade, o excedente da produção de forragens no período das águas pode ser utilizado na alimentação animal no período seco, através do emprego de técnicas de conservação como a ensilagem (PAULA et al., 2020).

3.15 BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ – PIRANHAS - AÇU

O Piranhas-Açu, de domínio federal, é o principal rio da bacia, uma vez que nasce no município de Bonito de Santa Fé, no Estado da Paraíba, e segue seu curso natural pelo Estado do Rio Grande do Norte, desaguando no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar.

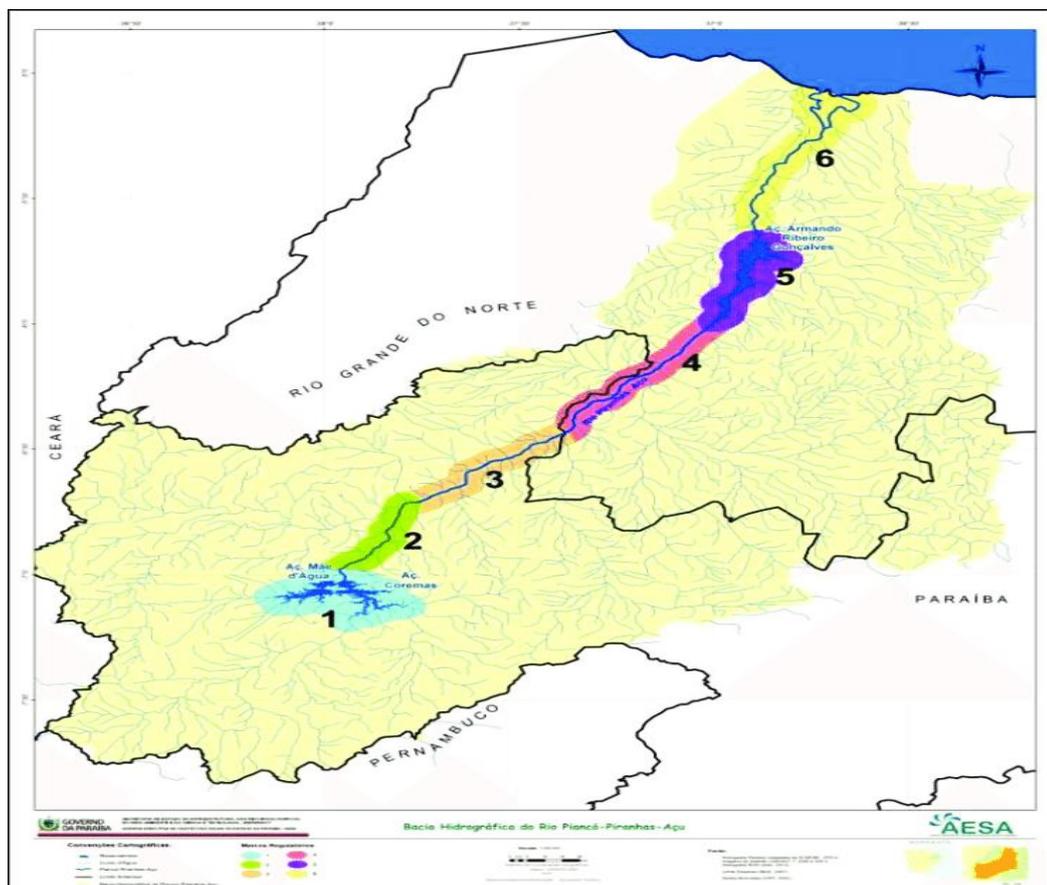


Figura 4: Bacia hidrográfica do rio piranhas-açu-sistema curema-açu
Fonte: AESA, (2015).

A bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu tem uma área de 42.900 km², que engloba partes da Paraíba e do Rio Grande do Norte, onde vivem aproximadamente 1,5 milhão de habitantes. Na bacia há 147 municípios, sendo 102 paraibanos e 45 potiguares, sendo que a taxa média de urbanização é de aproximadamente 66% na região. Totalmente inserida no Semiárido, a bacia apresenta chuvas concentradas em poucos meses do ano e, conseqüentemente, períodos de secas prolongadas. (AESAs, 2020)

Na bacia Piranhas-Açu, encontram-se dois grandes reservatórios de grande importância no desenvolvimento socioeconômico da região, o sistema de reservatório Curema-Mãe d'Água, que pereniza o rio Piranhas, e o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, que pereniza o rio Açu, localizados nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, respectivamente. Os principais usos da água na bacia são para irrigação (65,7%), aquicultura (23,6%), abastecimento humano (7,6%), industrial (1,6%) e pecuária (1,5%) (ANA, 2014).

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida nas instalações do Centro de Ciências e Tecnologias Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal/PB, localizada no município de Pombal, estado da Paraíba, na microrregião de Sousa, na mesorregião do Sertão Paraibano. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 600 mm por ano, a estação com precipitação é quente, abafada e de céu quase encoberto; a estação seca é escaldante, de ventos fortes e de céu parcialmente encoberto. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 20° C a 38° C e raramente é inferior a 18° C ou superior a 40° C a qual está localizada nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 6° 46' 8" Sul, Longitude: 37° 47' 45" Oeste.

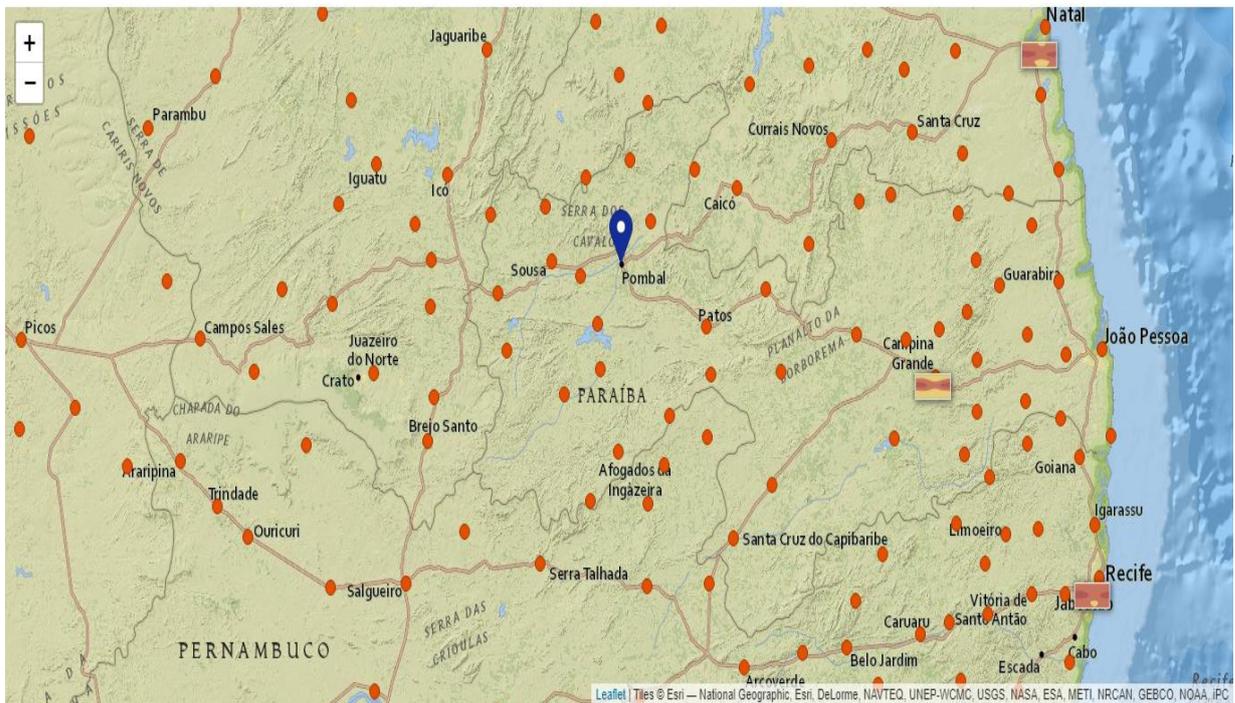


Figura 5: Pombal, Paraíba, Brasil

Fonte: Esri, *et,al* (2022)



Figura 6: Mapa da localização da UFCG – Campus / Pombal/PB
Fonte: Google Eart pro/ 2022.

Pombal é um município brasileiro do estado da Paraíba, situada na mesorregião do sertão Paraibano e na microrregião de Sousa. É a quarta cidade mais antiga do estado, o primeiro núcleo de habitação do sertão paraibano, e a segunda maior do estado da Paraíba em questão territorial possuindo 889 km², o que representa 1,58% da superfície total do estado. A taxa de crescimento anual é de 1,86%, possuindo o 18º maior IDH da Paraíba, e a expectativa de vida no município é em média 66,2 anos. A economia é dominada pela agricultura, comércio interno e algumas fábricas. Está localizada a uma altitude de 184 metros. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2010 sua população era estimada em 32.443 habitantes. A população *estimada* em 2021 foi de 32.803 habitantes; a densidade demográfica de 2010 de 36,13 hab/km².

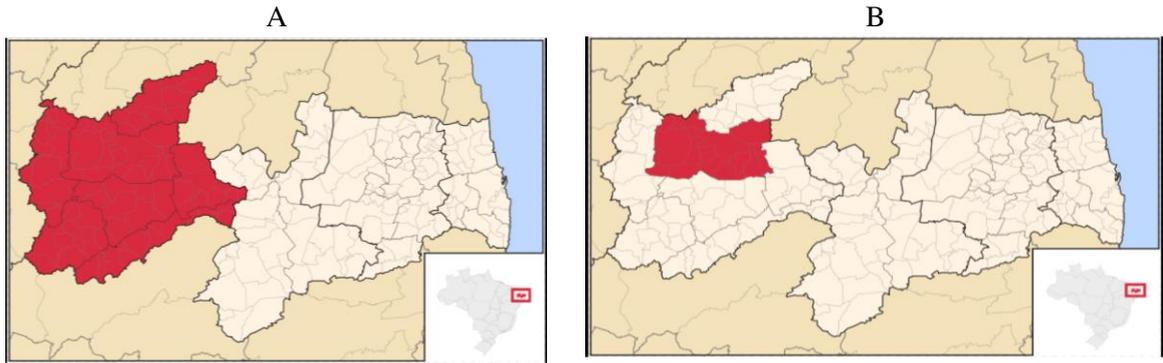


Figura 7: Mesorregião do sertão paraibano (A); Microrregião de Sousa (B)
Fonte: IBGE, 2022

4.2 CLIMA, SOLO E PLUVIOMETRIA DA ÁREA EXPERIMENTAL.

A caracterização do clima da área de estudo é apresentada, de forma geral, no quadro abaixo

Quadro 4: Caracterização climática do campus da UFCG em pombal – PB

Característica	Descrição do local
Tipo	De acordo com a classificação climática de Köppen é do tipo Aw (denominado clima de savanas, com inverno seco e chuvas máximas no verão).
Temperatura	Mínima de 21,3 °C, máxima de 33,2 °C e média de 27 °C.
Precipitação	Varia entre 601 e 800 mm, com período chuvoso entre novembro e abril.
Insolação	Em torno de 8,4 h.
Radiação	Média de 450 cal/cm ³ /dia

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e Departamento de Ciências Atmosféricas da UFCG, citado por Lima e Leite (2011).

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) realizou um diagnóstico do município de Pombal - PB, em 2005 disponibilizando informações geológicas de Pombal. De acordo com os dados apresentados pela CPRM (2005), a geologia predominante na área de estudo é constituída por material da Era Neoproterozóica, denominada “Suíte calcialcalina” de médio a

alto potássio, composta por granito e granodiorito porfirítico associado a diorito (588 Ma U-Pb).

Segundo Queiroga (2020), O solo utilizado no experimente foi coletado para análise química, fertilidade e física do solo, no Laboratório de Análises de Solo e Água do Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus Sousa, conforme o quadro a baixo.

Quadro 5: Analise do Solo

Análise Química e de Fertilidade*													
pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺	SB	CTC	V	MO	PST	
							Al ⁺³						
H ₂ O	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³					%	gKg ⁻¹	%	
7,0	778	0,21	0,13	4,4	2,4	0,0	0,0	7,1	7,1	100	**	2	
Análise física do solo**													
Granulometria			Densidade	Densi	Porosidade	Umidade			Água	Argila	Grau	de	Classe
Areia	Silte	Argila	do Solo	dade	Total	0,01	0,033	1,5	disponível	Natural	floculação	Textural	
				Real									
gKg ⁻¹		g cm ³		g cm ³	m ³ m ³	gKg ⁻¹			gKg ⁻¹				
839	61	100	1,47	2,83	0,48	105	121	50	55	88	120	Areia Franca	

Fonte: Queiroga, (2020). *P,K, Na: Extrator Mehlich; Al, Ca, Mg: Extrator KCL 1M; SB: Ca+2+ Mg+2+ K++Na+; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, Ph 7,0; CTC:SB + H++ Al+3; M.O: Digestao úmida Walkley-Black; PST= Percentagem de Sódio Trocável; **Granulometria: Argila e Silte pelo densímetro de Boyouccos, Areia por peneiramento;Densidade apaente: método do anel volumétrico; Densidade real: método do balão com etanol; umidade: Estimativa com base na classe textural

4.3 CONSTRUÇÃO DOS AMBIENTES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA (APAI'S's)

FERREIRA (2013) em sua pesquisa realizou o tratamento de água cinza, de uma lavanderia comunitária, através de Unidades de Produção Agrícolas Controladas (UPAC's), para o cultivo de mucuna preta, capim elefante roxo e maracujá. As UPAC's são uma alternativa viável e sustentável para o tratamento de água de lavanderias como também para produzir alimentos para fins animais e humanos.

Foram construídos 12 Ambientes de Produção Agrícola (APAI'S's) que consistem em um sistema de contenção de solo água, a partir da impermeabilização de uma área de aproximadamente 4,5m³ com lonas plásticas em conjunto com cascalho e areia da própria

área do experimento. As 12 valas foram confeccionadas a mão e através de uma retroescavadeira cedida pela prefeitura do município, com as seguintes dimensões: 2,0 x 1,50 x 1,50m e consistem em um sistema de contenção de solo água, a partir da impermeabilização de uma área de aproximadamente 4,5m³. Após a escavação as valas foram impermeabilizadas com lona plástica de 200 micras dobrada ao meio para evitar infiltração da água no solo, facilitando assim o armazenamento da água de irrigação dentro de cada ambiente, podendo ser vista na figura a baixo.

(A) Valas



(B) Dimensão da vala



(C) Lona de 200 micras



(D) Preenchimento da vala com solo



Figura 8: Construção das AMBIENTES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA (APAI'S's)
Fonte: autoria própria (2022)

4.4 PLANTIO E IRRIGAÇÃO DA BRS CAPIAÇU

A cultivar BRS Capiacu usado para o plantio é um clone de propagação vegetativa, que deve ser cultivada a partir do plantio de colmos. Os colmos vieram da propriedade do Senhor Francisco Patrício de Lima, localizado no Município de São João do Rio do Peixe, unidade da federação Paraíba, a Área do Imóvel: 7,6018 ha, Coordenadas Centroides: Latitude: 06°48'10,37" S; Longitude: 38°22'25,96" O.

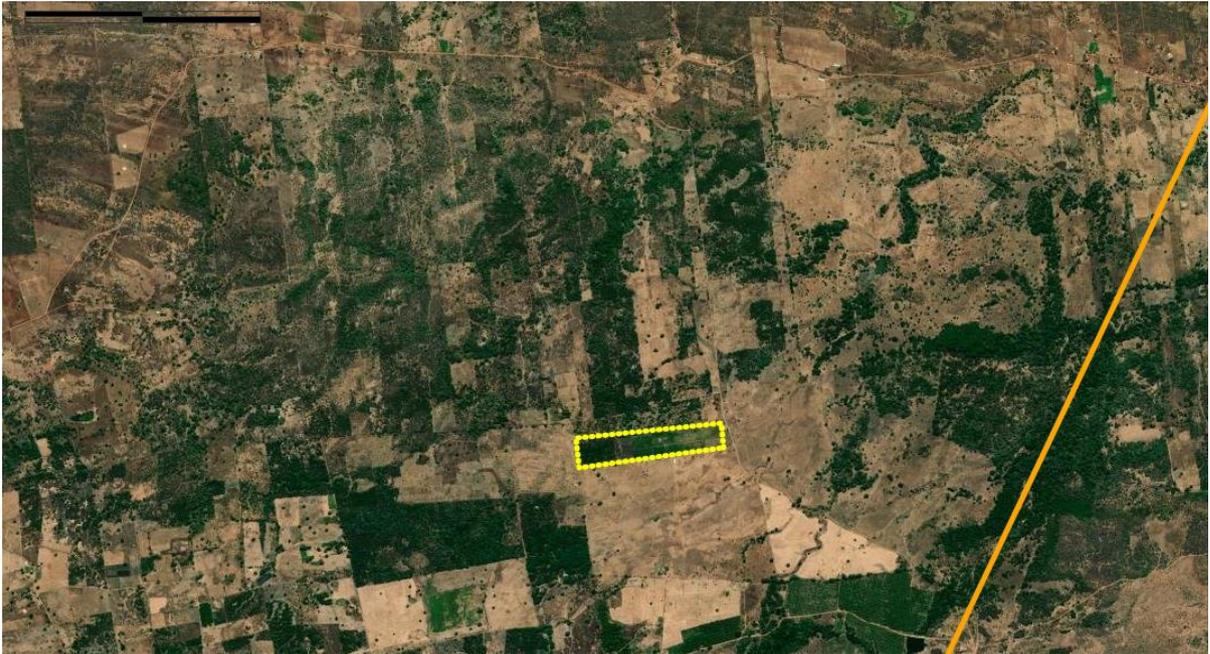


Figura 9: Representação aérea da Propriedade
Fonte: SINCAR 2022

O plantio se deu da seguinte forma:

- O colmo foi plantado em um ângulo de 30°,
- Numa profundidade de 15 cm, com o corte do colmo em toletes de aproximadamente de 50 cm a 70 cm,
- Com espaçamento entre linhas de 0,30 m a 0,50 m, tendo o lado da gema exposta para aumentar a sua brotação, assim, ajudando a planta não dispensar muita energia a emergir.



A – Colmo°



B – Plantio em ângulo de 30° do colmo



C – Distância entre 0,30cm a 0,50cm



D – Plantio com a gema para cima

Figura 10: Plantio da BRS Capiaçú
 Fonte: Autoria própria (2022)

A irrigação no início foi realizada com água de abastecimento diariamente até desenvolvimento das gemas durante dez dias. Depois deste período, cada tratamento começou a receber a irrigação de forma superficial e subsuperficial com água de abastecimento e água cinza.

Para a irrigação do plantio da BRS capiaçu, foram utilizadas água cinza e de torneira tratada pela CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto da Paraíba). A água cinza foi previamente preparada em baldes de plásticos que continha uma capacidade para 60 L litros de água cinza cada, com intervalo de um dia para uso na irrigação, onde se utilizou aproximadamente 500 gramas de sabão em pó da marca Guarani, no qual possui a seguinte composição: Tensoativo Aniônico (Ácido Alquil Benzeno Sulfônico), Alcalinizantes, Carga, essência e corantes. Alguns parâmetros da água cinza foram avaliados: turbidez, pH, condutividade e DBO.

A irrigação foi realizada de maneira manual, a diferenciação das lâminas de irrigação superficial e a subsuperficial com água de abastecimento e água cinza foi realizada de acordo

com cada tratamento pré-estabelecido, conforme a necessidade hídrica da cultivar BRS capiaçu e variação da temperatura na região semiárida. Os tratamentos testados consistiram na aplicação de lâminas de irrigação manual feita por um balde que media 10 L, aplicando um total de 4 baldes por tratamento de água superficial próximo ao colmo, e subsuperficial por meio de um tudo de 100 mm e irrigações, com turno de rega fixo de dia sim e outro não no horário das 17 horas por 90 dias.

4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis analisadas na pesquisa foram Condutividade Elétrica (dS.m-1), Demanda Química de Oxigênio DQO (mg/L), Turbidez (NTU) e pH. Toda obtenção das variáveis em estudo seguiram as instruções do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2005), de acordo com o apresentado no quadro abaixo.

Tabela 5: Metodologia usada nas análises dos parâmetros estudados

Parâmetro Analisado	Unidade	Metodologia
pH	-	pHmetro
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Condutividade Elétrica	dS.m ⁻¹	Condutivímetro
DBO	Mg/L	Medidor de DBO

Fonte: Adaptado de APHA *et.al* (2005)

As análises dos parâmetros pH, Turbidez, Condutividade Elétrica e a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) foram realizados in loco, antes da irrigação.

4.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, composto por três blocos (repetições), com dois tratamentos por bloco, constituindo assim um total de 12 unidades experimentais (UE). Todos os UE apresentavam as seguintes dimensões: 2,0 x 1,50 x 1,50 m e consistem em um sistema de contenção de solo água, a partir da impermeabilização de uma área de aproximadamente 4,5 m³ através do uso lonas plásticas de 200 micras em conjunto com britas, areia e cascalho da própria região e utilização de tubos de esgoto de 100 mm. Entre os tratamentos foram

deixados espaços livres de 0,80 cm, para que não houvesse interferência na aplicação de água entre as distintas lâminas de irrigação, como mostra a Figura 10.

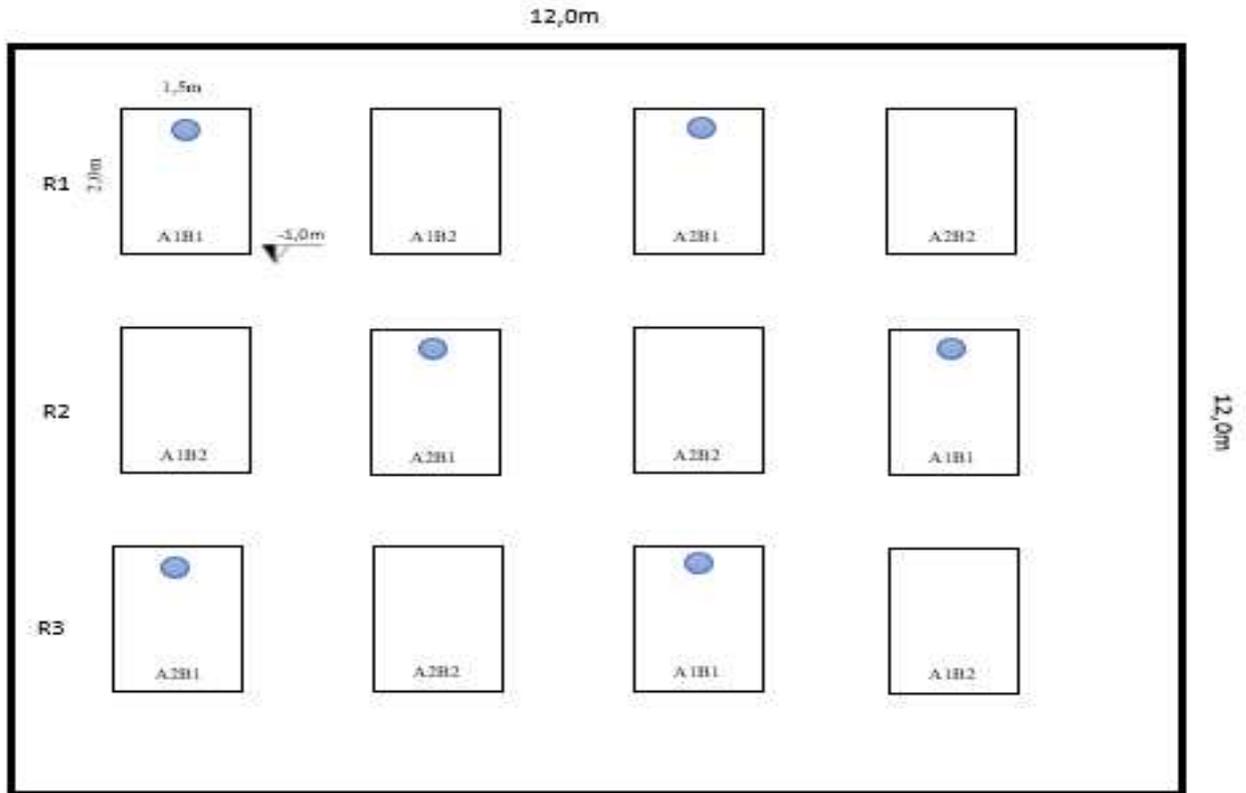


Figura 11: Croqui do Experimento

R: Repetição; A1: água de abastecimento, A2: água cinza, B1: irrigação subsuperficial; B2: irrigação superficial.
Fonte: Lima (2022) –



Figura 12: Concepção dos APAIS's
Fonte: Lima, 2021



Figura 13: Imagem aérea da área experimental do plantio da BRS Capiacu em blocos, realizado pelo drone dji mini 2

Fonte: Vasconcelos, drone dji mini 2, 2022.

4.7 ESTATÍSTICA DESCRITIVA, ANÁLISE DE VARIÂNCIA, TESTE DE TUKEY A 95% DE CONFIABILIDADE

A análise descritiva dos dados (média \pm desvio padrão) foi realizada para todas as variáveis avaliadas na comparação entre: o tratamento nulo (somente água de abastecimento). Além disso, também foram calculadas as médias e desvio padrão para as variáveis: número de folhas vivas, número de folhas mortas, diâmetro do colmo, comprimento do limbo foliar e largura do limbo foliar. A análise descritiva permite conhecer melhor a população estudada, através das medidas de tendência central dos dados estudados como a média, além de explorar a variabilidade da população dentro de cada variável avaliada utilizando a estatística do desvio padrão (VIEIRA, 2011).

Na análise de variância (ANOVA) para testar a hipótese de que as variâncias dos tratamentos são iguais, aplicou-se o teste F unilateral com a hipótese alternativa que as variâncias dos tratamentos não sejam iguais (FERREIRA, 2000).

Utilizado para testar todo e qualquer contraste entre duas médias, nesse contexto o teste de Tukey é uma ferramenta recomendada para comparar dois ou mais grupos. O Teste proposto por Tukey é também conhecido como teste de Tukey da diferença honestamente significativa (honestly significant difference) (HSD) e teste de Tukey da diferença totalmente significativa (wholly significant difference) (WSD).

O teste de Tukey pode ser descrito como:

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QME}{n}}$$

Sendo:

q: amplitude total estudada, é função (I, graus de liberdade do resíduo da análise de variância e α);

QMR: é o desvio padrão residual do ensaio, ou seja, a raiz quadrada do quadrado médio do resíduo da análise de variância;

n: é o número de observações por tratamento.

4.8 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS AVALIADAS: diâmetro de colmos, altura de inserção da última folha, comprimento e largura da folha, massa fresca e massa seca.

O diâmetro de colmos a altura de inserção da última folha, o comprimento da folha, largura da folha, número de folhas vivas e mortas foram analisadas num intervalo de 10 e 10 dias, após 65 dias do plantio. Para a mensuração das variáveis utilizou-se um paquímetro digital, sendo quantificados aleatoriamente os diâmetros de três plantas da amostra, as medições foram realizadas na altura de inserção da primeira folha, nos dois sentidos do colmo devido a sua forma oval. A altura de inserção da última folha foi determinada com a utilização de uma trena métrica, sendo considerada a distância entre a superfície do solo e a inserção da lígula da última folha.

4.8.1 Diâmetro do colmo

O colmo foi avaliado depois de 50 dias do plantio, no intervalo de 10 dias em 10 dias, o colmo de três plantas aleatórias de cada bloco fora medido por meio de paquímetro digital. As medidas foram armazenadas em uma tabela preparada para anotar as informações coletadas em campo



Figura 14: Colmo da BRS Capiçu do experimento
Fonte: Autoria própria (2022)

4.8.2 Altura da inserção da última folha

As avaliações iniciaram-se com intervalo de 10 dias cada, sendo avaliadas três plantas aleatórias de cada amostra composta. A determinação foi realizada com o auxílio de trena métrica, medindo a distância entre a superfície do solo e o final da última folha visível.



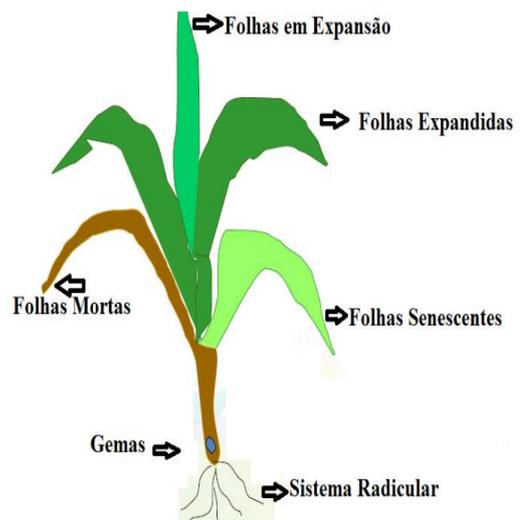
Figura 15: Avaliação Biométrica
Foto: Autoria própria (2022)

4.8.3 Altura, largura e número de folhas vivas e mortas

Para as avaliações das características individuais dos perfilho, em cada unidade experimental, nas amostras selecionadas foram feitas medidas a largura, o tamanho com uso de uma trena e contadas o número de folhas mortas e vivas.



A – Foto autoria própria



B – Ilustração Google

Figura 16: Ilustração do Perfilho
Fonte: A – Autoria própria; B - Autor 2022, Google, (2002)

4.8.4 Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS)

A massa fresca (MF) se deu a partir da pesagem total do capim cortado de início e logo após a sua pesagem total, usando um baldo para facilitar em uma balança de modelo digital da marca Trentin com peso máximo de 100 kg, peso mínimo de 0,400g, em seguida triturado em um triturador de resíduos orgânicos Trapp TR-200, por duas vezes para facilitar o tempo de secagem da BRS Capiacu, amostra de 100g recolhida do capim triturado.

A produção de MS foi determinada mediante corte e pesagem das plantas da área do experimento, foram retirados 100 gramas de cada amostra, colocados em um Becker de 600 ml e peso de 201.3g, pesados e levados à estufa de secagem Termostato modelo Medclave a 65° C até peso constante. A produção total de MS resultou da soma das produções obtidas em cada corte.

Segundo Alcântara (1986), A relação folha/colmo é de grande importância tanto para a nutrição animal como para o manejo das plantas forrageiras. Para o autor alta relação folha/colmo significa forragem de maior teor proteico, digestibilidade e consumo, capaz de atender às exigências nutricionais dos animais.

Todo esse processo de corte e tritura se deu para avaliar a produtividade de massa fresca e massa seca do capim BRS capiaçu irrigado de maneira superficial e subsuperficial com água de abastecimento e água cinza.

(A) BRS Capiaçú



(B) Pesagem na Balança de modelo digital da marca Trentin



(C) Triturador de resíduos orgânicos Trapp TR-200



(D) Pesagem da amostra em Becker de 600 ml



(E) Estufa Termostato modelo Medclave



(F) Secagem do capim na estufa



Figura 17: Processo e Equipamentos Usados na Tritura e na Secagem em Estufa da BRS Capiaçú
Fonte: Autoria própria (2022)

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com o Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada, publicado pela Agência Nacional das Águas em 2017, a agricultura irrigada se apresenta como o setor de maior consumo da água no Brasil (46%) e no Mundo (67%) (ANA, 2017b). Já na bacia Piancó-Piranhas-Açu, estima-se que os irrigantes são os principais usuários da água com aproximadamente 75% do total (ANA e FGV, 2018). Segundo os dados apresentados, isso configura em política de uso da água, com foco em novas tecnologia voltadas ao reúso e para suprimir o uso da água potável e sua escassez.

Durante o período do experimento as condições climáticas foi indicador importante no desenvolvimento morfológico da cultivar ao analisar os parâmetros biométricos da cultura não só dependente de fatores solo-água, e sim das condições ambientais. A temperatura média diária durante o período de condução do experimento com uma temperatura média em junho com mínima 22° e máxima de 37° C, julho com mínima 20° e máxima 30° C, agosto com mínima 20° e máxima 31°C e setembro com mínima 21° e máxima 32° C, o regime térmico apresentou oscilação com valores médios diários variando entre 21 a 31.5°C nos 90 dias.

A irrigação superficial e subsuperficial de água de reúso podem ser observadas a partir dos valores biométrico avaliados do capim a partir dos 50, 60, 70, 80 e 90 dias. Assim, o consumo médio de 40 litros de água por bloco, compreendendo o período de 14/06/2022 a 14/09/2022 com intervalo de 1 dia para a próxima irrigação, correspondeu a 1.800 litros ou 1.8 m³ por unidade experimental e 21.600 litros ou 21.6 m³ no experimento total.

A água cinza utilizada nas irrigações foi preparada diluindo-se a água de abastecimento coletada do sistema de tratamento da CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, no campus do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA-UFCG, município de Pombal, com condutividade elétrica de 254 ($\mu\text{S. Cm}^{-1}$) ou 0,25 dS m⁻¹.

Segundo AESA (2022), na figura a baixo, a cidade de Pombal chegou a registrar 54,60 mm no dia 04/08 do 2022, a maior precipitação pluviométrica no período da execução do experimento que teve início no dia 14/06/2022, seguida por 10,50 mm no dia 20/06/2022, 9,80 mm no dia 03/07/2022 e as demais precipitações inferiores a 3,30 mm no dia 21/06/2022 até o dia 14/09/2022 quando foi feito o corte do capim BRS capiaçu.

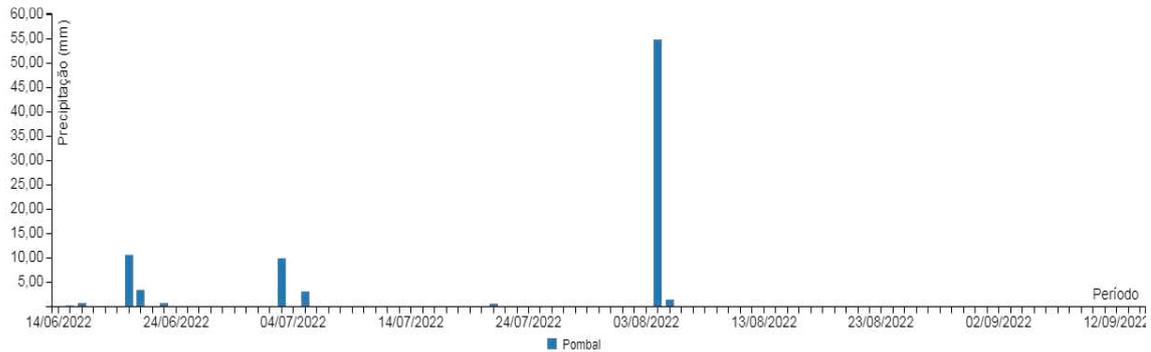


Figura 18: Distribuição Pluviométrica em Pombal no Período de 14/06 a 14/09 de 2022
Fonte: AESA, (2022)

O capim forrageiro da cultivar BRS Capiacu foi capaz de crescer com o mesmo vigor tanto quando irrigado com águas de abastecimento quanto com águas cinzas, apresentando valores semelhantes em quase todas as variáveis de crescimento ao longo dos 90 dias de cultivo. Houveram diferenças significativas entre as medidas apenas nos casos descritos abaixo na tabela 6.

A altura do perfilho foi significativamente maior quando o capim foi irrigado com águas cinzas aplicando-se o tipo de irrigação superficial aos 70 dias após o plantio, chegando em média a 112,3 cm, contra 91,0, 97,3 e 77,7 cm dos tratamentos com água de abastecimento subsuperficial e superficial e com água cinza superficial, respectivamente.

O capim desenvolveu diâmetro do colmo significativamente maior quando irrigado com superficialmente com água de abastecimento aos 90 de cultivo, atingindo 2,9 cm em média, comparado com 2,2, 2,4 e 2,6 cm dos capins tratados com de abastecimento subsuperficial e com água cinza superficial e subsuperficial, respectivamente.

A largura do limbo foliar sofreu influência significativa da interação entre os tipos de água e os tipos de irrigação aplicados aos 90 dias de cultivo ($F_c = 6,8$; $p = 0,0403$). No entanto, não foi possível identificar em quais tratamentos o capim apresentou melhor desempenho pois todas as comparações realizadas no desdobramento foram não significativas ($p > 0,05$). Esta variável apresentou maior média nos capins irrigados com água de abastecimento em irrigação superficial, 3,5 cm, e menor média no mesmo tipo de água com irrigação subsuperficial, 2,9 cm.

O capim Capiacu também foi capaz de desenvolvem a mesma quantidade de massa fresca e seca tanto sob irrigação com água de abastecimento quanto com águas cinzas sob os dois tipos de irrigação testados. Os maiores valores médios de massa fresca e seca ocorreram no tratamento com irrigação superficial de água de abastecimento.

Tabela 6. Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS Capiaçú irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial.

Variáveis	Água de abastecimento		Águas cinzas	
	Subsuperficial	Superficial	Subsuperficial	Superficial
50 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.8 \pm 1.3 a ¹	10.5 \pm 0.5 a	10.2 \pm 0.7 a	10.1 \pm 0.9 a
Número de folhas mortas	0.0 \pm 0.0 a	0.1 \pm 0.1 a	0.0 \pm 0.0 a	0.0 \pm 0.0 a
Altura perfilho (cm)	76.0 \pm 3.0 a	88.7 \pm 9.5 a	71.0 \pm 21.7 a	87.7 \pm 8.0 a
Diâmetro do colmo (cm)	1.7 \pm 0.2 a	1.6 \pm 0.3 a	1.8 \pm 0.1 a	1.8 \pm 0.1 a
Comprimento limbo foliar (cm)	58.3 \pm 5.9 a	64.7 \pm 2.9 a	62.3 \pm 2.3 a	62.7 \pm 7.2 a
Largura do limbo foliar (cm)	2.8 \pm 0.5 a	3.1 \pm 0.9 a	3.3 \pm 0.5 a	3.3 \pm 0.5 a
60 dias após o plantio				
Número de folha vivas	10.6 \pm 0.7 a	9.9 \pm 0.2 a	10.6 \pm 1.7 a	9.1 \pm 0.2 a
Número de folhas mortas	0.5 \pm 0.5 a	1.3 \pm 1.3 a	1.1 \pm 1.4 a	1.2 \pm 1.2 a
Altura perfilho (cm)	88.7 \pm 8.1 a	97.0 \pm 13.2 a	84.0 \pm 13.5 a	96.3 \pm 3.8 a
Diâmetro do colmo (cm)	1.9 \pm 0.2 a	1.9 \pm 0.1 a	1.9 \pm 0.2 a	1.9 \pm 0.3 a
Comprimento limbo foliar (cm)	66.7 \pm 4.7 a	73.3 \pm 5.1 a	67.3 \pm 14.2 a	73.3 \pm 2.1 a
Largura do limbo foliar (cm)	3.4 \pm 0.6 a	3.2 \pm 0.2 a	3.1 \pm 0.9 a	3.5 \pm 0.3 a
70 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.8 \pm 0.5 a	10.1 \pm 1.4 a	10.2 \pm 1.2 a	10.4 \pm 1.1 a
Número de folhas mortas	3.2 \pm 0.8 a	2.7 \pm 1.2 a	2.9 \pm 0.8 a	2.4 \pm 1.0 a
Altura perfilho (cm)	91.0 \pm 7.9 a	97.3 \pm 10.4 a	77.7 \pm 8.5 a	112.3 \pm 2.9 b
Diâmetro do colmo (cm)	2.2 \pm 0.3 a	2.2 \pm 0.3 a	1.9 \pm 0.3 a	2.2 \pm 0.3 a
Comprimento limbo foliar (cm)	63.7 \pm 2.5 a	70.7 \pm 8.4 a	64.0 \pm 15.1 a	75.3 \pm 2.5 a
Largura do limbo foliar (cm)	3.0 \pm 0.3 a	3.2 \pm 0.8 a	3.0 \pm 0.8 a	3.3 \pm 0.2 a
80 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.5 \pm 0.7 a	10.7 \pm 0.4 a	9.5 \pm 2.4 a	10.2 \pm 0.8 a
Número de folhas mortas	3.6 \pm 0.8 a	2.3 \pm 0.7 a	4.1 \pm 0.8 a	3.7 \pm 1.2 a
Altura perfilho (cm)	107.3 \pm 20.0 a	117.7 \pm 21.0 a	116.7 \pm 18.0 a	127.3 \pm 12.1 a
Diâmetro do colmo (cm)	2.1 \pm 0.1 a	2.3 \pm 0.2 a	2.1 \pm 0.4 a	2.4 \pm 0.1 a
Comprimento limbo foliar (cm)	81.0 \pm 16.4 a	72.0 \pm 9.2 a	65.7 \pm 13.3 a	78.3 \pm 4.7 a
Largura do limbo foliar (cm)	1.3 \pm 1.6 a	1.3 \pm 1.6 a	1.3 \pm 1.7 a	1.4 \pm 1.8 a
90 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.2 \pm 1.3 a	9.7 \pm 1.0 a	8.6 \pm 0.2 a	9.8 \pm 0.8 a
Número de folhas mortas	5.5 \pm 1.8 a	5.2 \pm 1.3 a	5.8 \pm 1.5 a	4.7 \pm 0.9 a
Altura perfilho (cm)	114.7 \pm 35.7 a	132.3 \pm 36.3 a	115.1 \pm 21.0 a	128.7 \pm 14.1 a
Diâmetro do colmo (cm)	2.2 \pm 0.4 a	2.9 \pm 0.4 b	2.4 \pm 0.2 a	2.6 \pm 0.1 a
Comprimento limbo foliar (cm)	71.7 \pm 14.4 a	77.7 \pm 8.0 a	71.1 \pm 8.4 a	73.8 \pm 8.0 a
Largura do limbo foliar (cm)	2.9 \pm 0.3 a	3.5 \pm 0.2 a	3.4 \pm 0.3 a	3.0 \pm 0.4 a

¹Letras semelhantes entre colunas representam diferenças não significativas de acordo com o teste de Tukey a 95% de confiabilidade.

Tabela 7 - Média e desvio-padrão (\pm) da massa fresca e seca de capim forrageiro cultivar BRS Capiaçú irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial 90 dias após o plantio.

Variáveis	Água de abastecimento		Águas cinzas	
	Subsuperficial	Superficial	Subsuperficial	Superficial
Massa Fresca (g)	4.9 \pm 4.0 a	7.5 \pm 4.2 a	4.4 \pm 3.3 a	6.7 \pm 2.3 a
Massa Seca (g)	5.1 \pm 4.2 a	7.9 \pm 4.1 a	5.1 \pm 3.4 a	5.2 \pm 2.1 a

¹Letras semelhantes entre colunas representam diferenças não significativas de acordo com o teste de Tukey a 95% de confiabilidade.

Portanto o resultado foi significativo nos seguintes intervalos, tipo de água, tipo irrigação e variável biométrica avaliada da cultivar BRS capiaçu, conforme a tabela abaixo.

Tabela 8 - Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS Capiaçú irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial aos 70 e 90 dias.

Variáveis	Água de abastecimento		Águas cinzas	
	Subsuperficial	Superficial	Subsuperficial	Superficial
70 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.8 \pm 0.5 a	10.1 \pm 1.4 a	10.2 \pm 1.2 a	10.4 \pm 1.1 a
Número de folhas mortas	3.2 \pm 0.8 a	2.7 \pm 1.2 a	2.9 \pm 0.8 a	2.4 \pm 1.0 a
Altura perfilho (cm)	91.0 \pm 7.9 a	97.3 \pm 10.4 a	77.7 \pm 8.5 a	112.3 \pm 2.9 b
Diâmetro do colmo (cm)	2.2 \pm 0.3 a	2.2 \pm 0.3 a	1.9 \pm 0.3 a	2.2 \pm 0.3 a
Comprimento limbo foliar (cm)	63.7 \pm 2.5 a	70.7 \pm 8.4 a	64.0 \pm 15.1 a	75.3 \pm 2.5 a
Largura do limbo foliar (cm)	3.0 \pm 0.3 a	3.2 \pm 0.8 a	3.0 \pm 0.8 a	3.3 \pm 0.2 a
90 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.2 \pm 1.3 a	9.7 \pm 1.0 a	8.6 \pm 0.2 a	9.8 \pm 0.8 a
Número de folhas mortas	5.5 \pm 1.8 a	5.2 \pm 1.3 a	5.8 \pm 1.5 a	4.7 \pm 0.9 a
Altura perfilho (cm)	114.7 \pm 35.7 a	132.3 \pm 36.3 a	115.1 \pm 21.0 a	128.7 \pm 14.1 a
Diâmetro do colmo (cm)	2.2 \pm 0.4 a	2.9 \pm 0.4 b	2.4 \pm 0.2 a	2.6 \pm 0.1 a
Comprimento limbo foliar (cm)	71.7 \pm 14.4 a	77.7 \pm 8.0 a	71.1 \pm 8.4 a	73.8 \pm 8.0 a
Largura do limbo foliar (cm)	2.9 \pm 0.3 a	3.5 \pm 0.2 a	3.4 \pm 0.3 a	3.0 \pm 0.4 a

¹Letras semelhantes entre colunas representam diferenças não significativas de acordo com o teste de Tukey a 95% de confiabilidade.

Pela análise, percebe-se que nos 50 primeiros dias da irrigação com água cinza, já se verificava uma não significância nos valores em relação a água de abastecimento e o manejo usado na irrigação superficial e subsuperficial no desenvolvimento do capim BRS capiaçu. Entretanto, torna-se oportuno destacar que somente a partir dos 50 dias com o início da avaliação biométrica com intervalo de 10 dias aos 60, 70, 80 e 90 dias o desenvolvimento da cultivar irrigada se deu com precisão em relação a água cinza.

Tabela 9 - Média e desvio-padrão (\pm) de seis variáveis de crescimento de capim forrageiro cultivar BRS Capiçu irrigado com água de abastecimento e águas cinzas e técnicas de irrigação subsuperficial e superficial aos 50 dias.

Variáveis	Água de abastecimento		Águas cinzas	
	Subsuperficial	Superficial	Subsuperficial	Superficial
50 dias após o plantio				
Número de folha vivas	9.8 \pm 1.3 a ¹	10.5 \pm 0.5 a	10.2 \pm 0.7 a	10.1 \pm 0.9 a
Número de folhas mortas	0.0 \pm 0.0 a	0.1 \pm 0.1 a	0.0 \pm 0.0 a	0.0 \pm 0.0 a
Altura perfilho (cm)	76.0 \pm 3.0 a	88.7 \pm 9.5 a	71.0 \pm 21.7 a	87.7 \pm 8.0 a
Diâmetro do colmo (cm)	1.7 \pm 0.2 a	1.6 \pm 0.3 a	1.8 \pm 0.1 a	1.8 \pm 0.1 a
Comprimento limbo foliar (cm)	58.3 \pm 5.9 a	64.7 \pm 2.9 a	62.3 \pm 2.3 a	62.7 \pm 7.2 a
Largura do limbo foliar (cm)	2.8 \pm 0.5 a	3.1 \pm 0.9 a	3.3 \pm 0.5 a	3.3 \pm 0.5 a

¹Letras semelhantes entre colunas representam diferenças não significativas de acordo com o teste de Tukey a 95% de confiabilidade.

O reúso de águas cinza domésticas na agricultura vêm sendo apontado como uma alternativa para atenuar o problema da escassez hídrica, sendo uma estratégia para redução da pobreza e desigualdade social para os agricultores do Semiárido (SOUSA et al., 2006).

5.1 AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DA ÁGUA CINZA

Segundo Asano (2002), o reúso de água já é uma realidade estabelecida em vários países que sofre com o baixo índice pluviométrico, de vários continentes do globo, sendo utilizada para fins diversos como a irrigação, de forma controlada, sem risco à população, inclusive para abastecimento de água potável, como ocorre na Namíbia, desde 1968.

No Brasil, é preciso seguir as normas e critérios de regulamento do reúso da água na agricultura, garantindo o uso sustentável da água na irrigação buscando evitar impactos negativos diretos ao solo, pois sabe-se que as águas cinza, apresentam elevado aporte de nutrientes, faz-se necessário conhecer o impacto da água nas características químicas do solo.

A análise da água de abastecimento e água cinza, feita no laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, campus de Campina Grande/PB, apresenta recomendações: água com salinidade média, podendo ser usado quando houver grau moderado de lixiviação, em solos com deficiência de drenagem, sendo classificada como Classe 2, segundo o laudo abaixo da LIS.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-P
Interessado: Aline Costa Ferreira Município: Pombal -PB Local: PIBIC - água cinza	No da Amostra: 11730 Data: 31/10/2022
ANÁLISE DE ÁGUA	
pH	6,77
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	713
Cálcio (meq L^{-1})	1,30
Magnésio (meq L^{-1})	1,29
Sódio (meq L^{-1})	3,48
Potássio (meq L^{-1})	1,17
Carbonatos (meq L^{-1})	0,00
Bicarbonatos (meq L^{-1})	2,28
Cloretos (meq L^{-1})	3,00
Sulfatos (meq L^{-1})	Presença
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	3,06
Classe de Água	C2
<p>Recomendação:</p> <p>C2 – Água com salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S. cm}^{-1}$, a 25°C): Pode ser usada sempre que houver grau moderado de lixiviação. em solos com deficiência de drenagem. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade</p>	



Lucia Helena Garófalo Chaves
 Chefe do Lis

Figura 19: Análise de água cinza
 Fonte: LIS, (2022)

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-P
Interessado: Aline Costa Ferreira Município: Pombal -PB Local: PIBIC - água abastecimento	No da Amostra: 11730 Data: 31/10/2022
ANÁLISE DE ÁGUA	
pH	7,72
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	254
Cálcio (meq L^{-1})	0,96
Magnésio (meq L^{-1})	1,21
Sódio (meq L^{-1})	0,86
Potássio (meq L^{-1})	0,21
Carbonatos (meq L^{-1})	0,00
Bicarbonatos (meq L^{-1})	1,58
Cloretos (meq L^{-1})	0,65
Sulfatos (meq L^{-1})	Ausência
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	0,83
Classe de Água	C2
<p>Recomendação:</p> <p>C2 – Água com salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S. cm}^{-1}$, a 25°C): Pode ser usada sempre que houver grau moderado de lixiviação. em solos com deficiência de drenagem. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade</p>	



Lucia Helena Garófalo Chaves
Chefe do Lis

Figura 20: Análise de Água de Abastecimento
Fonte: LIS, (2022)

A água cinza utilizada na irrigação, pode ser usada em plantas com moderadas tolerâncias aos sais que podem ser cultivadas, na maioria dos casos sem praticas especiais de controle da salinidade.

A classificação da água para agricultura é determinada por alguns parâmetros como os cátions: Na, Ca, Mg e K, os ânions: cloreto, carbonato, bicarbonato, sulfatos e as medidas de sólidos totais dissolvidos, Condutividade Elétrica, pH, razão de absorção de sódio (RAS), entre outros parâmetros.

Tabela 10: Principais Parâmetros para determinação da Qualidade da Água para Irrigação

Parâmetros	Unidade	Valor normal	Água de abastecimento	Água Cinza
Salinidade				
Condutividade	dS m ⁻¹	0-3	0,25	0,71
Cátions				
Cálcio	mmol/L	0-20	0,96	1,3
Magnésio	mmol/L	0-5	1,21	1,29
Sódio	mmol/L	0-40	0,86	3,48
Aníons				
Cloreto	mmol/L	0-30	0,65	3
Sulfato	mmol/L	0-20	Ausência	Presença
Carbonato	mmol/L	0-0.1	0,00	0,00
Bicarbonato	mmol/L	0-10	1,58	2,28
Nutrientes				
Potássio	mg/L	0-2	0,21	1,17
Outros Parâmetros				
Acidez	pH	0-3	7,72	6,77
Razão de Absorção do sódio	RAS ⁰	0-15	0,83	3,06

Fonte: Adaptado de Amorim et.al (2008)

Os parâmetros Cálcio e Magnésio (Ca e Mg), são estimados de forma associada por apresentarem efeito balanceador em relação ao sódio possuindo potencial de formar precipitados com bicarbonato e sulfato na água causando risco de entupimento das tubulações.

Já o Sódio (Na⁺), o seu aumento e concentração está relacionado ao lançamento de esgoto e efluentes industriais e também as condições geológicas da região sendo prejudicial para irrigação por ocasionar a infertilidade do solo, em relação ao experimento que o uso foi de água de abastecimento e água cinza, proveniente de banho, pia de banheiro e lavado de roupas de máquina de lavar roupa ou lavanderia, a sódio presente se apresentou dentro dos

limites segundo Amorim *et. al.*, (2008), podendo agora sofrer alguma influencia do solo classificado como salino sódico.

O Potássio é importante para a nutrição como fontes dissolução de minerais de vegetais em decomposição e escoamento agrícola, sendo rapidamente captado pelas plantas, de baixa concentrações nas águas superficiais sendo o seu valor de $0,21 \text{ meq L}^{-1}$ encontrado na água de abastecimento e $1,17 \text{ meq L}^{-1}$ na água cinza usadas na irrigação da BRS capiaçu, e não apresenta riscos à saúde.

Os ânions Cloreto (CO_3^{2-}), Sulfato (SO_4^{2-}) e Bicarbonato (HCO_3^-): pode causar danos em plantas sensíveis por meio de queimaduras nas bordas das folhas; o SO_4^{2-} provoca incrustações por deposito de sais, não sendo perceptível e não presentando nas folhas durante o período do experimento e ao consumo humano possui efeito laxativo quando em alta concentração e o bicarbonato também forma incrustações brancas pela precipitação do carbonato de cálcio nas folhas e frutos comprometendo o seu uso comercial.



Figura 21: Folhas da BRS Capiáçu em período de crescimento e avaliação biométrica.

Fonte: Acervo próprio do autor, 2022

Autores como: Falkiner e Smith, 1997; Queiroz *et al.*, 2004; Fonseca *et al.*, 2005; Medeiros *et al.*, 2005; Erthal *et al.*, 2010, quando o assunto é fertilidade do solo, em seus trabalhos eles tem relatado elevado nos valores do pH, CTC, saturação por bases e nas concentrações de P, K, Ca e Mg, em decorrência do aumento nas taxas de aplicação do

efluente no solo, mediante a fertirrigação com efluente de esgoto domésticos, e outros casos satisfatório a cultura da cana-de-açúcar, Gomes et al. (2009) avaliaram que a aplicação do efluente supriu totalmente a necessidade de adubação mineral para P e S, e Medeiros et al. (2008), ao estudarem a fertirrigação com água residuária no cafeeiro, observaram incremento de P, Ca e S nas folhas.

Se comparado com o nosso resultado com o reúso de água cinza na irrigação da BRS capiaçu não foi tão significativo em nutrientes e teor de matéria orgânica, segundo COHIM, (2007), a água cinza é bem eficiente na prática de reúso, visto que as mesmas apresentam alto volume, baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica de fácil degradação. Santos (2002), afirma que a água cinza é efetivamente uma medida de peso na ação de economia de água é que, por consequência, contribui para a busca da sustentabilidade hídrica.

De modo geral, a aplicação de águas cinza não causou impacto negativo ao solo durante o período de estudo. No entanto, é preciso e necessário o monitoramento ao longo do tempo, pois, de acordo com Fonseca et al. (2007) e Medeiros et al. (2008), o seu uso sem análise e monitoramento pode ocorrer alterações nas condições químicas do solo, tais como: diminuição dos teores de Al trocável e saturação de alumínio, elevação dos teores de N, P, K⁺, S, Ca⁺², Mg⁺², soma de bases, matéria orgânica, CTC, saturação por bases e micronutrientes.

Quando se aplica água salina no solo, sem um manejo adequado voltada a condução dos sais, podem ocorrer problemas futuros na permeabilidade do solo, alterando a fração argila diminuindo a taxa de infiltração da água, impedindo o desenvolvimento radicular da planta comprometendo o seu desempenho produtivo. Na verdade, como a nossa água de abastecimento e água cinza foi classificada com salinidade média, é preciso também ficar atento a problemas futuros que compromete a qualidade do solo, fazendo como propõe os autores acima citado monitorar esse solo.

FREITAS et al. (2007), em análises feitas em dois solos (Latosolo Amarelo distrófico e Espodossolo cárbico hidromórfico), encontrou alterações químicas afetados pela salinidade da água, na qual ocorreram aumentos dos teores de sódio e da RAS solo. Para USEPA (1992), os valores recomendados de RAS inferiores a 3 não causam nenhum prejuízo; já os entre 3 e 9 – que seria o caso da água de reúso utilizada neste experimento avaliado por Freitas et al. (2007), podem ocorrer prejuízos moderados. Já os valores acima, os prejuízos podem ser bem graves.

Portanto, o valor da RAS da água cinza presente no laudo do LIS – Laboratório de Irrigação e Salinidade - Análise de água, da UFCG, usada na irrigação do capim BRS capiaçu, foi 0,82 inferior a 3 não causando nenhum prejuízo para o solo.

Richards, (1954), classificou a água em quatro classes: C1, C2, C3 e C4, cujo critério é a concentração dos sais presentes na água, sendo o C1(CE <0,25 dS m⁻¹), apresenta baixa salinidade, podendo ser usada na irrigação na maioria das cultura e solo, C2(CE 0,25 – 0,75 dS m⁻¹), apresenta característica de água de média salinidade, na qual se enquadra a água de abastecimento e água cinza utilizadas na irrigação da cultivar BRS capiaçu, com valores CE 0,25 e 0,71.

A classificação proposta por Ayers e Westcot (1985) possuem apenas três classes, C1, C2 e C3, tendo como base quatro áreas problema que são: salinidade, infiltração, toxidade e diversos, colocando a nossa água na C1 com faixa de condutividade <0,7 dS m⁻¹, não apresentando risco para o seu uso.

Em relação a RAS, as águas são divididas em quatro classes, S1, S2, S3 e S4, o risco de sodificação é baixa, com valores de 0,83 na água de abastecimento e 3,06 na água cinza, utilizando o seguinte cálculo.

Razão de Adsorção Sódio

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Para chegar ao grau de sodificação, são utilizados parâmetros como o RAS e o Carbonato de sódio residual, expresso em meq/L, ajudam a determinar o grau de sodificação. Águas com valores até 1,5 meq/L não oferecem riscos de sodificação, sendo 0,83 o valor da RAS e Carbonato 0.00 da água de abastecimento. Já o valor 3,06 da RAS e 0,00 de carbonato na água cinza.

O carbonato ou bicarbonato em excesso, chega ocorre precipitação do cálcio e do magnésio, estando presente no solo o sódio nas suas formas adsorvida e como carbonato de sódio solúvel, sendo os valores calculados da água de abastecimento de -0,59 e na água cinza de -0,31, sendo seu grau de restrição de uso de leve a moderado de condutividade Elétrica - CEa de 0,7 - 0,2. Segundo Eaton 1950, a água para irrigação pode ser classificada de acordo com a concentração de “Carbonato de Sódio Residual” (CSR), determinada por:

$CSR = (CO_3^{-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$	$CSR = (CO_3^{-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$
$CSR = (0,00+1,58) - (0,96 + 1,21)$	$CSR = (0,00+2,28) - (1,30 + 1,29)$
$CSR = (1,58) - (2,17)$	$CSR = (2,28) - (2,59)$
CSR = - 0,59 – água de abastecimento	CSR = - 0,31 – água cinza

Segundo o cálculo da CSR a nossa água de abastecimento e água cinza recomendada para a irrigação, por ter valor de CSR inferior a 1,25 miliequivalente por litro.

O reúso de água quando aplicado em irrigação ajuda a resolver um grande problema chamado desperdício. Porém, conforme Souza (2004), essa carga de efluente bastante poluidora poderá ser transformada em recurso econômico ambientalmente seguro, desde que seja observada política criteriosa de reutilização de efluentes na agricultura. Dessa forma, pode-se reduzir a necessidade de uso de fertilização mineral, aumentando a qualidade de certas culturas.

5.2 ANÁLISE DE SOLO

As propriedades físicas do solo influenciam a função do ecossistema em relação a escolha adequada em relação ao manejo a ser adotado. A análise química e física do solo são imprescindíveis para o conhecimento e na escolha do manejo adequado do solo, em busca de alcançar elevada produtividade e qualidade do solo. portanto, o desempenho das espécies vegetais se dar por meio do movimento de água e solutos que estão relacionados às propriedades físicas do solo.

Na construção de uma casa, o seu alicerce faz diferencial na forma como determina a natureza das paredes, quartos e corredores. A estrutura do solo descreve a maneira como as partículas são agregadas. Esta propriedade, portanto, define a configuração do sistema poroso do solo e as suas características físicas e químicas.

A Área utilizada no experimento no CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, campus Pombal/PB, sua classificação textural foi arenosa, com uma porosidade de 47,58 %, sua granulometria foi de: areia 90,84%, Silte 6,83% e Argila 2,33% como mostra a tabela abaixo de Análise de solo, características Físicas.

O potencial hidrogeniônico (pH) é fator essencial na avaliação da fertilidade do solo. Quando o pH se apresenta com tendência ligeiramente alcalina, a cultura pode ser prejudicada

devido à baixa disponibilidade do fósforo e/ou dos micronutrientes como ferro, manganês, cobre e zinco. Portanto, com um pH H₂O de 7,21 esse valor chega a ser alcalino, e o pH no Extrato de Saturação de 6,78 sendo ácido como mostra a tabela de Análise de Solo - Fertilidade/salinidade, Malavolta, (1967), afirma que a faixa de pH ideal dos solos para a agricultura é entre 5,0 e 7,0. O pH em torno de 6,5 é o mais favorável para a maioria das culturas, mas é possível encontrar-se plantas que se desenvolvem, no nosso caso a cultivar BRS capiaçu se deu bem no solo e com a água cinza de pH 6,77 e água de abastecimento com pH de 7,72, estando o pH entre os valores aceitados segundo o autor. Para Malavolta (2006), a disponibilidade dos nutrientes essenciais às plantas está relacionada ao pH.

A CE expressa a salinidade do solo, que é um problema sério para agricultura nas regiões semiáridas. O nosso solo foi classificado como Salino sódico, sendo medianamente salino, sendo a CE (Suspensão Solo-água) de 1,03 e a Relação de Adsorção de Sódio - RAS igual a 10,12, esse solo segundo a Yan *et al.* (2015) em sua classificação de solos podem estar afetados por sais, que envolve a CE, o pH, a Razão de Adsorção de Sódio (RAS¹) e a condição física do solo, com os seguintes valores abaixo.

Quadro 6- Classificação dos solos afetados por sais (adaptado de Yan et al., 2015)

Classificação	CE _e (dS m ⁻¹)	pH	RAS ¹	Condição física
<i>Salino</i>	>4,0	<8,5	<13	Normal

Fonte: Yan et al., 2015

Quadro 7- Valores encontrados do solo utilizado para o experimento

Classificação	CE _e (dS m ⁻¹)	pH	RAS ¹	Condição física
<i>Salino</i>	1,03	6,33	10,12	Normal

Fonte: Adaptado de Yan et al., 2015

Segunda a adaptação de Yan, os valores do solo classificado como salino, dentro das normalidades exigidas a cultivar.

De acordo com (Sampaio et al. 1995), os solos dos estados nordestinos apresentam necessidade média de reposição de potássio. Autores como Malavolta (1992) e Pereira (1998), chegaram a encontrar o teor médio de potássio nos solos de Pernambuco é de 1,2 a 2,3 cmolc/dm⁻³. No solo do experimento foi encontrado o teor de potássio (K) de 0,11 meq/100g de solo. Antigamente, se usava meq/100 g de solo, para os resultados de pesquisa, e meq/100

cm³ de solo, para os resultados de análises do solo. O potássio (K) passa a ser expresso em 4,29 mg/dm³, 1,1 cmolc/dm³ ou mmolc/dm³, considerado baixo segundo os autores acima citados.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Aline Costa Ferreira Propriedade: PIBIC Localidade: Pombal - PB Nº da Amostra: 38165 Data: 04/11/2022	
	ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE		
Características Químicas	Profundidade (cm)		
Cálcio (meq/100g de solo)	2,40		
Magnésio (meq/100g de solo)	6,67		
Sódio (meq/100g de solo)	3,54		
Potássio (meq/100g de solo)	0,11		
S (meq/100g de solo)	12,72		
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00		
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00		
T (meq/100g de solo)	12,72		
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência		
Carbono Orgânico %	0,08		
Matéria Orgânica %	0,14		
Nitrogênio %	0,01		
Fósforo Assimilável mg / 100g	26,64		
pH H ₂ O (1:2,5)	7,21		
pH KCl (1:2,5)	---		
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	1,03		
pH (Extrato de Saturação)	6,78		
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)	6,33		
Cloreto (meq/l)	47,75		
Carbonato (meq/l)	0,00		
Bicarbonato (meq/l)	4,40		
Sulfato (meq/l)	Ausência		
Cálcio (meq/l)	7,62		
Magnésio (meq/l)	15,63		
Potássio (meq/l)	0,31		
Sódio (meq/l)	34,52		
Porcentagem de Saturação	28,33		
Relação de Adsorção de Sódio	10,12		
PSI	27,83		
Salinidade	Medianamente Salino		
Classe do Solo	Salino sódico		


Lucia Helena Garófalo Chaves
Chefe do LIS

Figura 22: Análise de Solo – Fertilidade/Salinidade
 Fonte: LIS, (2022)

Segundo (Carvalho, 1966; Ribeiro et al., 2003; Ribeiro et al., 2009), O processo de salinização natural ou salinização primária pode ser desencadeado por várias causas. O Acúmulo de sais provenientes de áreas circunvizinhas é a principal causa de salinização natural no semiárido nordestino, ocorrendo geralmente em áreas baixas, constituídas por Neossolos Flúvicos, Planossolos, Vertissolos, Gleissolos ou outros solos.

Segundo (Zimbck, 2003), em solos agrícolas o teor de matéria orgânica varia de 2 a 3%, não sendo esse o percentual encontrado na análise de Solo, em relação as características Químicas usado no experimento o percentual de matéria orgânica encontrada foi de 0,14% no solo, valor esse bem a baixo do valor citado por Zimbck, com baixo teor de matéria orgânica, valor esse na nova unidade, a matéria orgânica é expressa em 1,4 g/dm³, 1,4 g/kg. Segundo a Embrapa (2010) a função da matéria orgânica é melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, essa quantidade de matéria orgânica também está associada as características edafoclimáticas da região semiárida nordestina de altas temperaturas, chuvas irregulares e radiação direta em períodos longos de estiagem que promovem a rápida degradação dos resíduos orgânicos, contribuindo assim para baixos teores deste atributo do solo.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Aline Costa Ferreira Município: Pombal-PB Local: PIBIC N. da Amostra: 38165 Data: 07/11/2022		
	ANÁLISE DE SOLO			
Características Físicas	Profundidade (cm)			
Granulometria (%)				
Areia	90,84			
Silte	6,83			
Argila	2,33			
Classificação Textural	Areia			
Densidade do Solo g/cm ³	1,41			
Densidade de Partículas g/cm ³	2,69			
Porosidade %	47,58			
Umidade (% base solo seco)				
Natural	0,42			
0,10 atm				
0,33 atm	14,42			
1,00 atm				
5,00 atm				
10,0 atm				
15,0 atm	6,01			
Água Disponível	8,41			

Lucia Helena Garófalo Chaves

Lucia Helena Garófalo Chaves
Chefe do Lis

Figura 23: Análise de Solo
Fonte: LIS, (2022)

É perceptível a importância do controle e monitoramento da qualidade da água de reúso como água cinza em suas diferentes aplicações por meio da análise dos parâmetros físico químicos, especialmente para uso na irrigação, na intenção de minimizar os riscos e danos às culturas e solos irrigados,

O sistema desenvolvido pode ser considerado econômico e aplicável, pela simplicidade do método construtivo que visa atender as condições de custeio e aproveitamento da ÁGUA CINZA na irrigação, muitas vezes dispensada pelas tubulações sem rumo até o seu descarte final.

A irrigação com a água de reúso pode potencializar a economia e minimizar danos ambientais voltado ao desperdício, tornando regiões como a semiárida nordestina produtiva e sustentável, gerando maior rendimento das culturas com potencial produtivo de boa qualidade para a agricultura de subsistência e agricultura familiar, para suplementar a fonte de água de abastecimento, que se torna escassa em período prolongados de estiagem que vai agravando a cada ano.

O Trabalho demonstra que a cultivar BRS Capiacu apresenta maior produção de matéria seca a um custo menor em relação ao milho e a cana-de-açúcar em recurso forrageiro estratégico para utilização em áreas salinizadas; mostrando também que a sua potencialidade como alternativa alimentar para ruminantes em regiões áridas e semiáridas (Seagri, 2013).

O capim BRS capiaçu apresenta-se como alternativa em recurso forrageiro estratégico para utilização em áreas semiárida e salinidade controlada, como o uso da água cinza, uma alternativa de importância para o resuo na irrigação.

A preservação dos recursos hídricos, consociado a pratica do reúso de água cinza, pode superar a escassez e a ação poluidora causada pelo homem, em meio a um século de inovações tecnológicas e técnicas, com foco na relação homem/natureza, na garantia de uma melhor condição de vida sustentável no planeta.

O aumento do valor de alguns nutrientes e atributos do solo após a aplicação da água de reúso não alcançaram índices proibitivos da sua aplicação para uso agrícola.

A aplicação de água de reúso diminuiu a condutividade hidráulica do solo.

A RAS e PST são parâmetros que devem ser avaliados constantemente devido ao aumento de sais solúveis causados pela aplicação de água de reúso, evitando problemas futuros como salinidade e sódicidade do solo.

Pesquisas na área de reúso de água (cinza) para fins de irrigação vem aumentando, embora ainda escassas a sua aplicação na pratica no Brasil, especialmente por aqueles com reduzidos recursos financeiros e técnicas assistenciais. Nesse sentido, o resultado da pesquisa

experimental deve ser difundido e inserido nas comunidades rurais com agricultura sustentável e agricultura familiar para que as mesmas observem os benefícios por meio das experiências.

CONCLUSÃO

A irrigação da cultivar BRS Capiçu feita com água de abastecimento e água cinza de maneira subsuperficial nos blocos por meio de um cano de 100 mm, se deu satisfatória, observada que houve uma perda menor de água por evapotranspiração no solo, diferente do sistema de irrigação na camada superficial dos blocos que de maneira direta evaporava com mais facilidade, devido a influência de fatores externo como pressão e temperatura muitas vezes alta em período do ano na região semiáridas, localizada na região nordeste do país.

A altura do perfilho foi significativamente maior quando o capim foi irrigado com águas cinzas aplicando-se o tipo de irrigação superficial aos 70 dias após o plantio, chegando em média a 112,3 cm, o desenvolvimento do diâmetro do colmo foi significativamente maior quando irrigado com superficialmente com água de abastecimento aos 90 dias de cultivo, atingindo 2,9 cm em média.

Os resultados obtidos na pesquisa, apontam para itens de grande relevância como: conhecer as condições químicas e física do solo e da cultura que vai ser irrigada com a água cinza.

Os resultados permitem inferir que a tecnologia de reúso de águas cinzas é adequada economicamente à realidade agrícola no semiárido nordestino, uma vez que economiza água potável e tem o potencial de gerar renda promovendo economia, principalmente associada a irrigação subsuperficial através de um tubo de PVC de 100mm.

Dessa forma, o reúso da água cinza demonstra ser uma alternativa de baixo custo, que pode ser utilizado em regiões com escassez hídrica elevada e com populações de baixo poder aquisitivo residentes na zona rural.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A presente tese desenvolvida leva a sugerir seguintes trabalhos de pesquisas:

- ✓ Monitorar e caracterizar o uso de água cinza na irrigação em regiões de clima diferenciado com solos argiloso, siltoso.
- ✓ Avaliar o uso de água cinza em plantas ornamentais com diferentes concentrações de água cinza a 25%, 50% e 75% na irrigação.
- ✓ Avaliação econômica de estudo do custo de tratamento de água cinza.
- ✓ Criar sistemas práticos de irrigação com água cinza em frutíferas e forrageiras em região de escassez de hídrica.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos - PPGEP da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG e ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA/UFCG, Campus Pombal/PB, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

AL-ZOUBY, J. Y.; AL-ZBOON, K. K.; AL-TABBAL, J. A. Low-cost treatment of grey water and reuse for irrigation of home garden plant. *Environmental Engineering And Management Journal*, v. 16, n. 2, p.351-359, 2017

ANDRADE NETO, C.O. O que fazer com os esgotos tratados? *Infraestrutura urbana*, v. 9, p. 80, 2011.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/2022>. Acesso em 12 de out. 2022

AMORIM, J. R. A.; RESENDE, R. S.; HOLANDA, J. S.; FERNANDES, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. Albuquerque, P. E. P. de; Durães, F. O. M. (ed.). *Uso e manejo de irrigação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, capítulo 6, p.255-316, 2008.

ANA - Agência Nacional de Águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (Relatório). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, 2014.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas, p. 88. Brasília: ANA, 2017.

ANA^a. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas - ResumoExecutivo_livro.pdf>. Acesso em: julho de 2019.

ANA^b. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacaoUsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em: julho de 2019.

ANA e FGV. Análise de custo-benefício de medidas de adaptação à mudança do clima [recurso eletrônico]: trajetórias da aplicação na bacia hidrográfica dos rios Piancó - Piranhas-Açu / Escola de Administração de Empresas de São Paulo. Centro de Estudos em Sustentabilidade, Agência Nacional das Águas. –Brasília: ANA; São Paulo: FGV, 2018. Disponível em: <<http://mediadrawer.gvces.com.br/publicacoes-2/original/fgvces-acb-pianco-piranhas-acu.pdf>>. Acesso em: julho de 2019

ANDREOLI, C.V. Influência da Agricultura na Qualidade da Água. Curitiba. OPS. 15 p, 1993.

ALMEIDA, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ALMEIDA FILHO, P. C. de. **Avaliação das condições ambientais e higiênicosanitárias na produção de hortaliças folhosas no núcleo hortícola suburbano de Vargem Bonita, Distrito Federal.** Dissertação. (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental). Universidade Católica de Brasília, Brasília. 103p., 2008.

ALCÂNTARA, P.B. Origem das brachiarias e suas características morfológicas de interesse forrageiro: In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, Nova Odessa, 1986. Resumos. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986, p.1-14.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), Resolução ANA n° 82 24/04/2017

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1).

ASANO, T. Water from (waste) water – the dependable water resource. Water Science and Technology. v. 45, p 23-33, 2002.

BERNARDI, C.C. Reúso de água para irrigação. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – SEA-FGV Ecobusiness School, Distrito Federal, 2003.

BERNARDI, C.C. Reúso de água para irrigação. ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL (Monografía). Brasília, 2003.

BEZERRA, V. R., LIMA, C. A. P., MELO, V., ALBUQUERQUE, M. V., MONTERO, L.R. R. (2019). Reutilização de rejeito de dessalinizadores na Paraíba. *Mix Sustentável*, 5(1),105-116.

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; PIAZENTIN, J. C. Análise dos parâmetros da qualidade da água destinada a irrigação. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 12, n. 6, p.1-8, 1 dez. 2016.

BORTOLI, J. Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

BRASIL. CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC. 160 p. 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário – Agricultura Familiar: Primeiros resultados. Rio de Janeiro, p.1-267, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de mar, 2005.

BRASIL, Portaria de consolidação de nº de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: 24º Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2018, p. 180. Brasília, 2019.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº357/2005, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> acessado em 25 de julho de 2018.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº393/2007, de 8 de agosto de 2007. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=541>. Acessado em 25 de julho de 2018.

BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2008.

BRUNKEN, J.N. 1977. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Gramineae). Amer. J. Bot., 64: 161-176

BRUZANELLO, E. B., MARTINHAGO, M. W., ALMEIDA, M. M. &PINTO, F. G. S. Determinação de coliformes totais e termotolerantes na água do lago Municipal de Cascavel, Paraná – Nota científica, Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, set. 2008.

CAMPOS, José Nilson B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 28, n. 82, out./dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ChKDycNnwbM7ZFqMNH8wDjk/?lang=pt> Acesso em: 17 ago. 2022.

CARVALHO, W. INFOGRÁFICO: dados mostram panorama mundial da situação da água. 2016. Disponível em: Acesso em: 29 nov. 2019.

CARVALHO, L. G. O. Gênese de solos halomórficos. Rio de Janeiro: Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, Convênio MA/ DPFS-USAID/Brasil, 1966. 19p

CERQUEIRA, L. L.; Fadigas, F. de S.; Pereira, F. A.; Gloaguen, T. V.; Costa, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.12, p. 606-613, 2008.

COSTA, R. L. D., Torres, D. M., Gomes, J. T., & Silva, J. E. M. (2022). Tratamento de água cinza para reúso agrícola no semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 27, 1031-1040.

COSTA, D. M. A.; BARROS JÚNIOR, A. C. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. *Holos*, Ano 21, setembro/2005.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. D. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. & Alva, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(6), 687-693, 2009.

COUTO, E.A.; CALIJURI, M.L.; ASSEMAN, P.; SANTIAGO, A.F.; LOPES, L.S. (2015) Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative. *Journal of Cleaner Production*, v. 106, p. 372-379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.065>

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Uso da Água Cinza para fins não Potáveis: Um Critério Racional para Definição da Qualidade. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

CHARÃO, P. S., OLIVO, C. J. MEINERZ, G., PEREIRA, L. E. T., SCARAVELLI, L. F. B.; ZIECH, M. F.; BOTH, J. F., & DULLIUS, A. P. Valor nutritivo de pastagens de 21 capim-elfante manejadas sob sistema convencional e agroecológico. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.4, p.1092-1098, jul, 2008.

CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H. D.; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M. & SILVA, S. M. D. C. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer-Goiânia, 7(13), 2011.

DANTAS, Paulo Ricardo et al. Reúso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 62-68, 2019.

DE BORTOLI, J., Tonetto, J. F., TOLDI, M., ZERWES, C. M., SECCHI, M. I., CALDERAN, T. B., ... & de Santana, E. R. R. (2017). Qualidade da água de poços particulares do município de Encantado, Vale do Taquari-RS. *Revista Caderno Pedagógico*, 14(1). Recuperado de <http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1448/1177> (acessado em: 29 de jul.2019).

EATON, F. M. Significance of carbonates in irrigation water. *Soil Science*, v.69, p.123-33, 1950.

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. BRS capiaçu. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016.

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/421474/irrigacao-localizada-microirrigacao>2010>

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 1. ed. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882598>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ENDRESS, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge: Cambridge University Press. 511 p. FAO 2004. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture-the 28 international response. In: Freitas, B.M; Pereira, J.O.P. (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC. p. 115- 124. 285p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de uma Argissolo pela aplicação de água residuária da bovinicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500003>

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p, 1998.

FARIAS, S. A. R., **Unidade Tratamento de Água - Subunidade Tratamento de água residuária através de aeração por ar difuso**, 2018.

FARIAS, S. A. R., **Técnicas Integradas para Conservação de Recursos Hídricos no Semiárido**, 2016.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis* plantations. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 131-147, 1997.

FERREIRA, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. 3. ed. Maceió, AL: Edufal, 2000.

FERREIRA, A. C., **Unidade de Produção Agrícola Irrigada com Águas Cinzas de Lavanderia Pública no Semiárido Paraibano**. 2013. (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.

FERREIRA, A.C.; SILVA, V. F.; BARACUHY, J. G. V.; LIMA, V.L. A. Unidades de produção agrícola controlada no semiárido para o tratamento de água cinza. **Revista Verde**. v. 8, n.4, p.183 - 188, out-dez, 2013.

FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. A. Análise do índice de qualidade de água na bacia do córrego do rio acima, São João Del-Rei/MG. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 03, n. 15, p. 94-105. 2015.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19- 30, jan./mar. 2006.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M.; VICTÓRIA, R.L. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Scientia Agricola*, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTERS, C. R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron and heavy metals availability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, p. 1983-2003, 2005. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-200062542>

FREITAS, E.V.S.; Fernandes, J.G.; Campos, M.C.C.; Santos Freire, M.B.G dos. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v.7, n.1, 1º semestre, p.21-28, 2007.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. 1. ed. Brasília: 2014. 112 p.

GILAU, A.M.; SMALL, M. J. Designing cost-effective sea water reverse osmosis system under optimal energy options. *Renewable energy*, v. 33, n. 4, p. 617-630, 2018.

GOMES, K. R.; SOUSA, G. G. de; LIMA, F. A.; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de; SILVA, G. L. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus Annuus L.*) em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, v.20, n.4, p.680-693, 2015.

GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MOMTES, C. R.; SILVA, E.; SUNDEFED JÚNIOR, G. C.; DEON, M. D. et al. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAEE**, São Paulo, ano LX, p. 17-23, ago. 2009.

GOMES, N.C. de S. Quintal produtivo: análise de projeto multidisciplinar com enfoque no reaproveitamento de águas cinza. Mossoró. 2022.

GUILHOTO, J.J.M. AZZONI,C.R. ICHIHARA, S.M. Contribuição da agricultura e do agronegócio familiar para o PIB do Nordeste. *Rev. Econ. NE, Fortaleza*, v. 45, suplemento especial, p. 157-174, out./dez., 2014.

HENZE, M. & LEDIN, A., Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. New York, IWA Published, 2001.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. Reúso de Água. São Paulo. Ed. Manole: 2007. P. 37-95.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7. Nº 4. 75-95 p. Out/Dez 2002.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. *Estud. av.* vol.22 no.63. São Paulo, 2008.

HANSON, A.; ZACHRITZ, W., STEVENS, K., MIMBELA, L., POLKA, R., CISNEROS, L. Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. *Solar Energy*, v. 76, n. 5, p. 635-645, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/estrutura-territorial/15761-areas-dosmunicipios.html?=&t=o-que-e>. Acessado em: 04 de maio 2020a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeções e estimativas da população do Brasil e das unidades da federação. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acessado em: 27 de maio 2020b.

LIMA, J. O. G. de; FRANÇA, A. M. M.; LOIOLA, H. G. Implicações Hidroquímicas da Condutividade Elétrica e do Íon Cloreto na Qualidade das Águas Subterrâneas do Semiárido Cearense. *Revista Virtual de Química*, Ceará, v. 6, n. 2, p. 279-292, 2014.

LOURENÇO, J. C. (2019). *Gestão Dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Clube de Autores.

LUCENA, C. Y. D. S., dos Santos, D. J. R., da Silva, P. L. S., da Costa, E. D., & Lucena, R. L. (2018). O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. *Revista de Geociências do Nordeste*, 4, 1-17.

MANCUSO, P. C. S. Tecnologia de reúso de água. NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; NARDOCCI, A. C. Avaliação de riscos em reúso de água. FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO, P. C. S. Reúso de Água. São Paulo. Ed. Manole: 2007. P.403-430.

MACHADO, C.J.S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. *Ambiente & Sociedade – Vol. VI nº. 2 jul./dez. 2003*.

MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. 1 ed. São Paulo, 2006.

MALAVOLTA, E. 1992. Fertilizantes, corretivos e produtividade – mitos e fatos. XX Reunião Brasileira Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. p.89- 153. Dechen, A.R.; Boaretto, A.E. e Verdade, F.C. (coord.). Fundação Cargill. Campinas. 425p.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 2.ed. São Paulo: Biblioteca Agronômica Ceres, 1967. 606p.

MAY, S. (2009). *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

MAY, Simone. *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. 2009. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MENDONÇA, R. (2022). *Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade*. Editora Senac São Paulo.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p .603-612, 2005.

MEDEIROS J.C.; MAFRA A.L.; ALBUQUERQUE J.A.; ROSA J.D. & GATIBONI L.C. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico álico. *Semina: Ci. Agr.*, 19:93-98, 2008

MEDEIROS, T. F., da Silva, F. R., Morandi, E. R., Nascimento, P. C., Dutra, A. R. & Stachiw, R. (2016). Avaliação da qualidade de água de nascentes sob diferentes ocupações do solo. *RBCA*, 4(1), 14-28. Recuperado de <http://www.periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/784>(acessado: 18 dez.2021).

MEDEIROS , S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem domestica na agricultura: Estudo do Estado nutricional do cafeeiro. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200001>

MINOWA, C. et al. Reúso de água. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. *Água em Ambientes Urbanos*. São Paulo, 2007

MILLON, M. M.B. Águas Subterrâneas e Política de Recursos Hídricos. Estudo de Caso: Campeche. Florianópolis - SC. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2004.

MONTEIRO, R. C. M. Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reúso não potável. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2009.

MOTA, S. *Preservação e conservação de recursos hídricos*. 2ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MORETTI, C. L. Boas práticas para a produção de hortaliças. ***Horticultura Brasileira***, v. 21, n. 2, julho, 2003 – Suplemento CD.

MOURA, P.G.; ARANHA, F.N.; HANDAM, N.B.; MARTIN, L.E.; SALLES, M.J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 6, p 791-808, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>

OLIVEIRA, C. A; GERMANO, P. M. Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo, SP. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.26, p.283-289, 1992.

PASSOS, L.P. Estado do conhecimento sobre a fisiologia do capim elefante. In: SIMPOSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, 1994, Juiz de Fora. Anais... Coronel Pacheco: EMBRAPA CNPGL, p.12-56. 1994.

PAULA, Paulo *et al.* Composição bromatológica da silagem de capim- elefante BRS Capiaçú com inclusão fubá de milho. *PUVET*. v.14, n.10, a680, p.1-11, Out., 2020

PAULA, H. M. de, FERNANDES, C. E. Otimização do tratamento de água cinza a partir do uso combinado de coagulantes químicos. *Eng Sanit Ambient*. v.23 n.5. Catalão (GO). 2018.

PEREIRA, S.R. Solos afetados por sais. In: CAVALCANTI, F.V. de A. (Coord.). *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco*. 2 ed. Recife: IPA, 1998. p.76-82.

PEREIRA, A. V; LEDO, F. J.S; MORENZ,M. J. F; LEITE, J.L.B; SANTOS, A.M.B; MARTINS, C.E; MACHADO, J.C. BRSCapiaçú:cultivar decapim-elefante dealto rendimento paraprodução de silagem.Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2016.

QUEIROZ, K. B. Qualidade físico-química da água para irrigação ao meio a escassez no Maciço De Baturité-CE. *Mostra Científica em Biomedicina*, Baturité-CE, v. 1, n. 1, p.1-4. 2016.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 05, p. 1487-1492, 2004.

RAIN BIRD - "Irrigação com Água Reutilizada O que você precisa saber?" – Disponível em: < <https://www.rainbird.com.br/> > Acesso em: 15/11/2021

RAMOS, J. M. O. Uso da água residuária na adubação: Vantagens e limitações. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. v.10, p.1-20, 2007.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. *Estud. av.* vol.15 no.43 São Paulo Sept./Dec. 2001.

REBOUÇAS, J. R. L. et al. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Revista Caatinga*, v.23, p.97-102, 2010.

RICHARDS, L. A. Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos da America. 5. ed. México: Limusa, 1954. 172 p.

RIBEIRO, M. R.; Freire, F. J.; Montenegro, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S; Alvarez, V. H. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, p.165-208.

RIBEIRO, M. R.; Barros, M. F. C.; Freire, M. B. G. dos. Química dos solos salinos e sódicos. In: Melo, V. de F.; Alleoni, I. R. F. (ed.) Química e mineralogia do solo. Viçosa: SBCS, 2009, v. 2., Cap. 2, p.449-484

SANTOS, D. C. dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out/dez. 2002.

SANTOS, D. C.; ZABROCKI, L. Graywter characterization in resiductial Bullding to assess its potencial use. Curitiba: UFPR, 2003.

SANTOS, A. S. P. Et al. Capacidade de reúso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. *Revista SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade*, Rio de Janeiro, v.12, n. 13, p. 16 - 33, 2018. Disponível em < <http://revistas.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/133/39>>. Acesso em: julho de 2019.

SANTOS, C. G. F.; LIMA, V. L. A.; MATOS, J. A.; HAANDEL, A. C. V.; AZEVEDO, C. A. V. Efeito de uso de águas residuárias sobre a vazão de microaspersores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.577- 580, 2003. <http://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300028>.

SAMPAIO, C. (21 de fevereiro de 2022). Campanha da ASA busca doações para construir 1 milhão de cisternas no Semiárido brasileiro. Fonte: Brasil de Fato: <https://www.brasildefato.com.br/2021/10/01/campanha-da-asa-busca-doacoes-paraconstruir-1-milhao-de-cisternas-no-semiarido-brasileiro>

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M.; ALVES, G. D. Capacidade de suprimento de N e resposta à fertilização de 20 solos de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.20, n.1, p.269-279. 1995.

SAUTHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L.H.; COSTI, L.O.; ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; MAY, S.; BONI, S.S.N.; SCHMIDT, W. (2005) Conservação e Reúso de água em Edificações. São Paulo: Prol.

SEAGRI. Forrageiras halofitas na alimentação de ruminantes. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/bahia_agricola_v9_n2/5_pesquisa_agricola03v9n2.pdf. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

SILVA, A. B. C., Portes, A. C., de Faria, P. G. S., de Freitas Andrade, R. M., & Teixeira, C. A. (2016). Aproveitamento de água de chuva e reúso de água cinza em uma edificação comercial. *Revista Engenharia e Construção Civil*, 3 (1).

SILVA, S.C., FARIA, V. P. D. & CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagem de capim-elefante do Departamento de Zootecnia da ESALQ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 97- 112

SILVA, N. P.; JUNIOR, E. G.; CAMARGO, J. R.; CHAVES, C. A. Estudo técnico e econômico para implantação de reúso de água em uma estação de tratamento de efluentes sanitários de uma indústria eletrônica. Universidade de Taubaté – III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2006.

SILVA, Roberto Marinho Alves Da. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. *Revista Sociedade e estado*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 361-385, jan./dez. 2003.

SILVA, W. B. Os riscos no uso indiscriminado de agrotóxicos: uma contaminação invisível. *INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal – PB)*, v. 11, n. 1, p. 11-19, 2017.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, P. J.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.1, p.89-96, 2006.

SOUZA, N. G. de M.; SILVA, J. A. da; MAIA, J. M.; SILVA, J. B.; NUNES JÚNIOR, E. da 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, 2016

SOUZA, Claudinei F.; MATSURA, Edson E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 7-15, Abr. 2004.

SOARES, J. P. G., AROEIRA, L. J. M., PEREIRA, O. G., MARTINS, C. E., VALADARES FILHO, S. D. C., LOPES, F. C. F., & VERNEQUE, R. D. S. Capimelefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), sob duas doses de nitrogênio. Consumo e produção de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 4, p. 889-897, 1999.

TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas, SP.: Unicamp/FEAGRI, 2015 p. 2017.

UNEP/WHO. Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. Organização Mundial da Saúde. Genebra, 1996.

UNPD – UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Human Development Report 2019. Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century. 366p. New York-USA: UNPD, 2019.

USEPA. US Environmental Protection Agency. In: Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-92/004. Washington, 1992.

VITOR, C. M. T., FONSECA, D. D., CÓSER, A. C., MARTINS, C. E., NASCIMENTO JÚNIOR, D., & RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. Rev. Brasileira. Zootecnia. vol.38 n.3 Viçosa Mar. 2009.

WEBER, C.C.; CYBIS, L.F.; BEAL, L.L. (2010b) Reúso de água como ferramenta de revitalização de uma estação de tratamento de efluentes. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 2, p. 119-128.

YAN, N. et al. Influence of soil salinity and water content on soil microorganisms. International Soil and Water Conservation Research, v. 3, p. 316-323, 2015.

APÊNDICE

TABELA DE COLETAS DE DADOS BIOMÉTRICOS

DATA: / / 2022 **TRATAMENTO:**_____ **REPETIÇÃO:**_____

VARIÁVEIS ANALISADAS	P1	P2	P3	Média
Nº de folhas vivas				
Nº de folhas mortas				
Altura do Perfilho				
Diâmetro do Colmo				
Comprimento da lâmina foliar				
Largura da lâmina foliar				

*Colmo: Milimetro (mm);

*Altura: Comprimento, largura= metro, centímetro (m, cm)

*Equipamento: Paquímetro digital eletrônico, fita métrica flexível

DATA: / / 2022 **TRATAMENTO:**_____ **REPETIÇÃO:**_____

VARIÁVEIS ANALISADAS	P1	P2	P3	Média
Nº de folhas vivas				
Nº de folhas mortas				
Altura do Perfilho				
Diâmetro do Colmo				
Comprimento da lâmina foliar				
Largura da lâmina foliar				

DATA: / / 2022 **TRATAMENTO:**_____ **REPETIÇÃO:**_____

VARIÁVEIS ANALISADAS	P1	P2	P3	Média
Nº de folhas vivas				
Nº de folhas mortas				
Altura do Perfilho				
Diâmetro do Colmo				
Comprimento da lâmina foliar				
Largura da lâmina foliar				

DATA: / / 2022 **TRATAMENTO:**_____ **REPETIÇÃO:**_____

VARIÁVEIS ANALISADAS	P1	P2	P3	Média
Nº de folhas vivas				
Nº de folhas mortas				
Altura do Perfilho				
Diâmetro do Colmo				
Comprimento da lâmina foliar				
Largura da lâmina foliar				