

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE COMPLEMENTAR DE
NUTRIENTES NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

ROGÉRIO NOVAES DE SOUZA

CRUZ DAS ALMAS-BA

2018

**EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE COMPLEMENTAR DE
NUTRIENTES NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

Rogério Novaes de Souza
Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Coorientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz

CRUZ DAS ALMAS-BA
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S729e

Souza, Rogério Novaes de.

Efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes no cultivo de girassol ornamental em sistema hidropônico / Rogério Novaes de Souza._ Cruz das Almas, BA, 2018.

85f.; il.

Orientador: Hans Raj Gheyi.

Coorientador: Vital Pedro da Silva Paz.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

CDD: 635.953

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE COMPLEMENTAR DE
NUTRIENTES NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

Rogério Novaes de Souza

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi (Orientador)

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof. Dr. Alexandre Nascimento dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IF Baiano

Profa. Dra. Karoline Santos Gonçalves

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus meu divino criador;

Ao meu honrado Pai o Sr. Cesisnando, homem honesto e guerreiro;

À minha Mãe a Sra. Imaculada mulher batalhadora e acima de tudo vitoriosa;

Aos meus irmãos, Kaique e Ana Paula que sempre estiveram ao meu lado me dando forças para seguir em frente;

À minha esposa Laura que esteve ao meu lado em todos os momentos me motivando e deixando minha jornada menos árdua;

Agradeço ao meu orientador Hans Raj Gheyi, exemplo excepcional de ser humano, que sempre me motivou passando ensinamentos valiosos;

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização dessa etapa acadêmica;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Dr. Vital pelo apoio e contribuições ao trabalho;

Ao professor Dr. Tales Miler pelas contribuições ao trabalho;

Ao professor Dr. Lucas Velame pela grande contribuição ao trabalho;

À professora Dra Karoline Gonçalves pela enorme contribuição;

À todos que ajudaram na realização deste trabalho em especial, Rubem Cavalcante, Francisco Modesto, Marcelo, Lucas, Vitor Cerqueira e Edilson Bastos (Boi);

À todos que não foram citados, mas que contribuíram, de alguma forma, para a minha formação.

EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE COMPLEMENTAR DE NUTRIENTES NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL EM SISTEMA HIDROPÔNICO

RESUMO: A utilização de efluentes domésticos tratados na agricultura tem sido importante não apenas por servir como fonte de água, mas também de nutrientes para as culturas. O presente trabalho teve por objetivo estudar o uso de efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes na produção de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. cv. Anão de Jardim) no sistema hidropônico DFT em dois tipos de estruturas, sendo conduzidos dois Experimentos (I-bancada, II-pirâmide) simultaneamente em casa de vegetação no delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (T1 - solução nutritiva de Furlani a 100% preparada em água de abastecimento (controle), T2, T3 e T4 – solução nutritiva de Furlani a 100, 75 e 50% da concentração de nutrientes preparada em efluente doméstico tratado, respectivamente) e seis repetições, totalizando 24 parcelas experimentais, sendo cada parcela constituída de 15 plantas no Experimento I e 7 plantas no Experimento II. Aos 45 dias após o transplântio (DAT) no Experimento I houve efeito significativo para massa fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) para o tratamento a 50% da concentração de nutrientes na solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentando a menor média dentre eles. No Experimento II o tratamento controle apresentou a maior média diferindo significativamente dos demais. Para massa fresca (MFC) e seca do caule (MSC), os tratamentos T1 e T2 não diferiram entre si apresentando médias superiores aos demais tratamentos. Foi observado efeito significativo para o aparecimento do botão floral causado pelas diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva nos dois experimentos. Os tratamentos controle (T1) e com 50% da concentração de nutrientes na solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) não diferiram entre si, apresentando menor intervalo de dias para o aparecimento do botão floral. Verificou-se comportamento semelhante para a massa fresca (MFCAP) e seca do capítulo (MSCAP) em ambos os experimentos, tendo o tratamento controle (T1) expressado valores significativamente superiores aos demais tratamentos. A solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes preparada em efluente doméstico tratado (T4) proporcionou maior precocidade e maior diâmetro externo dos capítulos quando comparados às plantas dos tratamentos em que foram utilizadas 75 e 100% da concentração de nutrientes na solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 e T2). Os teores de cálcio e magnésio nas folhas e Ca no caule para o tratamento T4 no Experimento I apresentaram

reduções quando comparado ao tratamento controle. Quanto ao consumo hídrico, as plantas cultivadas em ambas estruturas (bancada e pirâmide) expressaram resultados semelhantes, sendo que as plantas cultivadas em solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes aos 40 DAT apresentaram o menor consumo hídrico, tanto na bancada quanto na pirâmide. Aos 15 DAT as plantas cultivadas em solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram a maior eficiência de uso de água (EUA) diferindo significativamente em relação aos demais tratamentos, enquanto aos 30 e 45 DAT o tratamento a 100% da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2) apresentou-se significativamente superior aos demais com as maiores médias para EUA. As diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva em efluente doméstico tratado proporcionaram crescimento e produção do girassol ornamental compatíveis com padrão de comercialização. Em ambas as estruturas (bancada e pirâmide) o tratamento com 50% da concentração de nutriente na solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4) proporcionou resultados das variáveis analisadas inferiores quando comparados aos outros tratamentos. Para as variáveis estudadas, em ambos os experimentos, os tratamentos T2 e T3 apresentaram cerca de 78% de concordância com variação de até 20% quando comparados ao tratamento controle. A estrutura do tipo bancada proporcionou resultados superiores quando comparado à estrutura do tipo pirâmide.

Palavras-chave: Reciclagem de nutrientes; Produção de flores; uso de efluente na agricultura.

TREATED DOMESTIC EFFLUENT AS A COMPLEMENTARY SOURCE OF NUTRIENTS FOR THE ORNAMENTAL SUNFLOWER CULTIVATED IN HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT: The use of treated domestic effluents in agriculture has been important not only for being as an extra source of water, but also as a source of nutrients to crops. The objective of this work was to study the use of treated domestic effluents as a complementary source of nutrients for the production of ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Anão Jardim) in the DFT hydroponic system in two types of structures. Two experiments (I- bench , II, pyramid) were conducted simultaneously in a greenhouse in the completely randomized design with four treatments T1 - nutrient solution of Furlani 100% prepared in supply water (control), T2, T3 and T4 - nutrient solution of Furlani with 100, 75 e 50% concentration of the nutrients prepared in treated effluent, respectively, and six replications, totalizing 24 experimental plots, each plot consisting of 15 plants in Experiment I and 7 plants in Experiment II. At 45 days after transplanting (DAT) in Experiment I there was a significant effect on fresh (MFF) and dry mass of leaf (MSF) for the treatment with 50% nutrient solution prepared in treated domestic effluent (T4), presenting the lowest mean among them. In Experiment II the control treatment presented the highest mean differing significantly from the others. For fresh mass (MFC) and dry matter of the stem (MSC), the treatments T1 and T2 did not differ between themselves presenting higher means in comparison to other treatments. Significant effect of treatments was observed for the appearance of the floral buds (ABF) of sunflower cv. Anão de Jardim caused by different concentrations of nutrient solution in the two experiments. The control treatment (T1) and with 50% of the nutrient solution in treated domestic effluent (T4), did not differ between them, presenting a smaller interval of days for the ABF. Similar behavior was observed for the fresh (MFCAP) and dry matter of chapter (MSCAP) in both experiments, and the control treatment (T1) was significantly superior than the other treatments. The nutrient solution with 50% concentration of nutrients prepared in treated domestic effluent (T4) provided greater precocity and greater external diameter of the chapters when compared to the plants of the treatments in which 75 and 100% of the nutrient solution in treated effluent (T3 and T2) was used in the experiments. Calcium and magnesium content in the leaves and Ca content in stem for the T4 treatment in Experiment I presented reductions in comparison to the control treatment. As for water consumption, plants grown in both structures (bench and pyramid) expressed similar results, and plants cultivated in nutrient

solution with 50% of nutrient concentration at 40 DAT presented the lowest water consumption, both in the bench and in the pyramid structure. At 15 DAT, the plants grown in nutrient solution with 50% concentration of nutrients in treated domestic effluent (T4) presented the highest water use efficiency differing significantly in relation to the other treatments, while at 30 and 45 DAT the treatment of 100% concentration of the nutrient solution prepared in treated domestic effluent (T2) was significantly superior to the others with the highest mean values for the water use efficiency. The nutrient solutions of different concentrations prepared in treated domestic effluent provided the growth and production of ornamental sunflower compatible with commercial standards. In both structures (bench and pyramid) treatment with 50% nutrient concentration in the solution prepared in treated domestic effluent (T4) provided results of the analyzed variables lower in comparison to the other treatments. In both experiments the treatments T2 and T3 for the studied variables presented results with about 78% of agreement, with maximum of 20% variation, when compared to the control treatment. The structure used in Experiment I (bench) provided superior results when compared to Experiment II (pyramid).

Keywords: Nutrient recycling; Flower production; use of effluent in agriculture.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Uso de água residuária na agricultura	18
2.1.1 Aplicação de efluentes domésticos na agricultura	19
2.1.2 Composição físico-química de efluentes domésticos tratados	21
2.2 Mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil	22
2.2.1 Girassol ornamental.....	22
2.3 Sistemas de cultivo hidropônico	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Caracterização do ambiente experimental.....	29
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	29
3.3 Estrutura experimental	29
3.4 Cultivar estudada.....	31
3.5 Águas utilizadas: Efluente doméstico tratado e água de abastecimento.....	31
3.6 Produção das mudas	33
3.7 Solução nutritiva.....	33
3.8 Manejo da solução nutritiva	34
3.9 Variáveis analisadas	36
3.10 Análise estatística dos dados	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Experimento I: Efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes no cultivo de girassol ornamental em sistema hidropônico DFT com estrutura tipo bancada.	39
4.2 Experimento II: Efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes no cultivo de girassol ornamental em sistema hidropônico DFT tipo pirâmide.....	59
5. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de diferentes efluentes domésticos	21
Tabela 2. Características do efluente doméstico tratado e da água de abastecimento utilizadas	31
Tabela 3. Composição da solução nutritiva padrão de Furlani utilizada nos experimentos ..	33
Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT)	39
Tabela 5. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo de altura de plantas (TCR_{AP}) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).....	41
Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCA_{DC}) e relativo de diâmetro de caule (TCR_{DC}) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).....	44
Tabela 7. Resumo da análise de variância para área foliar (AF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas aos 15 e 30 dias após transplântio (DAT).....	45
Tabela 8. Resumo da análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT)	48
Tabela 9. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT)	48
Tabela 10. Resumo da análise de variância das taxas de crescimento absoluto (TCA_{MSPA}) e relativo de massa seca de parte aérea (TCR_{MSPA}) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 15-30 e 30-45 dias após transplântio (DAT).....	50
Tabela 11. Resumo da análise de para aparecimento do botão floral (ABF) e abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas	51
Tabela 12. Resumo da análise de variância para massa fresca do capítulo (MFCAP), massa seca do capítulo (MSCAP), diâmetro interno (DI) e externo (DE) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita	53
Tabela 13. Resumo da análise de variância para teor de macronutrientes no tecido vegetal seco das folhas e caule de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.....	54
Tabela 14. Resumo da análise de variância para a variável consumo hídrico (CH) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT)	55

- Tabela 15.** Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT) 56
- Tabela 16.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) do girassol cv. Anão de Jardim cultivado sob diferentes soluções nutritivas aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT) 59
- Tabela 17.** Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo de altura (TCR_{AP}) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas nos intervalos de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT) 61
- Tabela 18.** Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCA_{DC}) e relativo de diâmetro de caule (TCR_{DC}) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas no intervalo no 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT)..... 63
- Tabela 19.** Resumo da análise de variância para área foliar (AF) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas aos 15 e 30 dias após transplântio (DAT)64
- Tabela 20.** Resumo da análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada sob diferentes soluções nutritivas aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT) 65
- Tabela 21.** Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT) 66
- Tabela 22.** Resumo da análise de variância taxas de crescimento absoluto (TCA_{MSPA}) e relativo de massa da parte aérea (TCR_{MSPA}) sob diferentes soluções nutritivas no intervalo de 15-30 e 30-45 dias após transplântio (DAT)68
- Tabela 23.** Resumo da análise de para aparecimento do botão floral (ABF) e abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas.....69
- Tabela 24.** Resumo da análise de variância para massa fresca do capítulo (MFCAP), massa seca do capítulo (MSCAP), diâmetro interno (DI) e diâmetro externo (DE) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.....70
- Tabela 25.** Resumo da análise de variância para Análise de macronutrientes no tecido vegetal das folhas e caule de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada com diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.....72
- Tabela 26.** Resumo da análise de variância para a variável consumo hídrico acumulado a cada 10 DAT (CH) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada sob diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT)..... 73
- Tabela 27.** Resumo da análise de variância para a variável eficiência do uso da água (EUA) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada sob diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).....74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema dos sistemas hidropônicos fluxo laminar de nutrientes - NFT (A) e técnica do fluxo profundo - DFT (B).....	26
Figura 2. Visão geral da casa de vegetação tipo geminada (A) e estrutura experimental hidropônica do tipo bancada (B).....	29
Figura 3. Vista frontal da casa de vegetação (A) e estrutura experimental tipo pirâmide (B).....	29
Figura 4. Flor de girassol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L. cv. Anão de Jardim).....	30
Figura 5. Vista geral da estação de tratamento de efluente com visão dos sistemas de decantação (A) e lagoa de estabilização (B).....	31
Figura 6. Plântulas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim em copos plásticos com substrato fibra de coco após germinação (A) e detalhe das plântulas após transferência para a estrutura hidropônica (B).....	32
Figura 7. Sistema de abastecimento contendo solução nutritiva acoplado ao perfil hidropônico do Experimento I (Bancada).....	34
Figura 8. Sistema de abastecimento contendo solução nutritiva acoplado ao perfil hidropônico do Experimento II (Pirâmide).....	36
Figura 9. Medidas do diâmetro interno (A) e externo (B) dos capítulos de girassol ornamental cv. Anão de Jardim.....	36
Figura 10. Altura de plantas do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas (SN) preparadas em água de abastecimento (AA) e efluente doméstico tratado (EDT).....	40
Figura 11. Diâmetro do caule do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas (SN) preparadas em água de abastecimento (AA) e efluente doméstico tratado (EDT).....	43
Figura 12. Massa seca da parte aérea do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas (SN) preparadas em água de abastecimento (AA) e efluente doméstico tratado (EDT).....	49
Figura 13. Resultados comparativos das variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas ordenados em diferentes classes.....	57
Figura 14. Altura de plantas do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas durante o ciclo cultural. SN – Solução nutritiva, AA – Água de abastecimento, EDT – Efluente doméstico tratado.....	60
Figura 15. Diâmetro de caule do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas durante o ciclo cultural.....	62
Figura 16. Massa seca da parte aérea do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas durante o ciclo cultural.....	67
Figura 17. Resultados comparativos das variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas ordenados em diferentes classes.....	75

Figura 18. Resultados comparativos dos tipos de estruturas hidropônicas (B – Bancada e P – Pirâmide) para as variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas, ordenados em diferentes classes.....75

1. INTRODUÇÃO

De acordo a Organização das Nações Unidas (ONU) em pouco tempo a escassez de água poderá acometer mais de dois terços da população mundial (SOUZA et al., 2013). O consumo de água, que hoje é de 4.500 bilhões de $\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$, atingirá 6.900 bilhões de $\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$ em 2030 (ERCIN e HOEKSTRA, 2014).

A porcentagem de água de boa qualidade que existe na natureza é finita e sua disponibilidade diminui gradualmente, em decorrência do aumento da população e degradação do meio ambiente (SOUZA et al., 2013). A falta de água poderá ocorrer em função de fatores, como por exemplo, em decorrência da baixa precipitação e da elevada demanda pelos setores agrícola, urbano e industrial, ainda que a maioria da água disponível integralmente seja utilizada na agricultura (WHO, 2013).

Existe uma urgente necessidade em se buscar novas possibilidades para o uso eficiente dos recursos hídricos, especialmente por parte do irrigante, pois o uso de água na agricultura é na grande maioria das vezes ineficiente, tendo apenas uma fração realmente utilizada para o crescimento das plantas, com o resto drenado ou perdido por evaporação (MIRATA e EMTAIRAH, 2014).

A utilização da água residuária na agricultura constitui um componente estratégico na gestão unificada dos recursos hídricos, tendo em vista que aumenta o volume da oferta e abastece com eficiência as demandas do setor, sendo que além do potencial hídrico, proporciona o aporte nutricional às culturas (ALVES et al., 2009; REBOUÇAS et al., 2010; SANTOS JÚNIOR et al., 2014b).

O planejamento e a utilização adequada de efluentes domésticos promovem menor demanda dos recursos hídricos primários, amortizando a geração de efluentes, se caracterizando numa solução eficiente para a conservação desse recurso natural (MEDEIROS et al., 2007). A utilização do esgoto tratado pode representar uma fonte de água e nutrientes disponível para aplicação na agricultura, principalmente durante os períodos de estiagem (SHAER-BARBOSA et al., 2014; CUBA et al., 2015). Outrossim, o reuso de água na agricultura incide em uma alternativa viável no combate a poluição das águas superficiais e subterrâneas (SOUZA et al., 2010).

Em consequência da crescente exigência do mercado consumidor e do elevado valor agregado das espécies ornamentais, ultimamente a floricultura é uma das atividades que cada vez mais se tem investido no progresso de tecnologia, tendendo à maximização do sistema de produção, especialmente em ambiente protegido (SILVA et al., 2009).

O cultivo do girassol como flor de corte vem aumentando nos últimos anos devido às suas várias possibilidades econômicas. Seu cultivo como planta ornamental é relativamente recente no Brasil e tem crescido gradualmente na Região Centro-Sul (MARINGONI et al., 2001; NEVES et al., 2005). A cultura possui elevado potencial ornamental, proporcionando qualidades desejáveis do ponto de vista agrônomo, como ciclo curto, ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, rusticidade e resistência à seca.

A cultivar de girassol ornamental Anão de Jardim destaca-se devido possuir altura de hastes variadas e belas inflorescências com cores diversas que variam do amarelo claro ao marrom, dependendo da variedade (ZOBIOLE et al., 2010).

A produção de girassol ornamental desperta elevado interesse dos produtores e investidores devido sua elevada rentabilidade, demanda por pequenas áreas, produção intensiva e um rápido retorno financeiro. No entanto, para que se obtenha a produtividade desejada, são necessárias águas em qualidade e quantidade suficientes para garantir a produção almejada, este fato é considerado como uma grande problemática para os produtores agrícolas devido a escassez dos recursos hídricos (OLIVEIRA et al., 2017).

A técnica do cultivo hidropônico possibilita a produção de espécies em pequenas áreas de maneira intensiva, utilizando baixos volumes de água e obtendo-se rápido retorno econômico, antecipando a produção e melhorando a qualidade dos produtos obtidos (FURLANI et al., 1999). Destaca-se como uma técnica que possui elevada eficiência no aproveitamento da água, tornando-se uma alternativa de produção viável, dentro de um contexto que vem sendo estudado por diversos pesquisadores e aplicado a diferentes culturas (SANTOS JÚNIOR et al., 2011; SILVA et al., 2011; LUZ et al., 2012.; SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A preferência do sistema hidropônico a ser empregado depende, entre outros fatores, do porte da espécie a ser cultivada e, especialmente, da disponibilidade e do custo dos materiais que poderão ser utilizados como substratos (SILVA, 2014). Os sistemas hidropônicos de produção de plantas ultimamente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptar às condições ambientais e socioeconômicas das distintas regiões de produção (ANDRIOLO et al., 2004; SILVA, 2014).

Outro ponto importante na estrutura utilizada, podendo ser convencional, com cavaletes de sustentação para os perfis hidropônicos tipo bancada utilizada por Silva et al. (2016), ou protótipos alternativos de baixo custo que proporcionam economia principalmente do espaço físico utilizado, como por exemplo estruturas em forma de pirâmide utilizada por

Santos Junior et al. (2016) na produção e pós-colheita de flores de girassóis ornamentais e coentro (Cavalcante et al., 2016) em que foram utilizadas estruturas com capacidade para 360 plantas de girassol ou 1020 de coentro em um espaço reduzido (8,40 m²).

Diante do abordado, o presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica do uso de efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes para a produção de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. cv. Anão de Jardim) em sistema hidropônico DFT em dois tipos de estruturas, bancada e pirâmide.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso de água residuária na agricultura

A expansão agrícola juntamente com o desenvolvimento industrial nas últimas décadas, vem ocasionando gradativas reduções na quantidade e qualidade da água disponível em todo planeta, (SILVA et al., 2015). Dessa forma, a busca por métodos que minimizem os desperdícios dos recursos hídricos, principalmente nos perímetros irrigados, são cada vez mais indispensáveis no combate à escassez de água e a degradação do meio ambiente (REBOUÇAS et al., 2010).

A agricultura brasileira consome cerca de 70% da água doce total disponível (CUBA et al., 2015). Em paralelo surge a necessidade de desenvolver opções para a reutilização de água de modo que minimizem os riscos de poluição ambiental e contaminação dos corpos hídricos (ALVES et al., 2014). Em muitas situações não é possível o seu reuso direto por se tratar de um uso consuntivo, em que a água utilizada na irrigação é evapotranspirada pelas plantas (WHO, 2013).

O uso de águas residuárias não é uma prática nova, no entanto, há um interesse crescente em relação ao seu uso principalmente na agricultura (ALBUQUERQUE JUNIOR et al., 2016). Com a diminuição das reservas de água doce no planeta e a crescente demanda de água para suprir os setores agrícola, industrial e o consumo humano, a prática da reutilização planejada ocasiona menor necessidade de captação dos recursos hídricos primários implicando na redução de efluentes, eliminação ou diminuição de custos para tratamento de efluentes e da descarga de efluentes não tratados em corpos d'água, estabelecendo deste modo uma estratégia eficiente na conservação desse recurso natural (MEDEIROS et al., 2007).

Segundo Neves (2012) a utilização de água de qualidade inferior, como por exemplo salinas ou residuárias, vem instigando interesse nas sociedades devido ao acentuado crescimento populacional e aumento da procura por um recurso hídrico alternativo para satisfazer as demandas da população em geral.

A aplicação de efluentes tratados na agricultura gera uma forma efetiva de controlar a poluição e uma excelente opção para aumentar a disponibilidade de água, desta forma, gerando maiores benefícios do reuso associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (LIRA et al., 2015). De acordo com Tundisi (2009) as civilizações dependem e irão depender cada vez mais das águas residuárias para sobrevivência. O reuso de água, sobretudo de efluentes domésticos, proporciona maior disponibilidade de nutrientes e matéria

orgânica para as culturas, pelo fato de possuírem elevada carga nutricional (SILVA et al., 2015).

2.1.1 Aplicação de efluentes domésticos na agricultura

O emprego de águas residuárias na agricultura constitui-se uma prática largamente pesquisada e aconselhada por vários pesquisadores e gestores de água como opção promissora no auxílio às demandas hídrica e nutricional das plantas (HERPIN et al., 2007). Segundo Andrade et al. (2012) a utilização agrícola de esgotos e biossólidos aumentou significativamente em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas de países em desenvolvimento devido à necessidade de maximizar a produção agrícola, especialmente de alimentos, sem a utilização de fertilizantes sintéticos.

Para Ribeiro et al. (2013) a utilização controlada de efluente doméstico tratado em sistema de irrigação eleva o crescimento de culturas e é condicionada a fatores inerentes ao solo, a cultura e aos aspectos sanitários e ambientais. Oliveira et al. (2013) aferindo o cultivo de moranga irrigada com efluente tratado observaram efeito significativo na produtividade, todavia sem afetar as propriedades físico-químicas dos frutos e, especialmente, a qualidade sanitária dos mesmos.

Andrade et al. (2015) em pesquisas com morfometria de plantas de girassol ornamental e atributos químicos de um solo irrigado com água residuária e adubado com esterco observaram que a aplicação de água residuária proporcionou incremento significativo na altura das plantas do girassol ornamental cv. Sol Noturno quando comparadas ao tratamento em que foi utilizada água de abastecimento.

Santos Junior et al. (2014a) em estudos com substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada com água residuária no crescimento do girassol cv. EMBRAPA 122-V2000 concluíram que mesmo com a diminuição de até 55% da concentração de NPK na solução nutritiva, o crescimento de plantas de girassol ornamental não foi afetado mantendo-se dentro dos padrões de comercialização.

Em estudos com crescimento e produção de girassol ornamental cv. Anão de Jardim irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária Oliveira et al. (2017) verificaram que a irrigação das plantas com água residuária favoreceu o desenvolvimento da cultura não afetando as características comerciais.

O reuso não planejado leva a doenças entéricas e infecções por parasitas que inviabilizam a atividade (OLIVEIRA, 2015). Para que seja uma opção viável, a prática do

reuso de água na agricultura deve considerar critérios que asseguram a segurança alimentar e a viabilidade econômica (MARA et al., 2010).

A utilização de águas residuárias pode contaminar o ar, os solos e as plantas da área vizinha aos perímetros irrigados (NUVOLARI, 2003; LIRA et al., 2015). O grau desta contaminação está diretamente relacionado ao tratamento que a água residuária receberá, às condições climáticas e ao sistema de irrigação utilizado (LIRA et al., 2015).

Diversos países situados em regiões áridas e semiáridas tem incluído a reutilização da água no planejamento de recursos hídricos, tendo em vista que a escassez de água de boa qualidade limita o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (MEDEIROS et al., 2007).

No México, 45.000 L por segundo de esgoto gerados são misturados diariamente, com águas pluviais, sendo a mistura conduzida por meio de canais com extensão de 60 km, para irrigação de 80.000 ha cultivados com cereais e forragens (BASTOS et al., 2003). Na Austrália o emprego do efluente doméstico tratado proporcionou aumento de 45% da produção em uma área de cerca de 600 ha cultivadas com cana-de-açúcar (BERTONCINI, 2008).

Segundo Monte e Albuquerque (2010) em Portugal o uso de esgoto doméstico na agricultura tem sido a principal aplicação do reuso, sendo que os principais projetos de reuso agrícola em pomares e vinhedos estão no sul do país, utilizando os efluentes de tratamento terciário o que consiste na desinfecção dos efluentes, para remoção de organismos patogênicos e nutrientes como nitrogênio e fósforo. O alto nível desses nutrientes pode facilitar o crescimento em excesso de algas e cianobactérias.

O emprego de efluentes domésticos tratado já é fato em diversos países, como por exemplo, em Israel, onde essa prática é conduzida e fiscalizada por meio de legislação, representando 65% da irrigação agrícola com efluente sanitário tratado (CAPRA e SCICLONE, 2004; BERTONCINI, 2008).

A prática do reuso no Brasil, especialmente no cultivo de hortaliças e de algumas culturas forrageiras é, de certa forma, difundida, entretanto, essa técnica vem se desenvolvendo sem uma institucionalização adequada (OLIVEIRA, 2015).

Damasceno et al. (2011) estudando a composição nutricional foliar da gérbera irrigada com efluente doméstico obtiveram efeitos positivos para o comprimento da haste e o número de flores produzidas pela planta, sendo este fato bastante almejado para flores de corte, chegando a conclusão que é possível a fertigação da referida cultura utilizando efluente doméstico com ou sem suplementação mineral em ambiente protegido. Os autores também pesquisaram a composição elementar de folhas de gérberas e concluíram que a irrigação

utilizando apenas o efluente tratado supriu as necessidades nutricionais das plantas comprovando a importância do reuso para produção de flores de corte.

2.1.2 Composição físico-química de efluentes domésticos tratados

Na Tabela 1 está apresentado o comparativo dos teores de nutrientes encontrados nos efluentes domésticos tratados de locais pesquisados por distintos autores.

Tabela 1. Composição química de efluentes domésticos tratados.

Componentes	Unidades	Kiziloglu et al. (2008) ¹	Santos (2010) ²	Santos Junior et al. (2014) ³	Oliveira et al. (2017) ⁴
pH		8,55	7,76	7,20	7,16
CE _a	dS m ⁻¹	1,81	0,53	1,44	1,00
P	mg L ⁻¹	6,40	4,24	9,00	0,05
K ⁺	mg L ⁻¹	60,00	11,62	31,10	29,32
N	mg L ⁻¹	1415,00	25,81	49,94	21,85
Na ⁺	mg L ⁻¹	205,00	57,19	186,00	138,0
Ca ²⁺	mg L ⁻¹	55,00	5,64	47,80	15,00
Mg ²⁺	mg L ⁻¹	48,00	8,00	28,30	18,96
Cl ⁻	mg L ⁻¹	7,10	NI	305,30	175,83
SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	Ausente	NI	40,40	Ausente
CO ₃ ²⁻	mg L ⁻¹	2,10	NI	NI	Presente
HCO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	7,12	NI	NI	238,51

¹Erzurum- Turquia; ²Cachoeira- BA; ³Campina Grande- PB; ⁴Muritiba- BA; NI – não informado.

Os efluentes domésticos são ricos em nutrientes com elevado potencial para utilização na irrigação (ALDERSON et al., 2015; MALAFAIA et al., 2016). Os esgotos são caracterizados em função do seu uso, variando com o clima, a situação sócioeconômica e os hábitos da população (KONG et al., 2015). São compostos por aproximadamente 99,9% de água. A parte remanescente engloba sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos (SANTOS et al., 2011b). As substâncias orgânicas existentes nos esgotos são compostas especialmente por proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, ureia, surfactantes, fenóis e pesticidas (PETOUSI et al., 2015). Pesticidas juntamente com outros compostos orgânicos empregados na agricultura são fontes potencial de poluição e toxicidade à microbiota do solo e aquática (FELIX et al., 2007; SILVA, 2017).

A presença de nutrientes tais como nitrogênio, fósforo e potássio tem sido vista como uma das grandes vantagens da utilização de esgoto sanitário na fertigação de culturas agrícolas (ALDERSON et al., 2015; BATASTONE et al., 2015; MALAFAIA et al., 2016).

O reuso se destaca como uma excelente alternativa para minimizar problemas provocados pela escassez hídrica e de certa forma diminuindo o consumo de água doce para diversos fins (ALVES et al., 2009). Esta técnica é largamente indicada por diversos pesquisadores para suprir as demandas hídrica e nutricional das plantas, reduzindo ou mesmo eliminando a necessidade de fertilização química (HERPIN et al., 2007).

2.2 Mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de flores e plantas ornamentais, apresentando faturamentos expressivos para o setor nos últimos anos, compreendendo R\$ 5,7 bilhões em 2014, R\$ 6,2 bilhões em 2015, R\$ 6,65 bilhões em 2016 e aproximadamente R\$ 7,2 bilhões em 2017 (SEBRAE, 2016). Esse mercado responde positivamente à oferta de novas espécies e variedades, incentivando desta forma as pesquisas de melhoramento (CAMPOS et al., 2016).

Em termos macrorregionais o Sudeste seguiu concentrando a maior parcela do número total de produtores, acumulando 53,3% do total contabilizado; na sequência da ordem relativa de grandeza decrescente vieram as regiões Sul, com 28,6% de participação, Nordeste, com 11,8%, Norte, com 3,5% e, finalmente, Centro-Oeste, com 2,8% (JUNQUEIRA e PETZ, 2014).

O mercado de flores emprega, em média, de 15 a 20 trabalhadores por hectare e gera de 50 a 100 mil reais por hectare ano, por outro lado a fruticultura na mesma área produz em média 5 empregos e gera aproximadamente 20 mil reais por hectare (NEVES e AMARAL, 2007).

O setor da floricultura e plantas ornamentais no Brasil tem vivenciado expressivas alterações nos últimos anos. Devido ao aprimoramento estrutural na cadeia produtiva, o setor vem se adequando cada vez mais às exigências do mercado externo, com consumo superior e preços mais altos quando comparados a preços praticados no Brasil, aperfeiçoando as expectativas relacionadas à exportação desses produtos (ANEFALOS e CAIXETA FILHO, 2007).

2.2.1 Girassol ornamental

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é originário do continente da América do Norte, sendo uma planta que se adapta a diversas condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada

em qualquer lugar do Brasil (SILVA et al., 2014). Pertencente à família Asteraceae, a cultura ganha importância nos mercados das flores e plantas ornamentais devido à beleza de sua inflorescência, possibilidade de arranjos florais, ou como flores de corte para buquês (BALDOTTO e BALDOTTO, 2015).

A produção de girassol ornamental chama bastante atenção dos produtores e investidores pelo fato de apresentar alta rentabilidade, possibilidade de cultivo em pequenas áreas, produção intensiva e rápido retorno do capital investido. Apesar disso, é necessário que se tenha o fornecimento de água em quantidade e qualidade satisfatórias para o bom desenvolvimento da cultura, o que vem sendo considerado um grande desafio para os produtores agrícolas devido à carência dos recursos hídricos (OLIVEIRA et al., 2017).

A expansão do cultivo de girassol ornamental também está relacionada à facilidade de programação e comercialização, o ciclo de crescimento curto e a adaptabilidade da planta a diferentes condições ambientais, podendo assim tornar-se uma nova fonte de renda para os pequenos agricultores, pois não exige grandes áreas nem mão de obra especializada (CURTI et al., 2012).

O girassol ganhou nos últimos anos, destaque como planta ornamental na produção de flores de corte e de vaso (SCHOELLHORN et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2013), sendo na maioria das vezes utilizado como planta ornamental de decoração, uma vez que sua forma exótica juntamente com a coloração intensa de suas flores conferem ambientes vivos e dinâmicos nas paisagens (ANDRADE et al., 2012).

Devido a sua elevada durabilidade pós-colheita é comercializado tanto em floriculturas quanto via internet sendo utilizado em eventos sociais, congressos, conferências e cerimônias de casamento (SANTOS JUNIOR et al., 2014a). Dentre as flores tropicais, destaca-se por possuir altura de hastes variadas e belas inflorescências com cores diversas que variam do amarelo claro ao marrom, dependendo da variedade (ZOBIOLE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017).

As variedades cultivadas como flor de corte são obtidas por meio de cruzamentos e seleções concretizadas pelos geneticistas e, em alguns países, já estão disponíveis cultivares com “flores” dobradas, livres de pólen e com cores variadas (RICE, 1996; NEVES et al., 2005). A cultivar de girassol Anão de Jardim é considerada de pequeno porte (altura média entre 40 e 50 cm), possui inflorescências de cor amarela e um ciclo de no máximo 60 dias no verão (OLIVEIRA, 2015).

Na região Nordeste tem-se procurado aprimorar práticas de cultivo do girassol que possibilitam a viabilização e exploração sob técnicas racionais e econômicas, especialmente,

por se tratar de uma planta de elevada demanda nutricional (SOUZA et al. 2010). Contudo, apesar do avanço obtido, ainda são necessárias informações particulares sobre o manejo da cultura, incluindo a adubação orgânica e a possibilidade de utilização de águas residuárias (REBOUÇAS et al., 2010).

Em relação à demanda nutricional da cultura do girassol, o nitrogênio e o boro, são os nutrientes mais importantes, sendo o nitrogênio o elemento que mais limita sua produção, acarretando numa redução de até 60% na produtividade em consequência da sua deficiência (SANTOS JUNIOR et al., 2014b).

Conhecer a necessidade nutricional e sua distribuição na planta, em cada estágio de desenvolvimento, assim como a percentagem exportada pela colheita e presente nos resíduos restituídos ao solo, são informações importantes que podem auxiliar no programa de adubação da cultura. Dessa forma é possível estabelecer de maneira eficiente a quantidade de nutriente a ser disponibilizado nos distintos estágios fisiológicos da cultura (VILLAS-BOAS, 2001; SANTOS et al., 2010).

No Brasil, existe uma ampla ausência de informações referente à nutrição mineral, calagem e adubação da cultura do girassol, nas diferentes regiões produtivas (CÂMARA, 2003; GAZZOLA et al., 2012).

Segundo Gazzola et al. (2012), os elementos essenciais para a produção do girassol são: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Os três primeiros elementos são fornecidos pela água e ar, representando cerca de 95% da massa da matéria seca das plantas, incluindo-se os aquênios. Dentre os macronutrientes, os primários são os mais absorvidos e os problemas de deficiência nutricional frequentemente estão relacionados a eles ou ao boro.

O Nitrogênio (N) é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Ele faz parte de proteínas, ácidos nucléicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo membrana e diversos hormônios vegetais (LOBO et al, 2011).

O N representa 78% dos gases da atmosfera na forma de N_2 , entretanto esta forma é inerte. Apesar dessa abundância, as plantas só conseguem absorver este elemento por meio de forma que a torne disponível como a fixação biológica, através de bactérias fixadoras de N, ou industrial (SOUZA; FERNANDES, 2006).

O fósforo (P) é um macronutriente essencial e que com frequência encontrasse limitante no solo. É importante no metabolismo vegetal, pois compõe compostos orgânicos e participa diretamente nos processos de transferência de energia na forma de ATP e ADP,

síntese de ácidos nucléicos, ativação e desativação de enzimas (EPSTEIN & BLOOM, 2004), e é componente dos fosfolipídios que integram as membranas vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pela planta (atrás apenas do nitrogênio), atuando para aumentar a resistência da planta à seca, às doenças, e ao acamamento, uma vez que confere maior rigidez à haste do girassol. Também atua na regulação da pressão osmótica e na translocação dos fotossintetizados na planta (CÂMARA, 2003).

Sua carência resulta em menor crescimento da planta (SANCHEZ, 2007), reduz o número de folhas e a expansão de sua área (FURLANI, 2004), retarda o florescimento (MALAVOLTA et al., 1997), promove a senescência precoce das folhas mais velhas, prejudica o enchimento dos aquênios e pode resultar num menor rendimento e teor de óleo (ROSSI, 1998).

O Boro (B) é dentre os micronutrientes, o que tem causado com mais frequência problemas nutricionais no girassol. EPSTEIN & BLOOM (2004), destacam entre as funções mais importantes do B na planta as relacionadas com a estrutura da parede celular e com substâncias pécticas associadas a ela, especialmente na lamela média.

O conhecimento dos aspectos nutricionais do girassol é fundamental para ter sucesso no seu cultivo, entre esses aspectos, a marcha de absorção dos nutrientes é essencial para definir as estratégias de adubação da cultura.

Devido à alta mobilidade do P no tecido vegetal, os sintomas de deficiência são expressos inicialmente nas folhas mais velhas apresentando coloração verde escura que se desenvolvem para um vermelho arroxeadado (MARSCHNER, 1995), as quais podem encontrar-se mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto (TAIZ & ZEIGER, 2006).

Os diâmetros do caule e do capítulo juntamente a altura de plantas são as variáveis que determinam o valor comercial da planta de girassol ornamental (OLIVEIRA, 2010; ALVES et al., 2014). O diâmetro do caule é um atributo bastante importante para o girassol, pois proporciona diminuição do acamamento da cultura e facilita seu manejo, tratos culturais e colheita (BISCARO et al., 2008; ALVES et al., 2014) além de proporcionar maior sustentação ao capítulo.

2.3 Sistemas de cultivo hidropônico

Dentro do conjunto da cadeia produtiva de um produto rentável como a floricultura, os cultivos hidropônicos reduzem as dificuldades e elevam a rentabilidade média mensal dos agricultores (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

No contexto da necessidade de pesquisas e estudos para viabilizar o reuso da água, a hidroponia surge como técnica de aproveitamento dos efluentes, podendo proporcionar como vantagens, a redução do lançamento de efluentes em cursos d'água, redução dos custos com tratamentos de efluentes e a ciclagem dos nutrientes que não foram totalmente eliminados no processo de tratamento utilizado (CUBA et al., 2015).

Nestes sistemas as plantas têm um crescimento ininterrupto, o que encurta o ciclo de produção, havendo a possibilidade de maior número de ciclos por ano, aumentando a produtividade anual da cultura, com menor gasto de água, insumos agrícolas e mão de obra (PAULUS et al., 2010; SILVA et al., 2016).

Os cultivos hidropônicos agrupam várias vantagens, como possibilidade de cultivo em áreas pequenas, redução no consumo de água pela cultura, permanência do homem no campo e diminuição dos riscos originados das variações climáticas, possibilitando o emprego de águas de qualidade inferior, como por exemplo, salinas e residuárias no processo produtivo (SANTOS JÚNIOR et al., 2011).

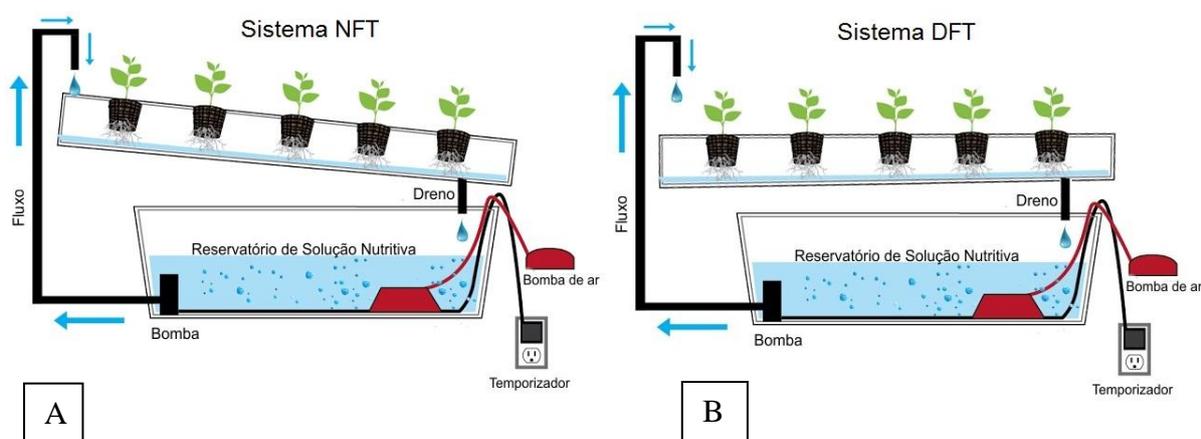
A técnica permite que as plantas se desenvolvam fixadas em substrato ou em canais de cultivo por onde circula uma solução que contém os nutrientes necessários ao desenvolvimento das mesmas (SILVA, 2014). Esta deve manter suas características físico-químicas, necessitando assim de um controle apropriado do pH e da condutividade elétrica, com o intuito de manter seu equilíbrio e proporcionar as melhores condições de crescimento para as plantas (LUZ, 2008; SILVA, 2014).

Atualmente a técnica da hidroponia pode ser praticada por diversos sistemas, com ênfase a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) (Figura 1A) e a técnica do fluxo profundo (DFT) (Figura 1B). As duas técnicas são compostas por um reservatório de solução nutritiva, sistema de recalque, canais de cultivo e um dreno. A principal diferença é devido ao NFT possuir uma leve declividade dos canais de cultivo (3 a 4%), o que proporciona a formação de uma fina camada de solução nutritiva. No sistema DFT os canais de cultivo são posicionados em nível ocorrendo formação de uma lâmina de solução nutritiva (MARTINEZ e HERMINIA, 2006).

O sistema hidropônico, do tipo fechado, possibilita um controle mais rígido no aporte de água e nutrientes, isso explica, em parte, a maior produtividade das culturas alcançadas neste sistema (SILVA, 2014).

O manejo apropriado dos intervalos entre recirculação também é benéfico para o produtor devido à redução dos custos variáveis do sistema, especialmente com energia elétrica. Contudo, deve-se definir adequadamente a frequência de recirculação da solução nutritiva, pois este fator pode afetar bastante a produção final (FAGAN et al., 2006; SILVA, 2014). Em sistemas hidropônicos NFT, geralmente recomenda-se frequência de recirculação a cada 15 minutos (ZANELLA et al., 2008).

Dentre os sistemas com potencialidade comercial destaca-se o DFT, em que as raízes das plantas permanecem submersas continuamente na solução nutritiva, permitindo recirculação de solução nutritiva com intervalo de tempo maior. Dependendo da espessura da lâmina de solução nutritiva, o contato permanente com a solução pode constituir um impedimento à oxigenação das raízes, o que pode reduzir a produção. Por esse motivo, a hidroponia DFT requer sistema de aeração da solução (BARNABÉ et al., 2009; SANTOS et al., 2011a).



Fonte: tudohidroponia.net

Figura 1. Esquema dos sistemas hidropônicos fluxo laminar de nutrientes - NFT (A) e técnica do fluxo profundo - DFT (B).

De acordo com Factor (2008) dentre as principais vantagens do sistema DFT em relação ao NFT podem-se citar: 1) o menor custo na construção; 2) o alto poder tampão pela utilização de um volume grande de solução nutritiva por planta; 3) a menor possibilidade de perda total da produção devido a problemas no sistema de alimentação ou falta de energia

quando o produtor não possui um gerador, em função da constante lâmina de solução nutritiva no canal de cultivo.

Embora a técnica do NFT seja predominante no cultivo hidropônico, principalmente de hortaliças folhosas no Brasil, é possível que alguns Estados do Nordeste já estejam apresentando tendência em adotar a técnica do fluxo profundo (DFT) em razão das temperaturas mais altas encontradas nestes Estados (RODRIGUES, 2002; SILVA et al., 2016).

A utilização de efluentes em sistemas hidropônicos possibilita um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis e a redução dos impactos ambientais ocasionados pelo emprego de adubos convencionais (ALVES et al., 2014).

Pesquisas com a utilização de efluentes domésticos em cultivos hidropônicos têm aumentado nos últimos anos. Dentre estas, Alves et al. (2014) estudaram o cultivo do girassol ornamental em sistema de hidroponia DFT aproveitando esgoto doméstico tratado na região de Mossoró- RN e Santos Junior et al. (2014b) avaliaram o desenvolvimento de plantas de girassol para fins ornamentais cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando água residuária em Campina Grande - PB.

Dentro deste contexto, ainda pode-se mencionar estruturas hidropônicas DFT do tipo bancada utilizadas por Silva et al. (2016) no cultivo do coentro e módulo hidropônico alternativo de baixo custo (em forma de pirâmide) proposta por Santos Junior et al. (2016) e Cavalcante et al. (2016) no cultivo do girassol ornamental e coentro respectivamente, otimizando o espaço físico e proporcionando maior produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do ambiente experimental

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia (12°40'19" de Latitude Sul, 39°06'23" de Longitude Oeste e altitude média de 220 m). Segundo D'Angiolella et al. (2000) o clima da região é classificado como úmido a sub-úmido e conforme a classificação de Köppen como Aw a Am, com médias anuais de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa de 1.224 mm, 24,5 °C e 80%, respectivamente.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os estudos compreenderam dois experimentos instalados em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, em duas estruturas instaladas (Experimento I – perfis em bancada e Experimento II – perfis em pirâmide). Os tratamentos se constituíram em: T1 – 100% da solução nutritiva de Furlani et al. (1999) preparada em água de abastecimento (controle); T2, T3 e T4 – 100, 75 e 50% da solução nutritiva de Furlani preparada em efluente doméstico tratado, respectivamente. No Experimento I cada parcela foi constituída de 15 plantas, enquanto no Experimento II, devido a limitação de estrutura, cada tubo foi dividido em 2 parcelas (repetições) cada um constituída de 7 plantas.

3.3 Estrutura experimental

O Experimento I foi conduzido em casa de vegetação do tipo geminada em dois arcos (Figura 2A). O ambiente é protegido por tela tipo clarite nas laterais, por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto e por uma manta termorrefletora (aluminet 50%) instalada internamente à altura do pé-direito. A casa de vegetação está instalada no sentido Leste-Oeste, possui 14 m de largura por 32 m de comprimento, pé-direito de 4 m, com altura máxima de 5,5 m. Foram construídas 12 bancadas na casa de vegetação, com capacidade para dois perfis hidropônicos em cada uma, que consistiram em tubos de PVC (PN 40) com diâmetro de 75 mm e 6,0 m de comprimento, espaçados entre si em 0,35 m (Figura 2B).



Figura 2. Visão geral da casa de vegetação tipo geminada (A) e estrutura experimental hidropônica do tipo bancada (B).

O Experimento II foi conduzido em casa de vegetação, em ambiente protegido por tela tipo clarite nas laterais e por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto. A casa de vegetação está instalada no sentido Leste-Oeste, tem 7,0 m de largura por 24 m de comprimento, pé-direito de 2,5 m, com altura máxima de 4,0 m (Figura 3A). As parcelas experimentais foram compostas de um protótipo hidropônico de alto rendimento tipo “Pirâmide” (Figura 3B) constituído de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 6,0 x 1,4 m, projetado com capacidade de suporte para 12 (6 por lado) tubos de PVC de 6,0 m de comprimento e 75 mm de diâmetro. Nesses tubos foram perfuradas “células” circulares de 50 mm de diâmetro, espaçadas 35 cm, de modo equidistante, considerando-se o eixo central de cada célula.

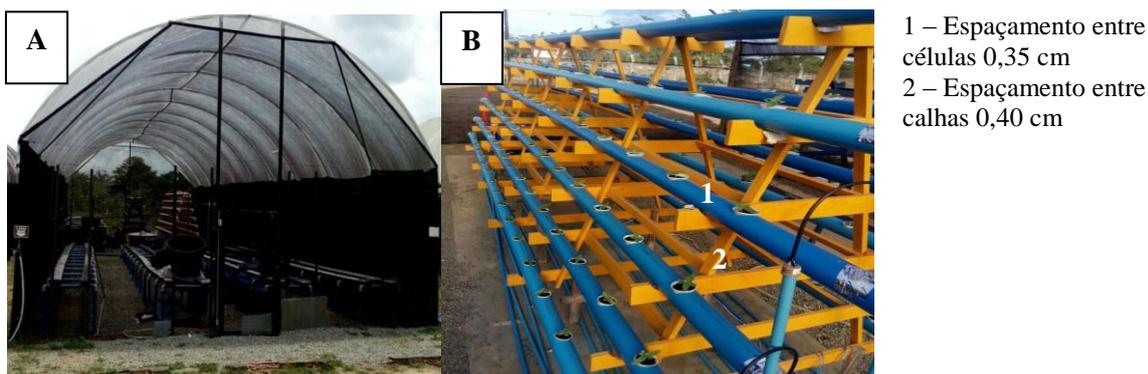


Figura 3. Vista frontal da casa de vegetação (A) e estrutura experimental tipo pirâmide (B).

3.4 Cultivar estudada

A cultivar de girassol ornamental selecionada para o estudo foi a Anão de Jardim. As sementes foram adquiridas da empresa ISLA[®] Sementes e, segundo a fornecedora, a cultivar possui ciclo de 60 dias, altura média entre 40 e 50 cm e coloração das flores amarela intensa (Figura 4).



Figura 4. Flor de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. cv. Anão de Jardim).

3.5 Águas utilizadas: Efluente doméstico tratado e água de abastecimento

O efluente doméstico tratado utilizado foi oriundo da unidade de tratamento de esgoto doméstico da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), localizada no município de Muritiba - BA. Para evitar grandes variações decorrentes da sazonalidade foi coletado um volume suficiente para conduzir os dois experimentos. A coleta, o armazenamento e as análises físico-químicas do efluente foram realizadas de acordo com as recomendações da United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2004).

Na estação de tratamento (Figura 5) o esgoto doméstico ao passar pela grade e caixa de areia, deixa todo o material sólido retido e o esgoto segue para um reator e uma lagoa, onde a matéria orgânica é digerida em 90% e os agentes patogênicos, como vírus e bactérias,

são eliminados. As características da água residuária proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Muritiba - BA estão apresentadas na Tabela 3.



Figura 5. Vista geral da estação de tratamento de efluente com visão dos sistemas de decantação (A) e lagoa de estabilização (B).

A água de abastecimento proveniente da EMBASA foi armazenada em volume suficiente para condução dos experimentos e caracterizada mediante análise química (Tabela 2).

Tabela 2. Características do efluente doméstico tratado e da água de abastecimento utilizadas nos experimentos.

Componentes	Unidades	Efluente doméstico tratado	Água de abastecimento
pH		6,85	7,41
CE _a	$\mu\text{S cm}^{-1}$	1,39	0,387
P	mg L^{-1}	16	ND
K ⁺	mg L^{-1}	29	0,17
NO ₃ ⁻	mg L^{-1}	2,18	ND
NH ₄ ⁻	mg L^{-1}	11,1	ND
Na	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	6,42	1,73
Ca	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	0,81	0,51
Mg	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	1,56	0,88
Cl	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	5,75	1,87
SO ₄	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	P	P
Carbonatos	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	0,00	A
Bicarbonatos	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	1,76	0,41
RAS	$(\text{mmol L}^{-1})^{0,5}$	8,34	2,93
Classe da água		C3	C2

ND – Não determinado; A – Ausente; P – Presente; RAS – Relação de adsorção de sódio.

3.6 Produção das mudas

As mudas foram produzidas por semeadura em substrato de fibra de coco utilizando copos descartáveis de polipropileno com capacidade de 110 mL (Figura 6), perfurados na parte inferior para livre passagem da solução e das raízes. Cada unidade recebeu duas sementes e após sete dias da germinação foi realizado o desbaste de uma planta.

Durante o período da germinação até o desbaste as plântulas foram irrigadas com água de abastecimento e, posteriormente, com 50% da solução nutritiva em água de abastecimento, até completarem 14 dias após a germinação (DAG). Aos 15 DAG, quando plântulas apresentaram quatro folhas definitivas e altura média de 4,5 cm, foram transplantadas para os perfis hidropônicos identificados conforme os tratamentos.



Figura 6. Plântulas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim em copos plásticos com substrato fibra de coco após germinação (A) e detalhe das plântulas após transferência para a estrutura hidropônica (B).

3.7 Solução nutritiva

Os fertilizantes utilizados para preparação da solução nutritiva foram baseados na recomendação de Furlani et al. (1999). As quantidades de fertilizantes utilizadas e a concentração dos nutrientes estão descritas na Tabela 3. A frequência de recirculação da solução nutritiva no sistema hidropônico ocorreu no intervalo de 15 minutos (15 minutos ligado e 15 minutos desligado) durante o dia (entre 06:00 e 18:00 horas) e três eventos de recirculação de mesma duração durante a noite (as 21:00, 24:00 e 03:00 h).

As soluções nutritivas foram preparadas conforme delineamento experimental e apresentaram as condutividades elétricas de 2,11; 3,53; 3,17 e 2,19 dS m⁻¹, respectivamente, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

Tabela 3. Composição da solução nutritiva padrão de Furlani utilizada nos experimentos.

Fertilizantes	g 1000L ⁻¹
Nitrato de cálcio hydro especial	750
Nitrato de potássio	500
Fosfato monoamônico	150
Sulfato de magnésio	400
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,3
Sulfato de manganês	1,5
Ácido bórico	1,8
Molibdato de sódio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA 6%)	34,67

*Concentração de nutrientes (mg L⁻¹): N-NH₄=24; N-NO₃=173,75; P=39; K=182,5; Ca=142,5; Mg=40; S=52; B=0,255; Cu=0,0195; Fe= 1,79; Mn=0,39; Mo=0,0585; Zn=0,066.

3.8 Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva nos sistemas hidropônicos dos Experimentos I e II percorreu o respectivo sistema em parcela de cada tratamento, retornando ao reservatório e assim permitindo o reaproveitamento da solução. Esse tipo de manejo é conhecido normalmente como sistema fechado.

O controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador digital. O volume consumido, a condutividade elétrica e pH da solução nutritiva foram monitorados diariamente. Durante o experimento a solução não foi renovada totalmente, sendo realizada a adição de fertilizantes sempre que a solução do tratamento controle (T1) diminuía a CE em 0,5 dS m⁻¹. Para reposição hídrica visando manter a condutividade elétrica o mais próximo possível da original foi utilizada água dos respectivos tratamentos (abastecimento - T1 ou efluente doméstico tratado – T2, T3 e T4).

Em cada perfil hidropônico foi acoplado um reservatório (tanque) plástico com capacidade para 50 L, uma eletrobomba de circulação e um sistema de injeção da solução nutritiva (Figura 7). Os perfis foram instalados em nível e suas extremidades fechadas com “caps” de PVC perfurado ao centro para promover a formação de uma lâmina constante de 25 mm solução nutritiva.

Foi instalado um sistema de abastecimento individualizado que permitiu a reposição da água consumida pelas plantas (Figura 7 e 8). O abastecedor consistiu de um reservatório tubular e uniforme com diâmetro nominal de 200 mm, uma régua graduada fixada, sendo acoplado também uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível da água no abastecedor e uma torneira-bóia que permitia a saída de água para o tanque de solução nutritiva.



- 1 - Régua
- 2 - Reservatório para medida do consumo hídrico
- 3 - Tanque com solução nutritiva
- 4 - Mangueira para retorno da solução
- 5 - Eletrobomba de circulação
- 6 - Perfil hidropônico
- 7 - Mudanças de girassol

Figura 7. Sistema de abastecimento contendo solução nutritiva acoplado ao perfil hidropônico do Experimento I (Bancada).



- 1 - Régua
- 2 - Reservatório para medida do consumo hídrico
- 3 - Tanque com solução nutritiva
- 4 - Mangueira para retorno da solução
- 5 - Eletrobomba de circulação
- 6 - Perfil hidropônico
- 7 - Mudanças de girassol
- 8 - Microtubo de injeção
- 9 - Tubo de abastecimento

Figura 8. Sistema de abastecimento contendo solução nutritiva acoplado ao perfil hidropônico do Experimento II (Pirâmide).

Para o Experimento II, devido à configuração da estrutura tipo pirâmide os componentes de abastecimento foram dispostos metade em cada extremidade da estrutura para proporcionar uma melhor uniformidade de distribuição para os perfis.

3.9 Variáveis analisadas

Foram realizadas quatro avaliações não destrutivas, a cada 10 dias após transplântio (DAT), três avaliações destrutivas, a cada 15 DAT e na última avaliação, realizada por ocasião da colheita. Para todas as avaliações não destrutivas, escolheu-se ao acaso, no início do experimento uma planta de cada repetição para que pudessem ser avaliadas sempre as mesmas plantas. Para as avaliações destrutivas foi colhida uma planta de cada parcela, optando sempre pelas plantas das extremidades alternadamente para não alterar espaçamento entres plantas.

As variáveis avaliadas em amostragem não destrutiva foram:

- a) Altura de planta, determinada com o auxílio de uma régua graduada desde o colo da planta até inserção da última folha;
- b) Diâmetro do caule, medido a cinco centímetros da região do colo da planta utilizando um paquímetro digital;
- c) Número de folhas por planta, determinado pela contagem das folhas totalmente expandidas e com coloração verde.

As variáveis avaliadas em amostragens destrutivas foram:

- a) Área foliar, determinada com auxílio de um scanner portátil;
- b) Massa fresca das folhas e do caule, obtidos com auxílio de uma balança digital com resolução de 0,01g;
- c) Massa seca das folhas e do caule, obtidas após secagem em estufa a 65 °C até atingirem massa constante e pesadas em balança digital com resolução de 0,01g;
- d) Diâmetro interno (DICAP) e externo do capítulo (DECAP), determinado por medição com régua graduada conforme Figura 9;
- e) Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR), calculadas com as respectivas medidas entre os intervalos de cada avaliação da altura, diâmetro e massa seca utilizando as Equações 1 e 2, conforme metodologia recomendada por Benincasa (1988).

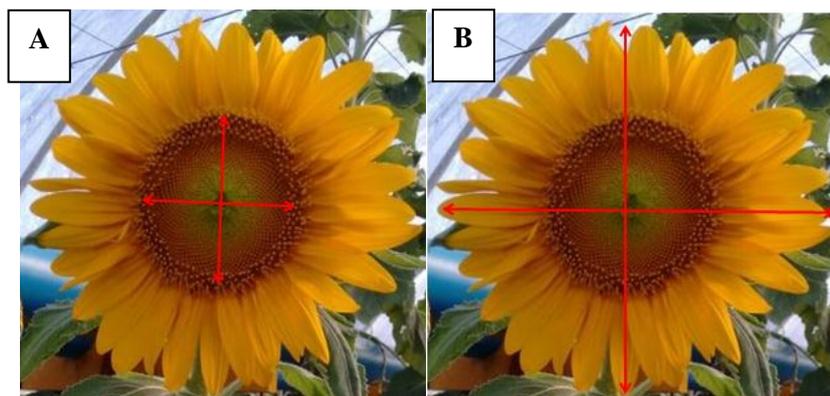


Figura 9. Medidas do diâmetro interno (A) e externo (B) dos capítulos de girassol ornamental cv. Anão de Jardim.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) é a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

$$TCA = \frac{(W2 - W1)}{(T2 - T1)} \quad (1)$$

em que:

TCA - taxa de crescimento absoluto da altura de planta (cm dia^{-1}) ou diâmetro do caule (mm dia^{-1}) ou massa de matéria seca da parte aérea da planta (g dia^{-1});

W1 e W2 - altura da planta ou diâmetro do caule ou massa de matéria seca em duas épocas consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2 (dia), respectivamente.

$$TCR = \frac{(\ln W2 - \ln W1)}{(T2 - T1)} \quad (2)$$

em que:

TCR - taxa de crescimento relativo da altura de planta ($\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$), ou diâmetro do caule ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) ou massa de matéria seca da parte aérea por planta ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$); ln - logaritmo neperiano; W1 e W2 - altura da planta ou diâmetro do caule ou a massa de matéria seca da parte aérea das plantas nos tempos T1 e T2 (dia), respectivamente.

O volume diário consumido ou evapotranspirado (ETc) por planta foi estimado dividindo-se o volume de solução nutritiva consumido (observado no reservatório) pelo número de plantas contidas no canal de cultivo (Equação 3).

$$CH = \frac{(Lf - Li) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (3)$$

em que:

CH é o volume consumido, mL planta⁻¹ dia⁻¹;

Lf e Li são as leituras final e inicial do nível da água no depósito de abastecimento, m;

D é o diâmetro interno do depósito de abastecimento, m;

n é o número de plantas no perfil;

ΔT é o intervalo de tempo entre as leituras, dias.

A eficiência de uso da água (g L⁻¹) foi determinada a partir da relação entre a massa seca de parte aérea e o consumo hídrico acumulado aos 15, 30 e 45 DAT.

A extração e determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal das plantas de girassol ornamental foi realizada conforme Tedesco et al. (1995).

3.10 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos ao teste F mediante análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes no cultivo de girassol ornamental em sistema hidropônico DFT com estrutura tipo bancada.

4.1.1 Variáveis biométricas e taxas de crescimento absoluto e relativo

Observa-se através do resumo da análise de variância (Tabela 4) que não houve efeito significativo ($p>0,05$) dos tratamentos sobre a altura de plantas e o número de folhas em nenhuma época de avaliação. Quanto ao diâmetro do caule, houve efeito significativo ($p<0,05$) dos tratamentos sobre a variável aos 30 e 40 DAT.

Os resultados obtidos para a altura de plantas corroboram os encontrados por Oliveira et al. (2017) em estudos realizados com a utilização de diferentes lâminas e diluições de água residuária no cultivo convencional em solo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim, em que também não foi averiguado efeito significativo para mesma variável em nenhuma época de avaliação.

Conforme a ISLA SEMENTES, empresa fornecedora das sementes, a cultivar estudada apresenta altura comercial entre 40 e 50 cm. Assim, as médias observadas para a altura de plantas foram superiores ao padrão de comercialização e informações do fornecedor das sementes (Figura 10). As plantas independentemente dos tratamentos cresceram satisfatoriamente e alcançaram alturas maiores do que a preconizada pela ISLA SEMENTES, talvez devido as melhores condições nutricionais/hídricas em que foram cultivadas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT
Altura de plantas					
Tratamento	3	1,435 ^{ns}	4,357 ^{ns}	46,740 ^{ns}	4,291 ^{ns}
Resíduo	20	0,862	4,362	18,640	33,679
C.V.	(%)	11,61	11,11	11,57	8,87
Tratamentos		Médias (cm)[#]			
T1-100% NT em AA		8,74 a	18,33 a	37,50 a	66,08 a
T2-100% NT em EDT		8,14 a	18,00 a	36,29 a	65,00 a
T3-75% NT em EDT		8,80 a	18,90 a	34,41 a	64,50 a
T4-50% NT em EDT		9,33 a	19,95 a	41,04 a	66,25 a
Média		8,75	18,80	37,31	65,46
Diâmetro do caule					
Tratamento	3	0,898 ^{ns}	1,841 ^{ns}	10,105 [*]	11,455 [*]
Resíduo	20	0,130	0,922	0,703	1,300
C.V.	(%)	6,30	8,41	5,30	6,68
Tratamentos		Médias (mm)[#]			
T1-100% NT em AA		5,26 a	10,87 a	16,29 a	17,95 a
T2-100% NT em EDT		5,63 a	11,06 a	16,03 a	17,84 a
T3-75% NT em EDT		5,90 a	11,71 a	16,96 a	17,47a
T4-50% NT em EDT		5,88 a	12,05 a	13,95 b	15,02 b
Média		5,67	11,42	15,81	17,07
Número de folhas					
Tratamento	3	0,194 ^{ns}	4,781 ^{ns}	16,055 ^{ns}	50,888 ^{ns}
Resíduo	20	0,82	15,083	3,15	15,933
C.V.	(%)	9,79	5,04	7,28	11,95
Tratamentos		Médias[#]			
T1-100% NT em AA		9,00 a	16,83 a	25,33 a	35,50 a
T2-100% NT em EDT		9,33 a	16,78 a	24,84 a	31,17 a
T3-75% NT em EDT		9,42 a	17,91 a	25,50 a	36,16 a
T4-50% NT em EDT		9,25 a	17,33 a	22,50 a	30,50 a
Média		9,30	17,20	24,50	33,30

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Para o diâmetro do caule aos 10 e 20 DAT verificou-se que o efluente doméstico tratado com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva (T4) proporcionou carga nutricional adequada para o desenvolvimento da cultivar pois, nessa avaliação as plantas não apresentaram diferença significativa em comparação ao tratamento controle - T1 (Tabela 4).

Em relação às avaliações do diâmetro do caule realizadas aos 30 e 40 DAT, as plantas sob os tratamentos controle (T1) e T2 e T3 contendo 100 e 75% da concentração de nutrientes

da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado, não diferiram ($p>0,05$) entre si. Todavia, apresentaram médias superiores em comparação ao T4 com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado, sendo observada uma redução de 15,07% e 15,40% no diâmetro do caule quando comparado com os outros tratamentos, aos 30 e 40 DAT, respectivamente (Tabela 4 e Figura 11).

Os resultados obtidos para o diâmetro do caule divergem dos encontrados por Andrade et al. (2015) em estudos com utilização de água residuária no cultivo em solo de girassol ornamental variedade Sol Noturno, em que não foi observada diferença significativa em nenhuma época de avaliação. A diferença em comportamento pode ser devido às condições ambientais do experimento, do manejo da cultura como também da variação genética entre as cultivares.

A redução do DC das plantas cultivadas com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4) pode estar relacionada a redução do teor de potássio na solução nutritiva, pois segundo Câmara (2003) o girassol possui elevada demanda por este nutriente, sendo as maiores concentrações armazenadas no pecíolo e caule (ZOBIOLE et al., 2010). Os resultados da análise de tecido foliar (Tabela 13) revelam que o teor de potássio no caule das plantas sob T4 foi 15,62% inferior ao das plantas submetidas ao tratamento controle (T1), embora essa diferença não foi significativa ($p>0,05$).

O tratamento T4 (com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado) apresentou resultados de diâmetro satisfatórios (15,02 mm), pois proporcionou uma economia de 50% no uso dos fertilizantes e ainda assim proporcionou diâmetro do caule superior ao valor máximo (13,32 mm) encontrado por Oliveira (2015) em estudo com a utilização de diluições de água residuária no cultivo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim em solo.

Para a taxa de crescimento absoluto e relativo em altura de plantas (TCA_{AP} e TCR_{AP}) foi observado efeito significativo ($p<0,05$) dos tratamentos em todos os intervalos estudados (Tabela 5). Nota-se que as plantas no período 30-40 DAT apresentaram maior TCA_{AP} , sendo em média 2,83 cm dia⁻¹, enquanto a maior TCR_{AP} foi observado no período 10-20 DAT, em média 0,08 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 5).

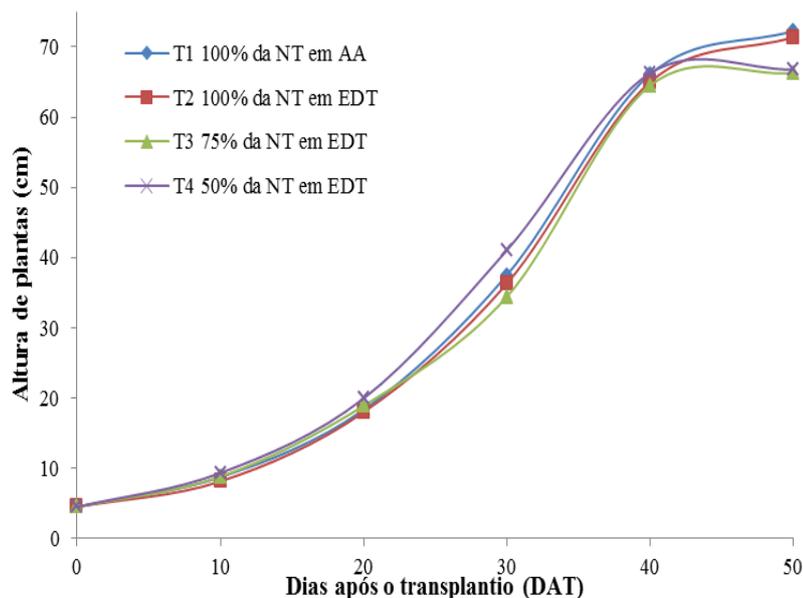


Figura 10. Altura de plantas do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

Os dados de altura das plantas sob diferentes tratamentos (soluções nutritivas) apresentaram comportamento coerente, sendo observada as maiores taxas de TCA_{AP} e TCR_{AP} proporcionadas pelo tratamento T4 no período de 10-20 DAT (crescimento inicial). No período 30-40 DAT o comportamento foi inverso (Tabela 5), isto é, menores taxas de crescimento foram observadas nas plantas sob tratamento T4 em que a solução nutritiva foi preparada com 50% da concentração de nutrientes em efluente doméstico tratado. Este fato pode ser explicado devido ao aumento da necessidade nutricional com o decorrer do tempo de cultivo e desenvolvimento da planta.

No início do ciclo (até 30 DAT), o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) possuía concentração de fertilizantes igual a concentração da solução nutritiva que era utilizada no período de produção de muda, este fato pode ter possibilitado uma melhor aclimatização da cultivar proporcionado maior crescimento, enquanto no período após 30 DAT a demanda nutricional da planta foi maior e provavelmente tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva (T4) não foi capaz de suprir totalmente as exigências das plantas sob esse tratamento, como consequência, as plantas apresentaram menores taxas de crescimento (Tabela 5).

Ressalta-se que, visualmente, não foram observados quaisquer sintomas de deficiência nutricional nas plantas em nenhum tratamento estudado. O tratamento controle (T1) e os tratamentos com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 e T2) não apresentaram diferenças significativas entre si tanto para TCA_{AP} quanto para TCR_{AP} no período de 30-40 DAT indicando que solução nutritiva com 75% de concentração de nutrientes poderá ser utilizada sem comprometimento ao crescimento das plantas nesta fase.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo de altura de plantas (TCR_{AP}) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		10 -20 DAT	20 – 30 DAT	30 – 40 DAT
TCA_{AP}				
Tratamento	3	0,020*	0,136*	0,546*
Resíduo	20	0,001	0,001	0,005
C.V.	(%)	2,94	1,37	2,54
Tratamentos		Médias (cm dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,96 c	1,86 a	2,95 a
T2-100% NT em EDT		0,96 c	1,82 b	3,03 a
T3-75% NT em EDT		1,03 b	1,56 c	2,97 a
T4-50% NT em EDT		1,08 a	1,89 a	2,38 b
Média		1,01	1,78	2,83
TCR_{AP}				
Tratamento	3	0,000*	0,000*	0,000*
Resíduo	20	0,000	0,000	0,000
C.V.	(%)	4,71	6,80	7,98
Tratamentos		Médias (cm cm⁻¹ dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,07 b	0,07 a	0,06 a
T2-100% NT em EDT		0,07 ab	0,07 a	0,06 a
T3-75% NT em EDT		0,08 a	0,06 b	0,06 a
T4-50% NT em EDT		0,08 a	0,07 ab	0,05 b
Média		0,08	0,07	0,06

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Devido a menor taxa de crescimento absoluto e relativo nos períodos de 20-30 e 30-40 DAT as plantas sob o tratamento T4 apresentaram diâmetro de caule em média 2,47 e 2,73 mm menor em relação aos outros tratamentos aos 30 e 40 DAT, respectivamente (Tabela 4, Figura 11).

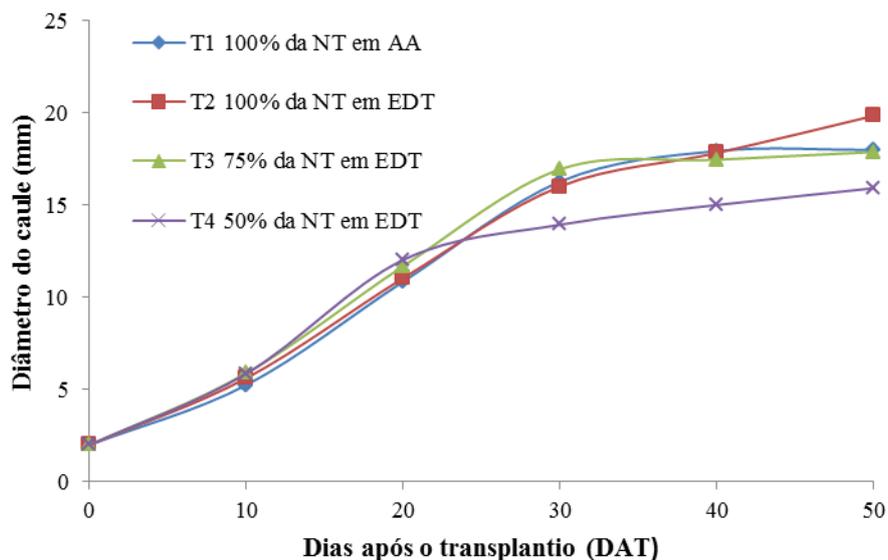


Figura 11. Diâmetro do caule do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos para as taxas de crescimento em diâmetro do caule (TCA_{DC} e TCR_{DC}) para os períodos de 10-20, 20-30 e 30-40 DAT (Tabela 6). No intervalo entre 10- 20 DAT as plantas sob o tratamento T4 com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado apresentaram a maior média (0,63 mm) para TCA_{DC} diferindo do tratamento T1 (Tabela 6), comportamento semelhante ao observado para a altura de plantas (Tabela 5).

Para o período de 20-30 DAT observa-se diferença significativa para TCA_{DC} entre todos os tratamentos ($T2 > T1 > T3 > T4$), sendo que as plantas sob o tratamento T4 com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado apresentaram taxa de crescimento absoluto ($0,19 \text{ mm dia}^{-1}$) em média três vezes menor que o tratamento T2 (Tabela 6). No intervalo entre 30 e 40 DAT as plantas sob os tratamentos com 100 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2 e T3) apresentaram menor crescimento com diferenças significativas em relação aos tratamentos T1 e T4 e estes também diferiram entre si.

Quanto à taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TCR_{DC}) observa-se que a maior TCR_{DC} foi obtida no início do cultivo (10-20 dias) mostrando um comportamento decrescente em função do tempo de cultivo. Semelhante à taxa de crescimento absoluto no período de 10-20 DAT, as plantas sob o tratamento com 50% da concentração de nutrientes

da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) destacaram-se, exibindo resultados significativamente superiores às plantas sob o tratamento com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3), no entanto foi inferior aos demais tratamentos no período de 20-30 DAT e aos tratamentos T2 e T3 no intervalo de 30-40 DAT (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCA_{DC}) e relativo de diâmetro de caule (TCR_{DC}) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		10 – 20 DAT	20 – 30 DAT	30 – 40 DAT
TCA_{DC}				
Tratamento	3	0,004*	0,189*	0,021*
Resíduo	20	0,001	0,000	0,000
C.V.	(%)	5,69	2,53	14,94
Tratamentos		Médias ($mm\ dia^{-1}$)[#]		
T1-100% NT em AA		0,56 b	0,53 b	0,19 a
T2-100% NT em EDT		0,57 ab	0,58 a	0,07 c
T3-75% NT em EDT		0,58 ab	0,51 c	0,06 c
T4-50% NT em EDT		0,63 a	0,19 d	0,12 b
Média		0,59	0,45	0,11
TCR_{DC}				
Tratamento	3	0,000*	0,001*	0,002*
Resíduo	20	0,000	0,000	0,000
C.V.	(%)	6,22	11,62	10,68
Tratamentos		Médias ($mm\ mm^{-1}\ dia^{-1}$)[#]		
T1-100% NT em AA		0,07 a	0,04 a	0,01 b
T2-100% NT em EDT		0,07 a	0,04 a	0,04 a
T3-75% NT em EDT		0,06 b	0,04 a	0,04 a
T4-50% NT em EDT		0,07 a	0,01 b	0,01 b
Média		0,07	0,04	0,03

*significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Para o número de folhas não houve efeito significativo dos tratamentos (Tabela 4). Os resultados observados no presente estudo divergem dos encontrados por Andrade (2011) que verificou aumento significativo para referida variável em cultivares de girassol ornamental proporcionado pela aplicação de água residuária tratada aos 39 e 63 dias após o semeio sob diferentes doses de esterco bovino. Essa divergência pode estar relacionada às condições ambientais, ao manejo da cultura e as diferenças genéticas entre as cultivares.

Quanto a área foliar (AF), na avaliação realizada aos 15 DAT não ocorreu efeito significativo dos tratamentos apresentando valor médio de 0,09 m². No entanto, houve efeito significativo (p<0,05) dos tratamentos para AF na avaliação realizada aos 30 DAT (Tabela 7). As plantas sob o tratamento T1 (controle) apresentaram área foliar de 0,57 m² diferindo significativamente dos demais tratamentos que por sua vez não diferiram de forma significativa e tiveram AF em média 41,98% inferior ao tratamento controle (Tabela 7). Considerando que não houve efeito significativo dos tratamentos para o número de folhas, assim o efeito significativo observado para a AF pode ser uma consequência da menor expansão foliar (tamanho das folhas) nas plantas de girassol que receberam solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2, T3 e T4).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para área foliar (AF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas aos 15 e 30 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio	
		15 DAT	30 DAT
Tratamento	3	0,000 ^{ns}	0,085 [*]
Resíduo	20	0,000	0,006
C.V.	(%)	16,45	19,92
Tratamentos		Médias (m²)[#] planta⁻¹	
T1-100% NT em AA		0,09 a	0,57 a
T2-100% NT em EDT		0,09 a	0,34 b
T3-75% NT em EDT		0,10 a	0,34 b
T4-50% NT em EDT		0,10 a	0,31 b
Média		0,09	0,39

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.1.2 Massa fresca e seca acumulada e componentes de produção

Aos 15 DAT não houve efeitos significativos (p>0,05) dos tratamentos sobre as massas fresca e seca de folhas e caule acumulada pelas plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim, o que está de acordo e consequência dos resultados obtidos para outras variáveis. Houve efeito significativo (p<0,05) dos tratamentos sobre a massa fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) aos 30 e 45 DAT (Tabela 8). Alves et al. (2014) em estudos com esgoto doméstico tratado em sistema hidropônico na cultura de girassol ornamental também observaram efeito significativo e positivo dos tratamentos sobre a MFF.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas aos 15, 30 e 45 dias após transplante (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
MFF				
Tratamento	3	15,912 ^{ns}	3114,439*	6360,564*
Resíduo	20	6,495	78,273	1044,492
C.V.	(%)	12,63	8,79	23,24
Tratamentos		Médias (g)[#] planta⁻¹		
T1-100% NT em AA		18,84 a	120,03 a	149,22 a
T2-100% NT em EDT		19,18 a	112,09 ab	168,30 a
T3-75% NT em EDT		20,25 a	102,19 b	146,36 a
T4-50% NT em EDT		22,45 a	68,27 c	92,49 b
Média		20,18	100,62	139,09
MSF				
Tratamento	3	0,196 ^{ns}	64,572*	150,865*
Resíduo	20	0,071	1,626	24,771
C.V.	(%)	12,45	8,80	23,24
Tratamentos		Médias (g)[#] planta⁻¹		
T1-100% NT em AA		1,99 a	17,28 a	22,98 a
T2-100% NT em EDT		2,03 a	16,14 ab	25,91 a
T3-75% NT em EDT		2,14 a	14,71 b	22,53 a
T4-50% NT em EDT		2,40 a	9,83 c	14,24 b
Média		2,14	14,49	21,41

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Para MFF na avaliação realizada aos 30 DAT as plantas sob o tratamento controle (T1) e o tratamento com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2) não diferiram entre si e esse último não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento T3. Contudo as plantas sob tratamento T4 (com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado) diferiram de forma significativa dos demais tratamentos cuja média foi 38,74% menor quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 8).

Aos 45 DAT observou-se que as plantas sob os tratamentos com 100 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2 e T3) e tratamento controle (T1) não revelaram diferenças significativas para MFF. Contudo, as plantas sob o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentou média 40,18% inferior em relação a todos os

tratamentos (Tabela 8). Esses resultados foram uma consequência das menores taxas de crescimento e área foliar das plantas observados para o tratamento T4.

O comportamento da MSF foi semelhante ao da MFF uma vez que o teor de água na folha não variou muito (<5%) entre os tratamentos e apresentou valor médio de 89,53; 85,60 e 84,60% aos 15, 30 e 45 DAT, respectivamente. Para a MSF aos 30 DAT, o tratamento controle (T1) e o tratamento com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2) não diferiram significativamente entre si (Tabela 8).

A MSF das plantas sob tratamento controle foi significativamente superior (14,87%) ao tratamento T3 aos 30 DAT. Já o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentou a menor média (9,83 g planta⁻¹) representando uma redução de 43,11% quando comparado ao tratamentos controle (Tabela 8). A menor massa das folhas observada no tratamento T4 é um resultado do menor crescimento e desenvolvimento das plantas sob esse tratamento, como explicado anteriormente.

A análise de variância para massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC) das plantas revelou efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos aos 30 e 45 DAT. Na avaliação realizada aos 30 DAT, os tratamentos controle (T1) e com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2) não diferiram significativamente entre si, apresentando médias de MFC superiores aos demais tratamentos. O tratamento com 50% da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4) apresentou a menor média de MFC (72,28 g) equivalente a uma redução de 40,61% quando comparado aos tratamentos T1 e T2, enquanto em T3 a diminuição foi de 24,03% em relação ao T1 (Tabela 9).

Aos 45 DAT, os tratamentos em que foram utilizados 100% dos fertilizantes no preparo da solução nutritiva em água de abastecimento e efluente doméstico tratado (T1 e T2) mostraram comportamento semelhante ao da avaliação realizada aos 30 DAT, não diferindo entre si, quanto a MSC. O tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentou a menor média (14,02 g planta⁻¹) de MSC entre os tratamentos (Tabela 9). Esses resultados são compatíveis com o crescimento e desenvolvimento da planta discutido anteriormente.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
MFC				
Tratamento	3	42,070 ^{ns}	3666,921 [*]	27222,130 [*]
Resíduo	20	13,128	216,973	961,690
C.V.	(%)	21,07	14,19	15,39
Tratamentos		Médias (g)[#]		
T1-100% NT em AA		15,42 a	131,23 a	265,05 a
T2-100% NT em EDT		15,69 a	112,19 ab	243,15 a
T3-75% NT em EDT		16,57 a	99,62 b	182,81 b
T4-50% NT em EDT		21,10 a	72,28 c	114,96 c
Média		17,20	103,83	201,49
MSC				
Tratamento	3	0,579 ^{ns}	39,663 [*]	405,287 [*]
Resíduo	20	0,178	2,350	14,308
C.V.	(%)	20,99	14,20	15,39
Tratamentos		Médias (g)[#]		
T1-100% NT em AA		1,80 a	13,65a	32,33 a
T2-100% NT em EDT		1,84 a	11,66 ab	29,66 a
T3-75% NT em EDT		1,94 a	10,36 b	22,30 b
T4-50% NT em EDT		2,47 a	7,52 c	14,02 c
Média		2,01	10,80	24,58

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na Figura 12 está apresentada a evolução da massa seca de parte aérea (MSPA) das plantas de girassol cv. Anão de Jardim, destacando o período de 15 a 30 DAT como de maiores taxas de crescimento relativo de MSPA.

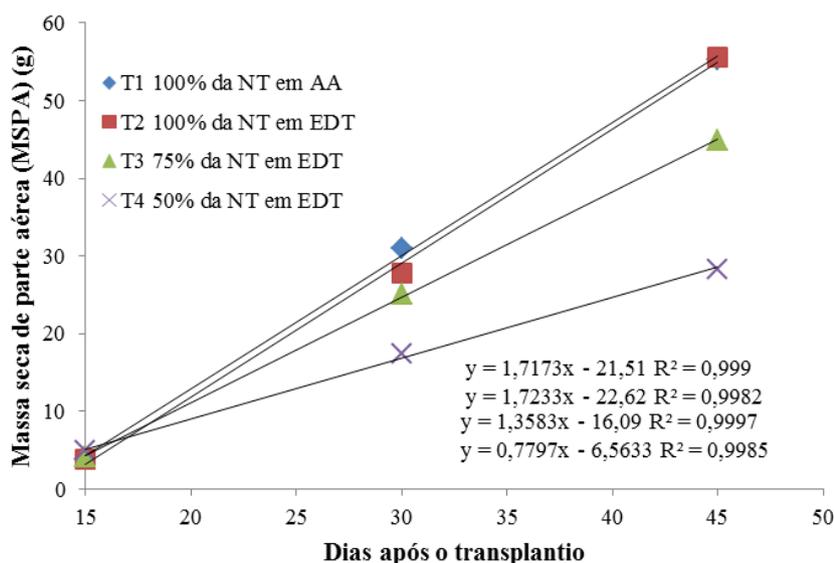


Figura 12. Massa seca da parte aérea do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

Em relação à taxa de crescimento absoluto (TCA_{MSPA}) e relativo para massa seca de parte aérea (TCR_{MSPA}) foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos em todos os intervalos estudados (Tabela 10). Observou-se que as plantas de girassol ornamental no período 15-30 DAT obtiveram maior taxa de crescimento absoluto e relativo de massa seca da parte aérea, em média $1,47 \text{ g dia}^{-1}$ e $0,12 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente (Tabela 10), apresentando diferenças significativas entre os tratamentos e com a sequência de crescimento $T1 > T2 > T3 > T4$. As plantas sob o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram a menor média para as TCA_{MSPA} e TCR_{MSPA} , compreendendo redução expressiva (mais que 50%) para TCA_{MSPA} quando comparado aos tratamentos T1 e T2. Tais resultados foram uma consequência do menor acúmulo de massa seca das plantas sob esse tratamento, conforme foi discutido anteriormente.

Tabela 10. Resumo da análise de variância das taxas de crescimento absoluto (TCA_{MSPA}) e relativo de massa seca de parte aérea (TCR_{MSPA}) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 15-30 e 30-45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio	
		15 - 30 DAT	30 - 45 DAT
TCA_{MSPA}			
Tratamento	3	0,995*	1,199*
Resíduo	12	0,002	0,000
C.V.	(%)	2,97	0,83
Tratamentos		Médias (g dia⁻¹)[#]	
T1-100% NT em AA		1,87 a	1,70 a
T2-100% NT em EDT		1,61 b	1,66 b
T3-75% NT em EDT		1,48 c	1,26 c
T4-50% NT em EDT		0,91 d	0,74 d
Média		1,47	1,34
TCR_{MSPA}			
Tratamento	3	0,003*	0,000*
Resíduo	20	0,000	0,000
C.V.	(%)	2,77	2,54
Tratamentos		Médias (g g⁻¹ dia⁻¹)[#]	
T1-100% NT em AA		0,14 a	0,04 a
T2-100% NT em EDT		0,13 b	0,04 a
T3-75% NT em EDT		0,12 c	0,04 a
T4-50% NT em EDT		0,09 d	0,03 b
Média		0,12	0,04

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

O aparecimento do botão floral (ABF) de girassol cv. Anão de Jardim foi influenciado significativamente ($p < 0,05$) pelas diferentes composições da solução nutritiva (Tabela 11).

Os tratamentos controle (T1) e com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4), não diferiram entre si, apresentando menor intervalo para o ABF (caráter precoce) quando comparados aos tratamentos em que plantas foram cultivadas com 100 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 e T2), que levaram em média 2 dias a mais para aparecimento do botão floral (Tabela 11). Aparentemente não se tem uma explicação plausível para os resultados obtidos, exceto que no tratamento T4 o estresse nutricional talvez tenha provocado a antecipação do aparecimento do botão floral.

Esses resultados divergem dos encontrados por Cruz et al. (2016) no estudo da produção agroecológica de diferentes genótipos de girassol ornamental cultivados em sacos

plásticos com substratos irrigado com efluente doméstico tratado e água de abastecimento. Os autores não observaram diferenças significativas para o fator água e nem para a interação entre a água e o genótipo quanto ao número de dias para o aparecimento do botão floral.

Tabela 11. Resumo da análise de para aparecimento do botão floral (ABF) e abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio
		ABF
Tratamento	3	10,930*
Resíduo	20	1,808
C.V.	(%)	5,77
Tratamentos		Médias (dias)[#]
T1-100% NT em AA		22,00 a
T2-100% NT em EDT		24,00 b
T3-75% NT em EDT		24,00 b
T4-50% NT em EDT		22,00 a
Média		23,00
		ATCAP
Tratamento	3	30,486 ^{ns}
Resíduo	20	10,525
C.V.	(%)	7,83
Tratamentos		Médias (dias)[#]
T1-100% NT em AA		40,00 a
T2-100% NT em EDT		43,00 a
T3-75% NT em EDT		43,00 a
T4-50% NT em EDT		39,00 a
Média		41,25

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos para a abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas (Tabela 11), indicando que as plantas não foram afetadas pela redução da concentração dos fertilizantes na solução nutritiva (T3 e T4), nem o uso do efluente doméstico tratado interferiu na abertura total do capítulo. As plantas de girassol apresentaram abertura total do capítulo em média aos 41,25 dias após o transplante (Tabela 11).

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os encontrados por Oliveira et al. (2017) em estudos avaliando o crescimento e a produção de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivados em solo e irrigado com diferentes lâminas e diluições de efluente doméstico

tratado, não sendo observado efeito significativo dos tratamentos, que tiveram em média 52 dias após o desbaste para abertura total do capítulo.

Houve diferença significativa para MFCAP e MSCAP entre o tratamento controle (T1) e os demais tratamentos em que foi utilizado efluente doméstico tratado para o preparo da solução nutritiva (T2, T3 e T4), contudo estes não diferiram significativamente entre si (Tabela 12). As plantas sob os tratamentos contendo solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2, T3 e T4) apresentaram redução, em média, correspondendo a 31,81 e 34,77% para MFCAP e MSCAP, respectivamente, em relação ao controle (T1) (Tabela 12).

O diâmetro interno do capítulo (DI) das plantas submetidas aos tratamentos com 50, 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado diferiram significativamente do tratamento controle – T1 (Tabela 12). De maneira geral, esses resultados se assemelham aos encontrados por Oliveira (2015) em estudos com uso de efluente doméstico tratado para a produção da mesma variedade de girassol ornamental. Este autor observou valores de diâmetro interno do capítulo variando de 6,73 a 7,78 cm enquanto no presente estudos as médias encontradas variaram de 7,07 a 8,07 cm.

Com relação ao diâmetro externo do capítulo (DE), os tratamentos controle (T1) e com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico (T4) não diferiram significativamente entre si, expressando médias superiores aos demais tratamentos, ressaltando que não houve diferença significativa entre os tratamentos T4 e os tratamentos T3 e T2 com a 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (Tabela 12).

Os resultados para o DE da cultivar de girassol ornamental Anão de Jardim foram semelhantes aos encontrados no experimento desenvolvido por Oliveira et al. (2017) utilizando diferentes diluições de efluente doméstico tratado para a mesma cultivar de girassol, em que observaram médias variando de 15,20 a 16,25 cm. Ainda, de acordo a descrição informada pela Empresa ISLA Sementes[®] o diâmetro externo das inflorescências da cultivar Anão de Jardim pode variar de 14 a 18 cm.

Os diâmetros encontrados no presente estudo compreenderam médias gerais de 7,35 cm para o DI e de 15,00 cm para DE, ressaltando que os tratamentos T3 e T4 proporcionaram economia de fertilizantes e mantiveram os DI e DE dentro do padrão de comercialização, pois de acordo com Sakata Seed Corporation (2003) os valores de diâmetro externo de inflorescência para comercialização de girassol ornamental devem estar entre 10 e 15 cm de bráctea a bráctea.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para massa fresca do capítulo (MFCAP), massa seca do capítulo (MSCAP), diâmetro interno (DI) e externo (DE) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		MFCAP	MSCAP	DI	DE
Tratamento	3	1440,051*	102,275*	1,435*	5,180*
Resíduo	20	61,440	3,403	0,232	0,643
C.V.	(%)	10,97	10,77	6,56	5,34
Tratamentos		Médias [#]			
		(g)	(g)	(cm)	(cm)
T1-100% NT em AA		93,10 a	22,99 a	8,16 a	16,17 a
T2-100% NT em EDT		60,55 b	14,89 b	7,13 b	14,27 b
T3-75% NT em EDT		69,95 b	16,37 b	7,19 b	14,79 b
T4-50% NT em EDT		59,96 b	13,73 b	7,03 b	14,99 ab
Média		70,89	16,99	7,37	15,06

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.1.3 Teor de nutrientes, consumo hídrico e eficiência de uso de água

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos nos teores de N, P e K encontrados nos tecidos vegetais (folha e caule) do girassol ornamental cv. Anão de Jardim (Tabela 13). Contudo os teores dos macronutrientes Ca e Mg presentes nas folhas e teor do Ca no caule foram influenciados de forma significativa pela aplicação dos distintos tratamentos.

O teor de Ca presente nas folhas das plantas de girassol cultivadas sob tratamento T4 (50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado) apresentou redução de 50,3% quando comparado ao tratamento controle contendo 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em água de abastecimento (T1). O tratamento T3 não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento controle (T1) e ao T2 com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado, que por sua vez não diferiu do tratamento T4 (Tabela 13). Para o teor de Mg na folha o tratamento controle (T1) diferiu dos demais, apresentando o teor de Mg em média 37,88% maior nas folhas em relação aos outros tratamentos (Tabela 13).

Os teores de nutrientes encontrados na folha e caule de girassol cv. Anão de Jardim variaram na sequência N > K > Ca > P > Mg e K > N > Ca > P > Mg, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Zobiolo et al. (2010) em estudos com marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol em sistema de cultivo convencional, com

exceção apenas para o teor de fósforo que no presente estudo tanto na folha quanto no caule foi maior que magnésio enquanto no estudo de Zobiole et al. (2010) foi menor que Mg.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para teor de macronutrientes no tecido vegetal seco das folhas e caule de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas no período de prefloração.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Folhas						
Tratamento	3	0,174 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,268 ^{ns}	1,404*	0,035*
Resíduo	20	0,134	0,017	0,157	0,113	0,002
C.V.	(%)	5,88	14,35	12,83	13,67	8,48
Tratamentos		Médias (dag kg⁻¹ matéria seca)[#]				
T1-100% NT em AA		5,90 a	0,89 a	3,34 a	3,30 a	0,74 a
T2-100% NT em EDT		6,24 a	1,00 a	2,69 a	2,33 bc	0,54 b
T3-75% NT em EDT		6,23 a	0,96 a	3,30 a	2,58 ab	0,58 b
T4-50% NT em EDT		6,49 a	0,76 a	3,02 a	1,64 c	0,49 b
Média		6,21	0,90	3,09	2,46	0,59
Caule						
Tratamento	3	0,041 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,280 ^{ns}	0,857*	0,025 ^{ns}
Resíduo	20	0,193	0,019	0,067	0,034	0,006
C.V.	(%)	13,99	15,81	7,33	9,16	11,95
Tratamentos		Médias (dag kg⁻¹ matéria seca)[#]				
T1-100% NT em AA		3,05 a	0,89 a	3,65 a	2,31 a	0,72 a
T2-100% NT em EDT		3,04 a	0,95 a	3,70 a	2,30 a	0,63 a
T3-75% NT em EDT		3,30 a	0,94 a	3,72 a	2,30 a	0,78 a
T4-50% NT em EDT		3,16 a	0,77 a	3,08 a	1,25 b	0,57 a
Média		3,14	0,89	3,54	2,04	0,68

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos em todas as épocas de avaliação (15, 30 e 45 DAT) para variável consumo hídrico da cultivar de girassol ornamental Anão de Jardim (Tabela 14). Na avaliação realizada aos 15 DAT o tratamento com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado expressou maior consumo hídrico em relação aos demais tratamentos, tendo o tratamento com solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes da solução preparada em efluente doméstico tratado (T4) expressado menor média dentre eles.

Aos 30 DAT o tratamento controle (T1) expressou o maior consumo hídrico dentre todos os tratamentos, e as plantas cultivadas com 50% da concentração de nutrientes da

solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram menor consumo hídrico acumulado (Tabela 14), para estes tratamentos o consumo variou de 2,33 a 2,94 L por planta. Este fato pode ser explicado em função das plantas sob o tratamento controle (T1) terem apresentado maior área foliar e, conseqüentemente, maior matéria fresca e seca resultando na maior demanda hídrica devido ao fenômeno de transpiração e acúmulo de massa. Aos 45 DAT não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a variável expressando uma variação de 3,55 a 3,96 L por planta.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a variável consumo hídrico (CH) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
Tratamentos	3	0,029 [*]	0,391 [*]	0,307 [*]
Resíduo	20	0,000	0,011	0,082
C.V.	(%)	3,04	4,33	7,70
Tratamentos		Médias (L planta⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,76 b	2,94 a	3,96 a
T2-100% NT em EDT		0,77 b	2,72 b	3,93 a
T3-75% NT em EDT		0,82 a	2,58 b	3,77 a
T4-50% NT em EDT		0,65 c	2,33 c	3,55 a
Média		0,75	2,64	3,75

^{*} significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados da ANOVA para eficiência do uso da água (EUA). Nota-se que houve efeito significativo dos tratamentos em todos os períodos analisados. Aos 15 DAT o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentou a maior EUA diferindo significativamente em relação aos demais tratamentos. Aos 30 DAT, os tratamentos com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em água de abastecimento e efluente doméstico tratado (T1 e T2) apresentaram médias significativamente superiores aos demais tratamentos. Aos 45 DAT o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado apresentou a menor média diferindo dos demais tratamentos (Tabela 15). Estes resultados demonstram que aparentemente o uso do efluente doméstico tratado não interferiu na absorção de água e formação de massa pelas plantas proporcionando pleno desenvolvimento.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA) do girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
Tratamentos	3	8,930*	14,523*	51,074*
Resíduo	20	0,038	0,200	1,914
C.V.	(%)	3,50	4,63	11,29
Tratamentos		Médias [#] (g MS ⁻¹)		
T1-100% NT em AA		4,99 b	10,53 a	14,00 a
T2-100% NT em EDT		5,08 b	10,95 a	14,14 a
T3-75% NT em EDT		4,97 b	9,74 b	12,90 a
T4-50% NT em EDT		7,45 a	7,46 c	7,95 b
Média		5,62	9,67	12,25

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; MS – matéria seca; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Analisando os resultados observados no ciclo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim pode-se afirmar que é possível utilizar solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado em sistema hidropônico DFT em estrutura tipo bancada. As plantas sob todos os tratamentos produziram flor de qualidade comercial em termos de altura de haste, diâmetro de caule e diâmetro interno e externo de capítulo. No início do ciclo até 20 DAT a solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes preparada em efluente doméstico tratado (T4) pode ser utilizada sem comprometimento do crescimento inicial da cultura, e após este período 75 ou 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 ou T2) pode ser utilizado, proporcionando resultados semelhantes ou até melhores que os obtidos com uso de solução nutritiva com 100% da concentração de nutrientes preparada em água de abastecimento (T1), proporcionando economia de insumos utilizados no preparo da solução e preservando o meio ambiente, pois está sendo empregada uma água que normalmente seria descartada em rios e lagos, causando poluição hídrica e sérios riscos ambientais.

A Figura 13 apresenta resultados obtidos sob diferentes tratamentos de forma comparativa em relação ao tratamento controle (T1), ordenando resultados de todas as variáveis estudadas em seis classes (<0,8; 0,8-1,0; 1,0-1,2; 1,2-1,4; 1,4-1,6; >1,6). Na comparação entre T1 e T2 (100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em água de abastecimento ou efluente doméstico tratado, respectivamente) constata-se que 85% das variáveis apresentaram resultados com variação no máximo de 20% sendo que para 32% das

variáveis no tratamento com 100% da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2) o valor foi superior ou igual ao tratamento controle (Figura 13A).

Para a relação T1/T3 (75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado) houve comportamento semelhante, tendo em 78% dos casos os resultados das variáveis apresentando variação máxima de até 20% em relação ao tratamento controle, sendo que em 45% dos casos os valores observados em T3 foram superiores ou iguais aos obtidos no tratamento controle (Figura 13B). Tal situação implica em uma economia de 25% de fertilizantes.

Em relação ao tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4), 50% das variáveis analisadas apresentaram valores que variaram no máximo 20% em relação ao controle sendo que 29% das variáveis analisadas neste tratamento tiveram valores superiores ou iguais ao T1 (Figura 13C). Esses resultados indicam que T4 mesmo com características comerciais aceitáveis, apresenta para maioria das variáveis resultados inferiores em relação ao controle (T1).

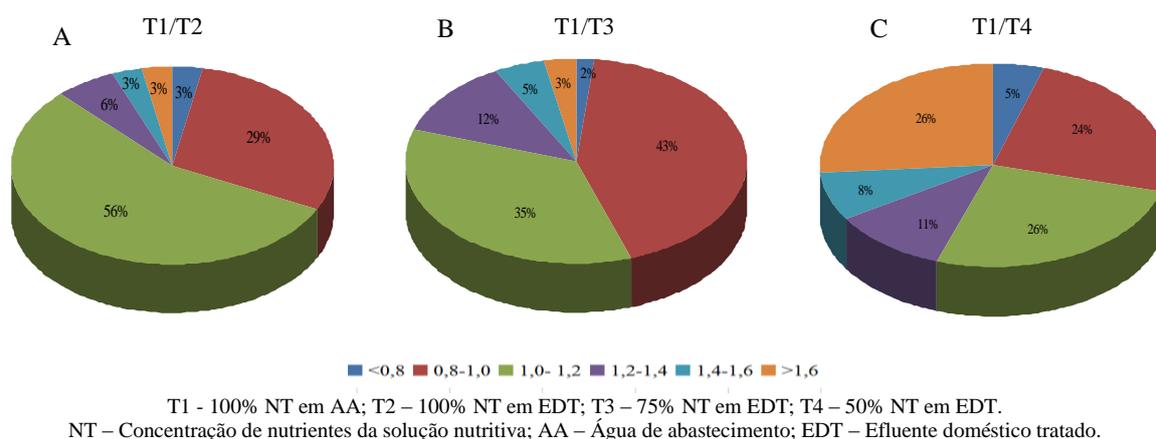


Figura 13. Resultados comparativos das variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas ordenados em diferentes classes.

4.2 Experimento II: Efluente doméstico tratado como fonte complementar de nutrientes no cultivo de girassol ornamental em sistema hidropônico DFT tipo pirâmide

4.2.1 Variáveis biométricas e taxas de crescimento absoluto e relativo

Conforme resumo da análise de variância verifica-se efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a altura de plantas nas avaliações realizadas aos 30 e 40 dias após o transplântio (DAT) (Tabela 16). Para as variáveis diâmetro do caule e número de folhas não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos em nenhuma época de avaliação (Tabela 16).

As plantas de girassol cultivadas em solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes preparada em efluente doméstico tratado (T4) tiveram uma diminuição significativa na altura, cerca de 25,41 e 26,77% aos 30 e 40 DAT, respectivamente, quando comparada as média de outros tratamentos que não diferiram entre si (Tabela 16). Os resultados obtidos no presente trabalho para altura de plantas contradizem os encontrados por Souza et al. (2010) que em estudos realizados com a utilização de água residuária e adubação orgânica no cultivo do girassol ornamental cv. Embrapa BRS Oásis, verificaram que o uso dessa água provocou incremento significativo na altura das plantas quando comparado ao tratamento controle com adubação mineral. A divergência em resposta das plantas tanto pode ser devido às condições ambientais em que os ensaios foram realizados como também por causa da variação genética entre as cultivares.

Resultados distintos foram obtidos na estrutura do tipo bancada (Experimento I), em que não ocorreu efeito significativo dos tratamentos sobre a altura de plantas de girassol para as avaliações realizadas aos 30 e 40 DAT, tendo o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) expressado o menor crescimento para ambas as épocas (Tabela 16). Contudo, a altura de plantas para todos os tratamentos foi satisfatória, demonstrando que houve disponibilidade adequada de água e nutrientes para o desenvolvimento da cultivar, garantindo a altura das plantas dentro do padrão de comercialização, que de acordo a empresa fornecedora das sementes ISLA Sementes[®] é de 40 a 50 cm.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) do girassol cv. Anão de Jardim cultivado sob diferentes soluções nutritivas aos 10, 20, 30 e 40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT
Altura de plantas					
Tratamento	3	1,442 ^{ns}	2,438 ^{ns}	135,899*	427,042*
Resíduo	20	0,766	4,412	26,146	53,467
C.V.	(%)	12,20	13,23	16,31	13,35
Tratamentos		Médias (cm)[#]			
T1-100% NT em AA		6,96 a	16,40 a	34,83 a	58,66 a
T2-100% NT em EDT		7,87 a	16,33 a	33,71 a	62,50 a
T3-75% NT em EDT		7,13 a	15,03 a	31,00 ab	55,00 a
T4-50% NT em EDT		6,73 a	15,72 a	24,75 b	43,00 b
Média		7,17	15,87	31,07	54,79
Diâmetro do caule					
Tratamento	3	0,451 ^{ns}	1,688 ^{ns}	6,653 ^{ns}	16,047 ^{ns}
Resíduo	20	0,196	1,255	4,367	7,166
C.V.	(%)	10,87	12,19	16,04	18,43
Tratamentos		Médias (mm)[#]			
T1-100% NT em AA		4,75 a	9,45 a	14,16 a	16,42 a
T2-100% NT em EDT		4,55 a	8,80 a	13,63 a	15,24 a
T3-75% NT em EDT		4,17 a	8,70 a	12,43 a	13,75 a
T4-50% NT em EDT		4,76 a	9,80 a	11,88 a	12,70 a
Média		4,56	9,19	13,03	14,53
Número de folhas					
Tratamento	3	0,111 ^{ns}	0,819 ^{ns}	16,486 ^{ns}	14,480 ^{ns}
Resíduo	20	0,150	0,833	3,033	6,45
C.V.	(%)	4,94	6,14	8,55	9,06
Tratamentos		Médias[#]			
T1-100% NT em AA		7,83 a	14,50 a	20,67 a	27,67 a
T2-100% NT em EDT		8,00 a	15,33 a	21,00 a	29,17 a
T3-75% NT em EDT		7,83 a	14,67 a	21,83 a	29,33 a
T4-50% NT em EDT		7,67 a	15,00 a	20,00 a	26,00 a
Média		7,83	14,87	21,00	28,04

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

As plantas de girassol cv. Anão de Jardim apresentaram maior crescimento em altura no período de avaliação de 30 a 40 DAT, com destaque para o tratamento com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3) que promoveu crescimento em altura de plantas semelhante aos tratamentos controle (T1) e a 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T2), proporcionando uma economia de 25% de fertilizantes.

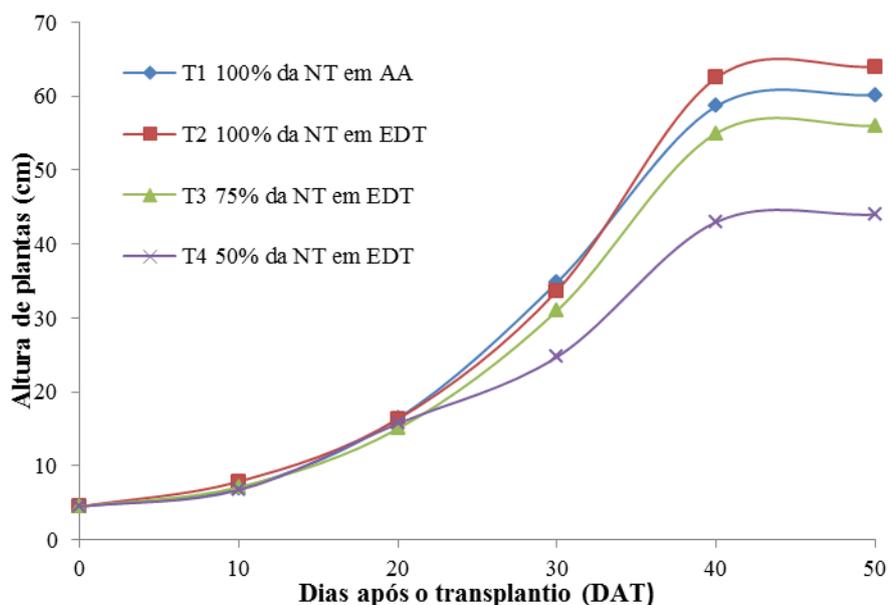


Figura 14. Altura de plantas do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

Verifica-se efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo em altura de planta (TCR_{AP}) do girassol ornamental em todos os períodos avaliados, com exceção do período 30-40 DAT para TCR_{AP} . No período 30-40 DAT foi observado maior crescimento absoluto em altura de plantas, sendo que o tratamento com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2) apresentou a maior TCA_{AP} , com $2,86 \text{ cm dia}^{-1}$, diferindo dos demais tratamentos. Ao contrário, as plantas cultivadas em solução com 50% da concentração de nutrientes em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram a menor média de TCA_{AP} (Tabela 17).

O maior crescimento relativo em altura (TCR_{AP}) foi observado no período 10-20 DAT, sendo que o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) não diferiu significativamente do tratamento controle (T1), apresentando as maiores médias de TCR_{AP} (Tabela 17). De maneira geral, para o período 30 a 40 DAT as plantas sob diferentes concentrações de solução nutritiva preparadas em efluente doméstico tratado apresentaram tendência semelhante de crescimento em altura (Figura 14). Resultados opostos foram observados no Experimento I, em que plantas cultivadas sob tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram menores taxas de crescimento para o mesmo período (Tabela 5).

Tabela 17. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo de altura (TCR_{AP}) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas nos intervalos de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		10 – 20 DAT	20 – 30 DAT	30 – 40 DAT
TCA_{AP}				
Tratamento	3	0,018*	1,055*	1,105*
Resíduo	20	0,001	0,000	0,002
C.V.	(%)	2,89	0,83	1,85
Tratamentos		Médias (cm dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,93 a	1,83 a	2,37 c
T2-100% NT em EDT		0,84 c	1,73 c	2,86 a
T3-75% NT em EDT		0,80 d	1,59 b	2,45 b
T4-50% NT em EDT		0,88 b	0,90 d	1,82 d
Média		0,86	1,66	2,41
TCR_{AP}				
Tratamento	3	0,000*	0,001*	0,000 ^{ns}
Resíduo	20	0,000	0,000	0,000
C.V.	(%)	7,69	9,21	12,87
Tratamentos		Médias (cm cm⁻¹ dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,08 a	0,08 a	0,05 a
T2-100% NT em EDT		0,07 c	0,07 a	0,06 a
T3-75% NT em EDT		0,07 bc	0,07 a	0,05 a
T4-50% NT em EDT		0,08 ab	0,05 b	0,06 a
Média		0,08	0,07	0,06

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Para a variável diâmetro do caule não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos em nenhuma época de avaliação (Tabela 16), indicando que o efluente doméstico tratado forneceu suprimento adequado de água e nutrientes ao girassol cv. Anão de Jardim. Esse resultado diverge do encontrado para o diâmetro do caule no Experimento I, em que foram utilizados os mesmos tratamentos em estrutura do tipo bancada, sendo observado efeito significativo dos tratamentos para o diâmetro do caule aos 30 e 40 DAT. O fato das plantas terem sido cultivadas em estrutura do tipo pirâmide e devido a sua arquitetura houve maior adensamento, podendo ter acarretado no menor desenvolvimento das plantas em diâmetro do caule em comparação as cultivadas em estrutura tipo bancada por causa da redução da luminosidade.

Segundo Curti (2010) é desejável comercialmente que o diâmetro da haste seja resistente para possibilitar a sustentação da inflorescência do girassol, que geralmente tem maior massa em comparação a outras espécies de flor de corte, como a rosa e a gérbera. Devido a esse fato houve a necessidade das plantas em consolidar a formação do caule logo

no início do ciclo devido à necessidade de sustentação das folhas e, posteriormente, da inflorescência, pois, embora a cultivar seja classificada como de pequeno porte suas folhas desenvolvem-se semelhantemente à das cultivares de girassóis de porte superior.

De maneira geral, constata-se que as plantas em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva preparadas em efluente doméstico tratado ou água de abastecimento cultivadas em estrutura tipo pirâmide apresentaram crescimento em DC semelhante estatisticamente até o final do ciclo diferente dos resultados obtidos no Experimento I em estrutura tipo bancada, em que foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a variável aos 30 e 40 DAT (Figura 15).

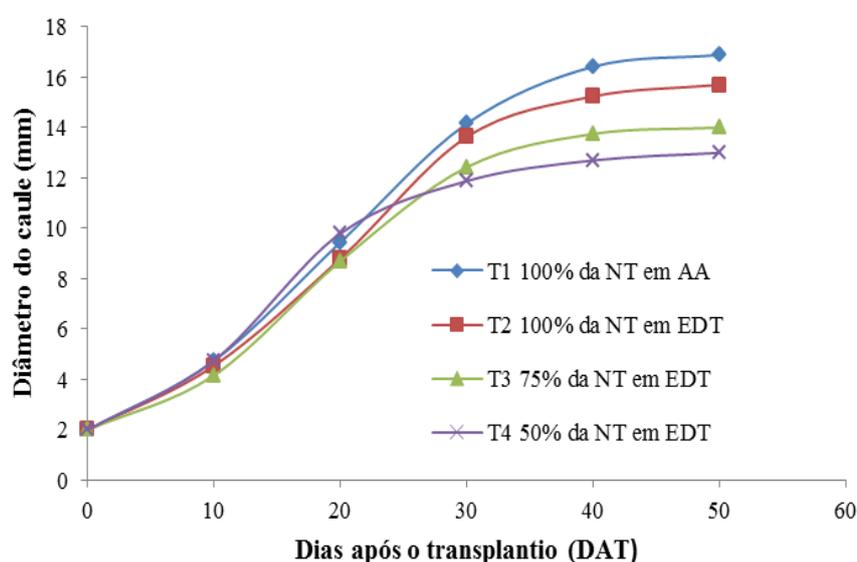


Figura 15. Diâmetro de caule do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo dos tratamentos na taxa de crescimento absoluto em diâmetro do caule (TCA_{DC}) referente aos intervalos de 20-30 e 30-40 DAT. As plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim apresentaram maior TCA_{DC} , em média $1,09 \text{ mm dia}^{-1}$, no intervalo de 10-20 DAT quando comparadas aos demais períodos. Para este período não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a variável, reafirmando o potencial do efluente doméstico tratado em suprir a demanda nutricional da cultivar no período mencionado, promovendo economia de fertilizantes, no caso dos tratamentos a 50 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (Tabela 18).

Para o período de 20-30 DAT, os tratamentos controle (T1) e com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2) não apresentaram diferença significativa entre si, tendo os tratamentos com 50 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico apresentado as menores médias de TCA_{DC} . No período de 30-40 as plantas cultivadas sob tratamento controle apresentaram médias superiores aos demais tratamentos. O tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) expressou as menores médias dentre os tratamentos (Tabela 18).

Não houve efeito significativo dos tratamentos para TCR_{DC} em nenhum período avaliado, demonstrando que o efluente doméstico tratado utilizado em estrutura tipo pirâmide proporcionou padrão de desenvolvimento em diâmetro do caule semelhante em todos os tratamentos.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento absoluto (TCA_{DC}) e relativo de diâmetro de caule (TCR_{DC}) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas no intervalo de 10-20, 20-30 e 30-40 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		10 – 20 DAT	20 – 30 DAT	30 – 40 DAT
TCA_{DC}				
Tratamento	3	0,004 ^{ns}	0,022 [*]	0,024 [*]
Resíduo	20	2,476	0,002	0,001
CV	(%)	33,56	31,50	4,76
Tratamentos		Médias (mm dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		1,13 a	0,22 a	0,23 a
T2-100% NT em EDT		1,09 a	0,15 ab	0,16 b
T3-75% NT em EDT		1,09 a	0,13 b	0,14 c
T4-50% NT em EDT		1,07 a	0,08 b	0,08 d
Média		1,09	0,14	0,15
TCR_{DC}				
Tratamento	3	0,015 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo	20	0,022	0,009	0,000
C.V.	(%)	14,47	15,26	19,25
Tratamentos		Médias (mm mm⁻¹ dia⁻¹)[#]		
T1-100% NT em AA		0,15 a	0,15 a	0,01 a
T2-100% NT em EDT		0,15 a	0,04 a	0,01 a
T3-75% NT em EDT		0,06 a	0,04 a	0,01 a
T4-50% NT em EDT		0,07 a	0,02 a	0,02 a
Média		0,11	0,06	0,01

^{*} significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A maior média da taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule, equivalente a $0,11 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, a exemplo da TCA_{DC} , foi verificada no mesmo período, de 10-20 DAT (Tabela 18), observando-se que não ocorreu efeito significativo em nenhum período de avaliação, reafirmando o potencial nutricional e hídrico do efluente doméstico tratado e destacando a economia de fertilizantes proporcionada pelos tratamentos com 50 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4 e T3).

Não houve influência significativa ($p > 0,05$) dos tratamentos sobre o número de folhas em nenhuma época de avaliação, apresentando média geral de 28 folhas por planta aos 40 DAT (Tabela 16). Esse resultado corrobora o encontrado por Andrade et al. (2014) em estudos com qualidade de flores de girassol ornamental irrigado com água residuária e doses de esterco, em que não observaram efeito significativo para o número de folhas proporcionado pelo fator água residuária. Resultados semelhantes para número de folhas também foram observados no Experimento I, em que não houve efeito significativo dos tratamentos em nenhuma época de avaliação, indicando que o uso do efluente doméstico tratado mesmo em condições de redução dos fertilizantes necessários ao preparo da solução nutritiva não afeta negativamente o número de folhas.

O uso do efluente doméstico para o preparo da solução nutritiva não revelou efeito significativo sobre a área foliar (AF) nas plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim nas avaliações realizadas aos 15 e 30 DAT (Tabela 19). Este fato pode estar associado ao número de folhas, que também não apresentou diferença entre as plantas submetidas aos tratamentos distintos em nenhuma época de avaliação. Resultados opostos foram observados no Experimento I, em que foi observado efeito significativo dos tratamentos sob a variável área foliar aos 30 DAT, tendo o tratamento controle (T1) apresentado médias superiores aos demais tratamentos.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para área foliar (AF) de girassol cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas aos 15 e 30 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio	
		15 DAT	30 DAT
Tratamento	3	0,000 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Resíduo	12	0,000	0,003
C.V.	(%)	20,79	23,99
Tratamentos		Médias[#] (m²) planta⁻¹	
T1-100% NT em AA		0,07 a	0,26 a
T2-100% NT em EDT		0,05 a	0,30 a
T3-75% NT em EDT		0,07 a	0,28 a
T4-50% NT em EDT		0,06 a	0,24 a
Média		0,05	0,28

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4.2.2 Massa fresca e seca acumulada e componentes de produção

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a massa fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) aos 30 e 45 DAT, apresentando comportamento semelhante para ambas as variáveis. As plantas cultivadas sob tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram médias inferiores para MFF quando comparado aos demais tratamentos, proporcionando uma redução de 31,7 e 30,7% aos 30 e 45 DAT, respectivamente quando comparado ao tratamento controle (Tabela 20).

Os tratamentos com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparadas em efluente doméstico tratado (T3 e T2) não apresentaram diferença significativa quando comparadas ao tratamento controle (T1) na avaliação realizada aos 30 DAT (Tabela 20). Este fato ressalta o potencial nutricional do efluente doméstico no pleno desenvolvimento da cultivar de girassol, proporcionando redução no uso dos fertilizantes imprescindíveis para o preparo da solução nutritiva.

Tabela 20. Resumo da análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada sob diferentes soluções nutritivas aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
MFF				
Tratamento	3	29,658 ^{ns}	579,548*	1150,00*
Resíduo	20	13,605	162,326	59,923
C.V.	(%)	30,11	20,92	8,31
Tratamentos		Médias[#] (g)		
T1-100% NT em AA		14,22 a	72,06 a	110,37 a
T2-100% NT em EDT		10,21 a	64,97 ab	92,50 b
T3-75% NT em EDT		10,44 a	57,42 ab	93,18 b
T4-50% NT em EDT		14,12 a	49,21 b	76,47 c
Média		12,24	60,91	93,13
MSF				
Tratamento	3	0,571 ^{ns}	11,362*	25,865*
Resíduo	20	0,266	3,178	1,341
C.V.	(%)	30,06	20,91	8,30
Tratamentos		Médias[#] (g)		
T1-100% NT em AA		1,99 a	10,08 a	16,54 a
T2-100% NT em EDT		1,43 a	9,09 ab	13,86 b
T3-75% NT em EDT		1,46 a	8,04 ab	13,96 b
T4-50% NT em EDT		1,98 a	6,88 b	11,46 c
Média		1,72	8,53	13,96

*significativo a 0,05 de probabilidade; ns não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a massa fresca (MFC) e seca do caule (MSC) aos 30 e 45 dias após o transplântio (Tabela 21). Aos 30 DAT, as plantas cultivadas com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram as menores médias de MFC (43,64 g) e MSC (4,79 g), diferindo do tratamento controle (T1) e não diferindo dos tratamentos com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado.

As plantas cultivadas em solução com 50% da concentração de nutrientes em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram menor crescimento em altura de plantas, conseqüentemente tiveram menor comprimento caulinar, apresentando diâmetro do caule inferior aos demais tratamentos e acarretando em redução nas MFC e MSC. O tratamento controle (T1) apresentou as maiores médias de MFC e MSC, não diferindo dos tratamentos T2 e T3, com 100 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado, respectivamente (Tabela 21).

Tabela 21. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivada em diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
MFC				
Tratamento	3	63,980 ^{ns}	1264,021*	5888,442*
Resíduo	20	3,681	299,844	325,351
C.V.	(%)	17,02	24,58	12,25
Tratamentos		Médias (g)[#]		
T1-100% NT em AA		14,30 a	77,69 a	160,80 ab
T2-100% NT em EDT		13,34 a	67,59 ab	136,29 bc
T3-75% NT em EDT		13,54 a	57,80 ab	182,80 a
T4-50% NT em EDT		13,88 a	43,64 b	109,23 c
Média		13,71	61,68	147,28
MSC				
Tratamento	3	0,090 ^{ns}	15,324*	51,187*
Resíduo	20	0,090	2,779	5,129
C.V.	(%)	21,54	27,49	12,49
Tratamentos		Médias (g)[#]		
T1-100% NT em AA		1,43 a	8,54 a	19,30 ab
T2-100% NT em EDT		1,33 a	7,43 ab	16,35 bc
T3-75% NT em EDT		1,42 a	6,36 ab	21,93 a
T4-50% NT em EDT		1,52 a	4,79 b	13,11 c
Média		1,41	6,89	17,67

*significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Aos 45 DAT, o tratamento com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) proporcionou os menores valores de MFC (109,23 g) e MSC (13,11 g) nas plantas de girassol quando comparado aos demais tratamentos, enquanto que as plantas cultivadas com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3) obtiveram as maiores médias de MFC (182,8 g) e MSC (21,93 g), representando um acréscimo de aproximadamente 13,7% nas MFC e MSC quando comparado ao tratamento controle – T1 (Tabela 21). Comportamento semelhante foi observado no Experimento I, em que foi observado efeito significativo aos 45 DAT para as mesmas variáveis.

As plantas em diferentes concentrações de solução nutritiva preparadas em efluente doméstico tratado ou água de abastecimento apresentaram maior acúmulo de massa seca da parte aérea no período 30-45 DAT.

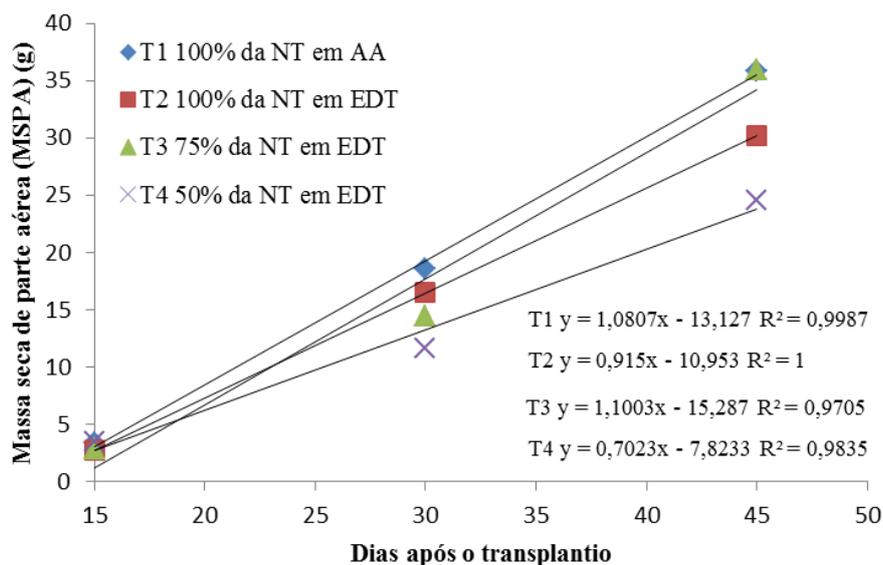


Figura 16. Massa seca da parte aérea do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (NT) preparada em água de abastecimento (AA) ou efluente doméstico tratado (EDT).

A taxa de crescimento absoluto em massa seca de parte aérea (TCA_{MSPA}) foi afetada significativamente no período de 15-30 DAT, sendo que melhores resultados ($1,52 \text{ g dia}^{-1}$) foram proporcionados pelo tratamento controle – T1. As plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivadas com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3) apresentaram TCA_{MSPA} , no período de 30-45 DAT, superior ($2,39 \text{ g dia}^{-1}$) aos demais tratamentos, expressando maior taxa de crescimento absoluto e confirmando este período como de maior desenvolvimento da TCA_{MSPA} (Tabela 22).

Foi observado efeito significativo para taxa de crescimento relativo em massa seca de parte aérea (TCR_{MSPA}) em ambos os intervalos avaliados. A maior média de TCR_{MSPA} ($0,15 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) ocorreu no período de 15-30 DAT. As plantas de girassóis cultivadas com 50% da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) não diferiram das plantas do tratamento controle (T1), porém, apresentaram diferenças significativas quando comparado aos tratamentos com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 e T2), apresentando a menor TCR_{MSPA} dentre eles ($0,13 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (Tabela 22).

No período de 30-45 DAT foi verificado que os tratamentos com 50 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4 e T3) apresentaram diferenças significativas quando comparados aos tratamentos controle (T1) e

com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T2). Contudo crescimento relativo neste período foi baixo (aproximadamente um terço do período anterior) (Tabela 22). Resultados semelhantes foram observados no Experimento I, em que plantas de girassol apresentaram, para mesmo período de 30-45 DAT, uma redução de um terço quando comparado ao período de 15-30 DAT.

Tabela 22. Resumo da análise de variância taxas de crescimento absoluto (TCA_{MSPA}) e relativo de massa da parte aérea (TCR_{MSPA}) sob diferentes soluções nutritivas no intervalo de 15-30 e 30-45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio	
		15 – 30 DAT	30 – 45 DAT
TCA_{MSPA}			
Tratamento	3	0,001*	0,001*
Resíduo	20	0,000	0,000
C.V.	(%)	8,59	11,28
Tratamentos		Médias ($g\ dia^{-1}$)[#]	
T1-100% NT em AA		1,52 a	2,08 b
T2-100% NT em EDT		1,37 b	1,19 d
T3-75% NT em EDT		1,24 c	2,39 a
T4-50% NT em EDT		0,85 d	1,89 c
Média		1,25	1,89
TCR_{MSPA}			
Tratamento	3	0,000*	0,004*
Resíduo	20	0,000	0,003
C.V.	(%)	20,79	23,99
Tratamentos		Médias ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$)[#]	
T1-100% NT em AA		0,15 ab	0,05 b
T2-100% NT em EDT		0,16 a	0,04 b
T3-75% NT em EDT		0,15 a	0,07 a
T4-50% NT em EDT		0,13 b	0,07 a
Média		0,15	0,06

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre o número de dias para o aparecimento do botão floral (ABF) de girassol cv. Anão de Jardim (Tabela 23). Os tratamentos controle (T1) e com 50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) não diferiram estatisticamente entre si, apresentando redução do ABF em média de dois dias em comparação aos demais tratamentos, expressando maior precocidade para o florescimento (Tabela 23). Quanto ao T4, o fato das plantas estarem submetidas a uma solução nutritiva com redução de nutrientes (50% da concentração de nutrientes da solução nutritiva), pode ter acarretado na antecipação do ciclo produtivo em comparação as que estavam cultivadas com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado. Em relação ao tratamento controle

(T1) aparentemente não se tem uma explicação plausível para essa precocidade. Esse resultado diverge dos encontrados por Andrade et al. (2012) que não encontraram efeito significativo quanto ao número de dias para o aparecimento do botão floral em estudos de qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com água residuária e de abastecimento.

Tabela 23. Resumo da análise de para aparecimento do botão floral (ABF) e abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio
ABF		
Tratamento	3	11,830*
Resíduo	20	1,516
C.V.	(%)	5,26
Tratamentos		Médias[#] (dias)
T1-100% NT em AA		22,00 a
T2-100% NT em EDT		25,00 b
T3-75% NT em EDT		24,00 b
T4-50% NT em EDT		22,00 a
Média		23,25
ATCAP		
Tratamento	3	30,486 ^{ns}
Resíduo	20	10,525
C.V.	(%)	7,83
Tratamentos		Médias[#] (dias)
T1-100% NT em AA		40,00 a
T2-100% NT em EDT		43,00 a
T3-75% NT em EDT		43,00 a
T4-50% NT em EDT		40,00 a
Média		41,50

*significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos sobre o número de dias para a abertura total do capítulo (ATCAP) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva (Tabela 23). Os valores médios obtidos para ATCAP foram semelhantes aos obtidos no Experimento I em estrutura do tipo bancada, demonstrando que apesar da diferença das estruturas e mesmo com o maior adensamento das plantas na estrutura do tipo pirâmide, o número de dias para a abertura total do capítulo não foi afetado de forma significativa pelos tratamentos estudados. Esse resultado corrobora o encontrado por Andrade et al. (2012) em estudos com qualidade de flores de girassóis ornamentais colorido irrigados com água residuária e de abastecimento, em que os

autores não encontraram efeito significativo dos tratamentos sobre a mesma variável, que levaram em média 76 dias para a abertura total do capítulo.

Quanto a massa fresca (MFCAP) e seca do capítulo (MSCAP), na ocasião da colheita foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre as plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim (Tabela 24). Nota-se que o tratamento controle (T1) apresentou MFCAP e MSCAP (76,17 g e 18,20 g, respectivamente) superior ($p < 0,05$) aos valores obtidos nos demais tratamentos. Contudo, quando foi utilizado efluente doméstico tratado não verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 24), comportamento semelhante ao observado no Experimento I.

Tabela 24. Resumo da análise de variância para massa fresca do capítulo (MFCAP), massa seca do capítulo (MSCAP), diâmetro interno (DI) e diâmetro externo (DE) de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		MFCAP	MSCAP	DI	DE
Tratamento	3	975,458*	56,696*	0,873 ^{ns}	3,531 ^{ns}
Resíduo	20	64,957	3,706	0,466	1,562
C.V.	(%)	13,82	13,82	9,76	8,47
		Médias[#]			
Tratamentos		(g)	(g)	(mm)	(mm)
T1-100% NT em AA		76,17 a	18,20 a	7,25 a	15,00 a
T2-100% NT em EDT		57,33 b	13,70 b	7,33 a	15,58 a
T3-75% NT em EDT		46,34 b	11,07 b	6,50 a	13,75 a
T4-50% NT em EDT		53,36 b	12,75 b	6,89 a	14,67 a
Média		58,30	13,93	6,99	14,75

*significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Quanto ao diâmetro interno (DI) e externo do capítulo (DE), não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos tratamentos (Tabela 24). Esses resultados divergem dos encontrados no Experimento I em estrutura tipo bancada, em que foi verificado efeito dos tratamentos sobre os DI e DE.

O objetivo principal no cultivo do girassol ornamental é sem dúvida a produção do capítulo, pois é o maior atrativo para a comercialização. Com isso, verificou-se que os tratamentos com 50 e 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4 e T3) proporcionaram economia de fertilizantes mantendo o DE dentro do padrão de comercialização, pois de acordo com Sakata Seed Corporation (2003), o DE do capítulo de girassol ornamental apto para comercialização deve estar entre 10 a 15 cm.

4.2.3 Teor de nutrientes, consumo hídrico e eficiência de uso de água

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) dos tratamentos sobre o acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) nos tecidos foliares e caulinar de plantas do girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivadas em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva na ocasião de colheita (Tabela 25). Esses resultados indicam que do ponto de vista nutricional quaisquer concentração de nutrientes utilizada para o preparo da solução nutritiva (entre 100 e 50%) teria a capacidade de fornecer macronutrientes adequadamente para crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim. Esses resultados divergem dos encontrados no Experimento I, em que foi utilizado sistema de cultivo em bancada, sendo verificada diferenças significativas para os teores de Ca e Mg na folha e Ca no caule. Contudo, no Experimento II, os teores de nutrientes na folha e no caule apresentaram a seguinte sequência $N>K>Ca>P>Mg$, semelhante a encontrada para o Experimento I, em que o teor de K foi superior ao de N no caule.

Tabela 25. Resumo da análise de variância para Análise de macronutrientes no tecido vegetal das folhas e caule de girassol ornamental cv. Anão de Jardim cultivado em diferentes soluções nutritivas na ocasião de colheita.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Folhas						
Tratamento	3	0,214 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,403 ^{ns}	0,294 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Resíduo	20	0,740	0,021	0,361	0,270	0,020
C.V.	(%)	13,70	18,35	21,37	22,31	24,76
Tratamentos		Médias (dag kg⁻¹)[#]				
T1-100% NT em AA		6,16 a	0,66 a	3,07 a	2,29 a	0,62 a
T2-100% NT em EDT		6,67 a	0,84 a	2,77 a	2,25 a	0,53 a
T3-75% NT em EDT		6,21 a	0,82 a	3,10 a	2,11 a	0,52 a
T4-50% NT em EDT		6,08 a	0,81 a	2,31 a	2,16 a	0,59 a
Média		6,28	0,78	2,81	2,20	0,57
Caule						
Tratamento	3	2,249 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,223 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo	20	0,748	0,022	0,336	0,099	0,0088
C.V.	(%)	25,76	19,31	18,02	19,46	16,72
Tratamentos		Médias (dag kg⁻¹)[#]				
T1-100% NT em AA		2,24 a	0,65 a	3,41 a	1,71 a	0,60 a
T2-100% NT em EDT		4,36 a	0,86 a	3,07 a	1,84 a	0,56 a
T3-75% NT em EDT		3,38 a	0,83 a	3,47 a	1,50 a	0,53 a
T4-50% NT em EDT		3,46 a	0,72 a	2,91 a	1,47 a	0,56 a
Média		3,36	0,76	3,21	1,63	0,56

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na Tabela 26 estão aparentados os resultados para consumo hídrico (CH) de plantas de girassol ornamental cv. Anão de Jardim, com efeito significativo dos tratamentos em todas as épocas de avaliação, sendo observado comportamento contrário ao obtido no Experimento I em estrutura tipo bancada. Aos 15 e 30 DAT o tratamento controle apresentou o maior consumo hídrico diferindo significativamente dos demais tratamentos. Aos 30 DAT o consumo hídrico variou de 1,69 a 2,34 L por planta. Aos 45 DAT não houve diferença significativa entre os tratamentos T1 e T2 apresentando os maiores consumos hídricos acumulados, para o referido período o consumo variou de 2,73 (T4) a 3,15 (T1) L por planta.

Tabela 26. Resumo da análise de variância para a variável consumo hídrico acumulado a cada 10 DAT (CH) do girassol cv. Anão de Jardim cultivado sob diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
Tratamentos	3	0,005 [*]	0,461 [*]	0,235 [*]
Resíduo	20	0,000	0,010	0,275
C.V.	(%)	4,57	5,06	3,99
Tratamentos		Médias (L planta ⁻¹) [#]		
T1-100% NT em AA		0,71 a	2,34 a	3,15 a
T2-100% NT em EDT		0,64 c	2,03 b	3,07 a
T3-75% NT em EDT		0,67 b	1,86 c	2,83 b
T4-50% NT em EDT		0,68 b	1,69 c	2,73 b
Média		0,67	1,98	2,94

^{*} significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; C.V. – coeficiente de variação.

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a variável eficiência do uso da água (EUA) em todas as avaliações. Aos 15 DAT as plantas sob o tratamento com 50% da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T4) apresentaram a maior EUA ($5,15 \text{ g MS}^{-1}$) diferindo ($p < 0,05$) dos tratamentos com 75 e 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado (T3 e T2) (Tabela 27).

Aos 30 e 45 DAT o tratamento T4 apresentou as menores médias ($6,90$ e $9,02 \text{ g L}^{-1}$, respectivamente) mostrando menor eficiência do uso da água em comparação aos demais tratamentos. Aos 45 DAT, o tratamento com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado promoveu a maior EUA ($12,69 \text{ g L}^{-1}$), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 27). Foi observado no período de 30-45 DAT

a maior taxa de crescimento absoluto para as plantas cultivadas sob tratamento com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado dentre os tratamentos, que por consequência resultou numa maior EUA.

Tabela 27. Resumo da análise de variância para a variável eficiência do uso da água (EUA) do girassol cv. Anão de Jardim cultivado sob diferentes soluções nutritivas preparadas em água de abastecimento e efluente doméstico tratado aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT).

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		15 DAT	30 DAT	45 DAT
Tratamentos	3	1,013*	1,875*	14,887*
Resíduo	20	0,051	0,301	0,196
C.V.	(%)	4,88	7,13	4,12
Tratamentos		Médias# (g MS ⁻¹)		
T1-100% NT em AA		4,84 a	7,95 a	11,41 b
T2-100% NT em EDT		4,34 b	8,17 a	9,87 c
T3-75% NT em EDT		4,30 b	7,78 a	12,69 a
T4-50% NT em EDT		5,15 a	6,90 b	9,02 d
Média		4,66	7,70	10,75

* significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade; NT – concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA – Água de abastecimento; EDT – Efluente doméstico tratado; MS – matéria seca; C.V. – coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

De forma geral a estrutura tipo pirâmide utilizada para o Experimento II se apresentou viável para o emprego de efluente doméstico tratado no cultivo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim em sistema hidropônico. O tratamento com 50% da solução nutritiva em efluente doméstico tratado poderá ser utilizado até os 20 DAT sem que haja comprometimento das características de crescimento da cultivar. As plantas sob o tratamento T3 (com 75% da concentração de nutrientes da solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado) apresentaram crescimento e produção semelhante ou superior ao T2 (com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em efluente doméstico tratado), assim pode ser utilizada no cultivo de girassol ornamental cv. Anão de Jardim.

O estudo comparativo entre os tratamentos T1 e T2 revelou que 78% das variáveis estudadas apresentaram valores dentro de 20% da variação em relação às plantas sob tratamento com 100% da concentração de nutrientes da solução nutritiva em água de abastecimento ou efluente doméstico tratado (T1 e T2 respectivamente), observa-se que 33% das variáveis do T2 foram superiores ao T1 (Figura 17A). A relação T1/T3 foi semelhante, sendo que 74% das variáveis apresentaram no máximo 20% da variação, com 33% das

variáveis do tratamento T3 superiores ao tratamento controle (Figura 17B). Na relação T1/T4, 58% das variáveis apresentaram variação de até 20%, sendo 15% das variáveis do tratamento T4 superiores as do tratamento controle (Figura 17C).

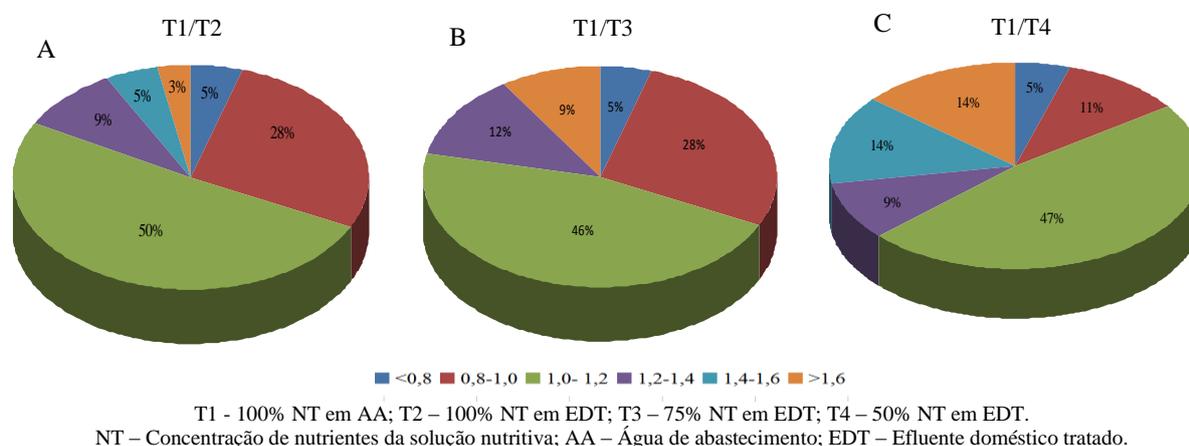
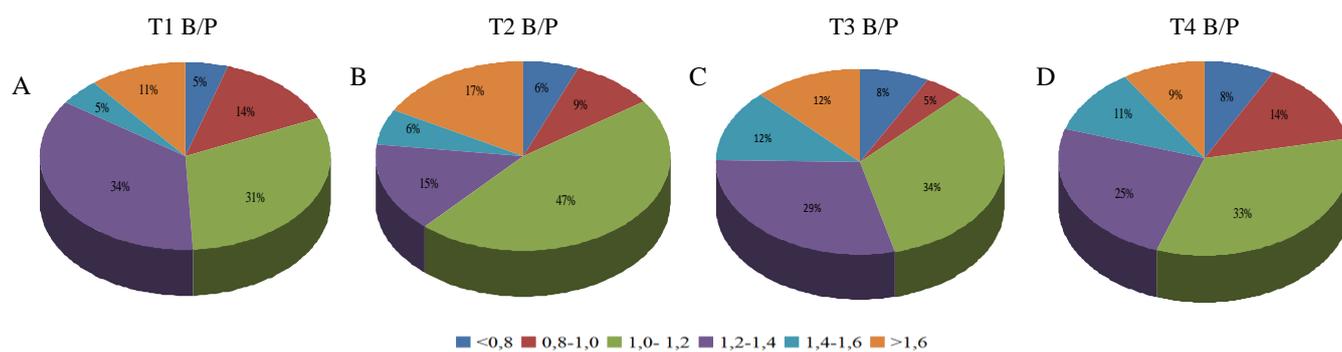


Figura 17. Resultados comparativos das variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas ordenados em diferentes classes.

O estudo comparativo dos dois sistemas de cultivo revela que 45% das variáveis de ambas as estruturas sob tratamento T1 apresentaram variação de até 20%, sendo que 19% das variáveis da estrutura tipo pirâmide foram superiores as da estrutura tipo bancada (Figura 18A). Para o tratamento T2, 54% das variáveis apresentaram 20% de variação entre as estruturas e apenas 15% das variáveis do Experimento II (pirâmide) apresentando valores superiores aos do Experimento I (bancada) (Figura 18B). As plantas cultivadas sob tratamento T3 apresentaram 39% de variáveis com valores variando em até 20% entre as estruturas (Figura 18C). A comparação dos resultados dos Experimentos I e II, com variação máxima de 20%, mostrou semelhança em 47% das variáveis para o tratamento T4, sendo que em 22% das variáveis os resultados foram superiores ao Experimento I (Figura 18D).



T1 - 100% NT em AA; T2 - 100% NT em EDT; T3 - 75% NT em EDT; T4 - 50% NT em EDT.
 NT - Concentração de nutrientes da solução nutritiva; AA - Água de abastecimento; EDT - Efluente doméstico tratado.

Figura 18. Resultados comparativos dos tipos de estruturas hidropônicas (B – Bancada e P – Pirâmide) para as variáveis de girassol ornamental cv. Anão de Jardim estudadas, ordenados em diferentes classes.

5. CONCLUSÕES

1. Ambas as estruturas de cultivo hidropônico DFT (bancada e pirâmide) são viáveis, do ponto de vista técnico, para o cultivo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim;
2. As soluções nutritivas preparadas com ou sem efluente doméstico tratado, independentemente do tipo de estrutura, podem ser utilizadas para a produção de girassol ornamental cv. Anão de Jardim;
3. Em termos relativos, a estrutura do tipo bancada proporcionou melhores resultados para os tratamentos com diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva, em comparação à estrutura do tipo pirâmide;
4. Os tratamentos com solução nutritiva a 75 e 100% da concentração de nutrientes preparadas em efluente doméstico tratado proporcionaram para a grande maioria das variáveis de crescimento e produção, resultados semelhantes à solução nutritiva padrão preparada em água de abastecimento, em contraste a solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes;
5. Na fase inicial de crescimento, até 20 dias após o transplântio, o tratamento com solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes preparada em efluente doméstico tratado no cultivo do girassol ornamental cv. Anão de Jardim destaca-se em relação aos demais tratamentos, em ambas as estruturas utilizadas;
6. Os teores de macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nas folhas e caule do girassol, com exceção de Ca e Mg nas folhas e Ca no caule das plantas cultivadas na estrutura do tipo bancada não variaram com os tratamentos estudados;
7. O consumo de água das plantas cultivadas nos tratamentos com solução nutritiva preparada em efluente doméstico tratado é menor em relação à solução preparada em água de abastecimento, em ambas as estruturas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE JÚNIOR, J.; AZEVEDO, C.; AZEVEDO, M.; FRANÇA, J.; MONTEIRO FILHO, A. Qualidade de águas residuárias e salobra utilizadas no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p.19-24, 2016.
- ALDERSON, M. P.; SANTOS, A. B.; MOTA FILHO, C. R. Reliability analysis of low-cost, full-scale domestic wastewater treatment plants for reuse in aquaculture and agriculture. **Ecological Engineering**, v.82, p.6-14, 2015.
- ALVES, S. M.; REBOUÇAS, J. R.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; SOUZA, L. di. Fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. **Irriga**, v.19, n.4, p.714-726, 2014.
- ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.1, p.41-46, 2009.
- ANDRADE, L. O. **Produção agroecológica de flores de girassol colorido irrigado com água residuária tratada**. Campina Grande, PB, 2011.196f.: il. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2011.
- ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, N. da S.; NASCIMENTO, S., COSTA, E. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. **Idesia** (Arica), v.30, n.2, p.19-27, 2012.
- ANDRADE, L. O.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S. Morfometria de plantas de girassol ornamental e atributos químicos de um solo irrigado com água residuária e adubado com esterco. **Científica**, v.43, n.3, p.268-279, 2015.
- ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: Uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.794-798, 2004.
- ANEFALOS, L. C.; CAIXETA FILHO, J. V. Avaliação do processo de exportação na cadeia de flores de corte utilizando modelo insumo-produto. **Revista Brasileira de Economia**, v.61, n.2, p.153-173, 2007.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. **Ciência Rural**, v.45, n.6, p.1000-1005, 2015.
- BARNABÉ, J. M. C.; DANTAS, R. M. L.; SOUZA, O. J. S.; BIONE, M. A. A.; SILVA, A. O.; SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F. Efeito da aeração sobre a produção de alface em hidroponia floating em condições salinas. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 9. 2009, Recife, PE. **Anais... IX JEPEX**, Recife, PE, 2009.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Viçosa: PROSAB, 2003. 253p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1.n.1, p.152-169, 2008.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

CÂMARA, G. M. de S. Girassol: Tecnologia da produção. In: LPV 0506: **Plantas oleaginosas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p.153-180.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Flowering *Helianthus annuus* L. with NPK fertilization and available water content in the soil. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.3, n.3, p.170-177, 2016.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.68, p.135-149, 2004.

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JUNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; SILVA D, N.; PAZ, V. P. da S. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016.

CRUZ, M. P.; ANDRADE, L. O.; CRUZ, K. R. P.; PESSOA, Â. M.; SOUZA, J. T. A.; SOARES, E. B. S.; ANDRADE JÚNIOR, M. R. de. Crescimento do girassol ornamental submetido à substratos orgânicos em diferentes volumes de águas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n.3, p.312-319, 2016.

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v.10, n.3, p. 575-585, 2015.

CURTI, G L. **Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no oeste catarinense**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010.

CURTI, G. L.; MARTIN, T. N.; FERRONATO, M. L.; BENIN, G. Girassol ornamental: Caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.240-250, 2012.

DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SILVA, C. O. da. Composição nutricional foliar da gérbera irrigada com efluente doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v.24, n.2, p.121-128, 2011.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v.4, p.14-16, 2000.

ERCIN, A. E.; HOEKSTRA, A. Y. Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. **Environment International**, v.64, p.71-82, 2014.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Andrei, 2004, 403p.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILLELA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FAGAN, E. B.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C.; MEDEIROS, S. L. P.; BRACKMANN, A.; SIMON, J.; JASNIEWICZ, L. R.; SANTOS, O. S. Expansão de frutos de meloeiro hidropônico em dois intervalos entre irrigações. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.3, p.287-293, 2006.

FELIX, F. F.; NAVICKIENE, S.; DÓREA, H. S. Persistent organic pollutants (POPs) and soil quality indicators. **REVISTA. Fapese**, v.3, p.39-62, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar 5.6, Build 75. 2015. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 13 nov. 2016.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed.) **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: IAC, 1999. 30p. (IAC. Bolétim Técnico, 168).

GAZZOLA, A.; FERRIRA, G. T. C.; CUNHA, A. D.; BORTOLINI, E.; PAIAO, D. G.; PRIMIANO, V. I.; PESTANA, J.; D' ANDRÉA, C. S. M.; OLIVEIRA, S. M. **A cultura do girassol**. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Produção Vegetal. 2012. 69p.

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T. V.; FONSECA, A. F.; MONTES, C. R.; MENDONCA, F. C.; PIVELI, R. P.; BREULMANN, G.; FORTI, M. C.; MELFI, A. J. Chemical effects on the soil plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation – a pilot field study in Brazil. **Agricultural Water Management**, v.89, n.1, p.105-115, 2007.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: Atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.20, n.2, p.115-120, 2014.

KIZILOGLU, F. M.; TURAN, M.; SAHIN, U.; KUSLU, Y.; DURSUN, A. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. **Agricultural Water Management**, v.95, n.6, p.716-724, 2008.

KONG, Z.; LI, L.; FENG, C.; CHEN, N.; DONG, S.; HUB, W. Soil infiltration bioreactor incorporated with pyrite-based (mixotrophic) denitrification for domestic wastewater treatment. **Bioresource Technology**, v.187, p.14-22, 2015.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N. dos; SILVA, J. S. da; BARNABÉ, J. M. C.; SILVA BARROS, M. da; RAMALHO, H. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada **Revista Geama**, v.3, n.1, p.62-83, 2015.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BRITTO, I. C. A. Efeito do nitrogênio na nutrição do girassol. **Bioscience Journal**, v.27, p.380-391, 2011.

LUZ, G. L. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**. 2008. 61p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

LUZ, J. M. Q.; ANDRADE, L. V. de; DIAS, F. F.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, v.28, n.4, p.589-597, 2012.

MALAFAIA, G.; ARAÚJO, F. G.; ESTRELA, D. C.; GUIMARÃES, A. T. B.; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. L. Corn production in soil containing *in natura* tannery sludge and irrigated with domestic wastewater. **Agricultural Water Management**, v.163, p.212-218, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MARA, D.; BOS, R. Risk analysis and epidemiology: The 2006 WHO guidelines for the safe use of wastewater in agriculture. In: DRECHSEL, P.; SCOTT, C. A.; RASCHID-SALLY, L.; REDWOOD, M.; BAHRI, A. (ed.) **Wastewater irrigation and health: Assessing and mitigating risk in low-income countries**. London: Earthscan, 2010, p.51-62.

MARINGONI, A. C.; THEODORO, G. D. F.; GUIMARÃES, M. M. R.; MIGIOLARO, A. E.; KUROZAWA, C. Novos sintomas de cretamento bacteriano em girassol ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.7, n.2, p.153-155, 2001.

MARTINEZ, P.; HERMINIA, E. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3.ed. Viçosa: Editora: UFV, 2006. 111p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MEDEIROS, S. S. de.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: Efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.569-578, 2007.

MIRATA, M.; EMTAIRAH, T. **Water efficiency handbook: Identifying opportunities to increase water use efficiency in industry, buildings, and agriculture in the Arab Countries**. Beirut: Acwa Power, 2014. 98p.

MONTE, H. M.; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de águas residuais**. Lisboa: Entidade reguladora dos serviços de água e esgoto e Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2010. 544p.

NEVES, A. L. R. **Estratégias visando o uso sustentável de água salina em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girassol**. Fortaleza. 2012. 159p. Tese (Doutorado) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. 2012.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R. M. M. de; BOARO, C. S. F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus L.*) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, v.33, n.2, p.127-133, 2005.

NEVES, M. F.; AMARAL, R. O. Flores - oportunidades e desafios – **Revista Agro Analysis**, v.27, n.9, p.30-31, 2007.

NUVOLARI, A. (coord.) **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e resíduo agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 520p.

OLIVEIRA, A. C. D. **Diferentes concentrações de ferro na água, seu efeito na cultura do girassol ornamental e no desempenho de gotejador**. Botucatu. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrômicas – UNESP, 2010.

OLIVEIRA, M. L. A. **Uso de água residuária para produção de girassol ornamental**. Cruz das Almas. 2015. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. 2015.

OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. da S.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, G. X. S. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **Irriga**, v.22, n.2, p.204-219, 2017.

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de morango irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.861–867, 2013.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010.

PETOUSI, I.; FOUNTOULAKIS, M. S.; SARU, M. L.; NIKOLAIDIS, N.; FLETCHER, L.; STENTIFORD, E. I.; MANIOS, T. Effects of reclaimed wastewater irrigation on olive (*Olea europaea L.cv. 'Koroneiki'*) trees. **Agricultural Water Management**, v.160, p.33-40, 2015.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. da S.; GONZAGA, M. I. da S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. de. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v.23, n.1, p.97-102, 2010.

RIBEIRO, E.A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J.A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.425–433, 2013.

RICE, G. Rays of sunshine. **Garden London**, v.121, n.8, p.490-495, 1996.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2002. 72p.

SAKATA SEED CORPORATION. Sakata's reliable seeds: Flower seed catalogue 2001-2003. Bragança Paulista: Sakata Sementes **Agroflora**, 2003. p.99.

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. eds. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011a.

SANTOS, J. A.; NUNES, L. A. P. L.; MELO, W. J.; ARAÚJO, A. S. F. Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. **European Journal of Soil Biology**, v.47, n.2, p.146-151, 2011b.

SANTOS, O. S. N. **Uso de águas residuais na produção de heliconias em casa de vegetação**. Cruz das Almas. 2010. 87f. il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 2010.

SANTOS, L. G.; SOUZA, U. O.; PRIMO, D. C.; SILVA, P. C. C.; SANTOS, A. R. Estado nutricional da cultura do girassol submetida à adubação com fósforo e boro. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, p.1-14, 2010.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. da. S.; MEDEIROS, S. de S. Production and postharvest of sunflower grown under salt stress in hidroponics of low cost. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.3, p.420-432, 2016.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; ARAUJO, D. L.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.696-707, 2014a.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da. S.; MEDEIROS, S. de S.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e tempo de renovação da água residuária no crescimento do girassol ornamental em sistema semi-hidroponia. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.8, p.790-797, 2014b.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.842-849, 2011.

SCHOELLHORN, R.; EMINO, E.; ALVAREZ, E. Speciality cut flower production guides for Florida: Sunflower. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2003. 3p.

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

SILVA, A. O. da; SILVA, D. J. R. da; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SANTOS, A. N. dos; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água

salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, C.; SILVA, R. A.; VALE, W. G.; MELLO, A. C. T. Reação de cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*) a *Meloidogyne incognita* raça 3 e *Meloidogyne javanica*. **Global Science and Technology**, v.7, n.1, p.7-15, 2014.

SILVA, J. G. D. . **Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu***. Palmas, TO, 2017. 100p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Biodiversidade e Biotecnologia. 2017.

SILVA, M. G. da. **Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico**. Cruz das Almas, BA, 2014. 185f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 2014.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. de S.; SILVA FILHO, J. A. da. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v.21, n.2, p.312-326, 2016.

SILVA, S. L.; FEITOSA, S. O.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Growth of curly lettuce irrigated with treated wastewater and saline water at different concentrations in greenhouse. **Applied Research & Agrotechnology**. v.8, n.3, p.45-52, 2015.

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C. R. W.; MUNIZ, M. A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Ceres**, v.56, p.602-610, 2009.

SOUZA, J. L. M.; TRENTIN, C. V.; RIBEIRO, C. B.; GURSKI, B. C. Pesquisa de opinião em feiras livres sobre a irrigação em produtos agrícolas com água residuária. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.11, p.95-102, 2013.

SOUZA, R. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.125-133, 2010.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogenio. In: FERNANDES, M. S. (ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Editora Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 9. p. 216-252.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006, 719p

TEDESCO M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J.. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água- Folha explica**. São Paulo: Ed. Publifolha. 2ed., 2009. 128p.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. Cincinnati.: USEPA. 2004. 480p. Technical Report No EPA/625/R-92/004.

VILLAS-BOAS, R.L. **Doses de nitrogênio para pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. Botucatu, 2001, 123f. Tese (Livre docência), Universidade Estadual Paulista, 2001.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water security & the global water**. Agenda A UN-Water analytical brief. Canada, 2013. 37p. (Report of a WHO meeting of experts).

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.366-370, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.425-433, 2010.