

II-595 – UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS NEGRAS TRATADAS PARA O CULTIVO DE GIRASSOL

Victor de Andrade Luna⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Consultora da COPASA-MG. Doutoranda em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Flávia de Barros Prado Moura

Bióloga, Licenciada pela Universidade Federal de Alagoas, Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco e Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos.

Marcio Gomes Barboza⁽¹⁾

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Associado e pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Endereço⁽¹⁾: Av. Lorival de Melo Mota, s/n, Campus A.C. Simões, LSA/CTEC – Cidade Universitária – Maceió- AL - CEP: 57072-970 - Brasil - Tel: (82) 3214-1604- - e-mail: victorluna1@gmail.com

RESUMO

O reúso das águas residuais domésticas para irrigação agrícola surge como uma alternativa de redução da demanda por águas que podem ser destinadas a fins mais nobres. Dentre as diversas culturas com potencial de utilização para cultivo irrigado com águas residuais, o girassol destaca-se por ser uma planta extremamente versátil, resistente e adaptável a diferentes condições edafoclimáticas. O trabalho objetivou a avaliação do efeito da aplicação de águas negras provenientes de uma residência unifamiliar, tratadas em um Reator Anaeróbico com Chicanas e meio Suporte (RACH), para a produção de girassol ornamental em vasos, através da análise do efeito desta água no solo e na cultura. O experimento foi conduzido no Arboretum – UFAL onde foi construída uma estrutura protetora. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com dez repetições em cada bloco e duas qualidades de água sendo uma o tratamento (águas negras tratadas) e a outra o controle (água de abastecimento). Os resultados estatísticos para as variáveis de crescimento apontaram um efeito significativo para altura da planta na segunda semana e a partir da quarta semana, significativo a partir da terceira semana para o número de folhas e a partir da quarta semana diâmetro do caule. Para as variáveis finais de desenvolvimento, houve efeito significativo apenas para o diâmetro interno do capítulo. Contudo, para todas as variáveis da cultura observadas, as médias das medições das variáveis apresentaram os maiores valores invariavelmente para o bloco irrigado com águas negras tratadas. Em relação ao solo, observou-se uma discreta melhora na sua fertilidade tanto para o tratamento quanto para o controle.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de efluentes, Fertirrigação, Girassol, Águas Negras.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional descontrolado exerce enorme pressão na demanda pelos recursos naturais, em especial, os recursos hídricos que, em alguns lugares do mundo já são significativamente escassos. Entretanto, de uma maneira geral, a sociedade está se tornando cada vez mais consciente sobre a maneira como este recurso é manejado, buscando alternativas mais sustentáveis de uso e reúso dos recursos hídricos.

As principais atividades consumidoras de água são: agricultura, indústria e atividades urbano-doméstica. A agricultura é responsável por cerca de 70% da exploração de água no mundo. Segundo a UNESCO (2012), no Brasil a exploração chega a 74%, e as projeções tanto para o Brasil quanto para o resto do mundo são de aumento dessa demanda. O volume de água utilizado na irrigação depende de fatores como: características do solo, evapotranspiração, do tipo de cultura, das chuvas e do método de irrigação. O desperdício de água na agricultura é resultado da implantação de projetos inadequados, onde não se levam em conta todos os fatores supracitados (TELLES; COSTA, 2007).

Sendo assim, na busca por alternativas mais sustentáveis, que busquem a otimização da produtividade e evitem o desperdício, priorizando-se o uso das águas de boa qualidade para fins mais nobres, o reúso de

efluentes tratados para fertirrigação apresenta-se como uma oportunidade de redução da demanda de água potável para fins agrícolas, bem como redução do aporte de esgotos domésticos no ambiente, pois permite o aproveitamento dos efluentes gerados no próprio local de geração, desde que existam condições favoráveis (espaço físico, oferta de esgoto suficiente, infraestrutura), possibilitando a criação de espaços para cultivos diversos em regiões que apresentem carência de água, com possibilidade de geração de renda.

O tipo de efluente a ser utilizado, bem como o tipo de tratamento recebido por este efluente são importantes fatores a serem levados em consideração na concepção de um sistema de reúso para fertirrigação, pois além do equilíbrio entre a oferta e a demanda de efluente, aspectos físico-químicos e sanitários precisam ser avaliados para que se tenha um melhor aproveitamento por parte da cultura e um nível sanitário seguro para quem maneja.

Este trabalho utilizou como efluente águas negras tratadas em um reator anaeróbio com chicanas e leito fixo, devido a boa quantidade de matéria orgânica e nutrientes presentes nesta água em relação às águas cinzas, apesar de ser uma água que exige maiores cuidados do ponto de vista sanitário devido à elevada quantidade de microrganismos, e o tratamento anaeróbio devido à simplicidade e facilidade de operação e manutenção do reator em questão.

Dentre as diversas culturas com potencial de utilização para cultivo fertirrigado com esgoto tratado, o girassol destaca-se por ser uma planta extremamente versátil, resistente e adaptável a diferentes condições edafoclimáticas. Entretanto seu bom desenvolvimento depende de alguns cuidados como o solo, que deve apresentar boa estrutura, boa drenagem, boa fertilidade e baixa acidez; a disponibilidade hídrica, pois o girassol não apresenta uma boa regulação hídrica, e a temperatura em que a cultura se desenvolve que varia numa faixa de 20°C a 25°C, com um ponto ótimo entre 27°C e 28°C, mas sem perda significativa de produtividade numa faixa entre 8°C e 34°C.

O potencial do girassol como planta ornamental no Brasil, se deve, além dos condicionantes climáticos favoráveis do país, a diversos fatores como, ciclo de vida curto, diversidade de espécies, pela beleza de sua inflorescência, sua facilidade de cultivo e manejo, a crescente demanda no mercado nacional e internacional e pelo retorno econômico que proporciona (BRAGA, 2010; SABBAGH, 2008; LEMOS, 2011). Devido ao aumento de espécies ornamentais no Brasil, o girassol ganhou destaque e como consequência várias linhas de pesquisa surgiram para sua melhoria agrônoma, e também métodos alternativos de cultivo que propiciem uma amplificação do seu alcance (SABBAGH, 2008).

Nesse contexto, o trabalho visa à obtenção de dados que atestem a viabilidade sanitária e ambiental da aplicação de águas negras tratadas, provenientes de um reator anaeróbio com chicanas e leito fixo, para a fertirrigação de girassol com fins ornamentais, através da análise de parâmetros do efluente, do solo e da cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Arboretum da Universidade Federal de Alagoas, cujas coordenadas geográficas são 9°33'12.77" S e 35°46'07.41" W. A região possui uma classificação climática Köppen do tipo As, tropical, com chuvas de inverno e estação seca de verão. Apresenta temperaturas médias anuais entre 24°C e 26°C, com mínimas entre 21°C e 23°C, máximas entre 28°C e 31°C e umidade relativa do ar média de 80%.

Foram utilizadas para a fertirrigação, as águas negras (provenientes dos vasos sanitários e pias de cozinha) de uma residência unifamiliar com cinco moradores, onde o sistema hidrossanitário da residência contempla a separação das águas cinzas e negras (REBÊLO, 2011). Quanto ao controle, foi utilizada a água proveniente da rede de abastecimento local, a qual era coletada em torneira localizada próxima ao local de irrigação.

As águas negras segregadas são tratadas em um Reator Anaeróbio com Chicanas e meio Suporte (RACH), cujo meio suporte é a casca de coco verde (Figura 1). O meio suporte age como sustentador e retentor da biomassa, que fica aderida ao meio e também em seus interstícios, aumentando a eficiência do sistema (REBÊLO, 2011). A água negra adentra na primeira câmara, e efetua movimentos ascendentes e descendentes à medida que realiza o percurso através das câmaras subsequentes, propiciando um maior contato do efluente com a gama de microrganismos presentes nas câmaras e principalmente aqueles aderidos ao meio suporte,

aumentando a eficiência da degradação (REBÊLO, 2011). Após a passagem pelas três câmaras, o efluente é direcionado para um tanque, onde são realizadas as coletas.

As variáveis do efluente foram analisadas de acordo com a metodologia disponível no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA no Centro de Tecnologia, e no laboratório do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas – IMA.

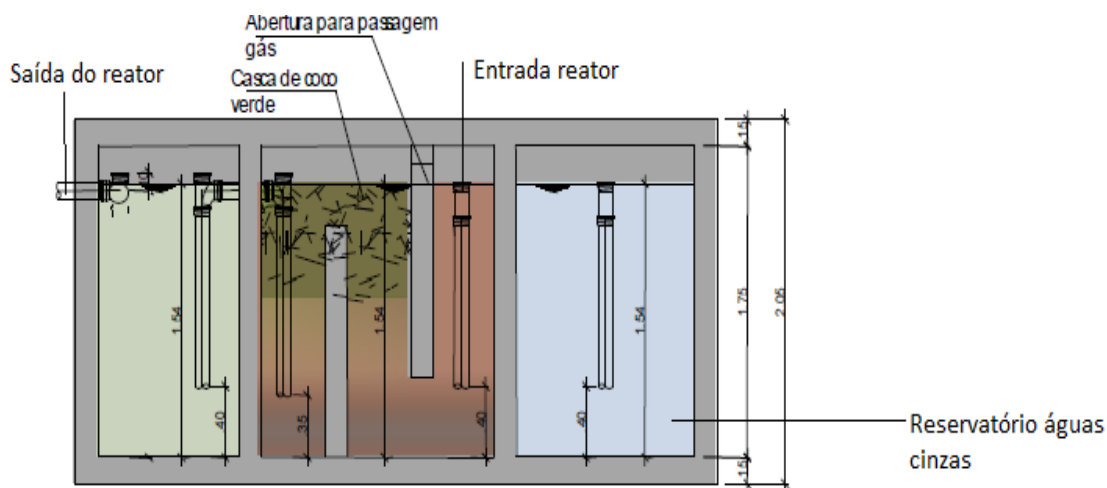


Figura 1: Corte Reator Anaeróbico com Chicanas e meio Suporte (RACH), (sem escala).
(Fonte: REBÊLO, 2011).

Não foram feitas análises no efluente utilizado durante o período de realização do experimento. Com efeito, para os fins necessários, foram utilizados os resultados obtidos em caracterizações realizadas em 2013 apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Característica físico-química e microbiológica do efluente tratado.

Parâmetro	Unidade	Valor (média)
Cor	uC	177
Turbidez	UNT	120
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	< 0,1
Sólidos Voláteis	mg/L	229
Sólidos Fixos	mg/L	298
pH	-	7,40
Nitrogênio Orgânico	mg/L	573
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	23,8
P-total	mg/L	10,89
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	199,9
Cloretos	mg/L	90
DBO	mg/L	24
DQO	mg/L	161
<i>E.coli</i>	UFC/100mL	8,2x10 ⁴
Coli totais	UFC/100mL	8,8x10 ⁴
Carbono Orgânico Total	mg/L	31,52

O solo utilizado é um composto, resultado da mistura de materiais como bagaço de cana e torta de filtro, os quais são misturados ao solo. As variáveis analisadas foram: pH, Capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva

e potencial(T), Saturação por bases(V), Matéria orgânica, P, K, Mg,, Na, Ca, Acidez Potencial, Soma das bases(S). Para se avaliar o efeito do efluente e da cultura no composto, amostras foram coletadas antes e após experimento, sendo as características iniciais descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Características químicas e de fertilidade do solo pré-cultivo.

Parâmetro	Unidade	Valor
pH	-	5,9
Na	ppm	36
P	ppm	108
K	ppm	83
Ca	meq/100ml	3,2
Mg	meq/100ml	0,8
Ca + Mg	meq/100ml	4,0
Al	meq/100ml	0,05
H+Al (Acidez potencial trocável)	meq/100ml	3,5
S (Soma das bases)	meq/100ml	4,37
C.T.C. Efetiva	meq/100ml	4,42
C.T.C. Potencial (pH- 7)	meq/100ml	7,87
V (Ind. de Sat. de bases)	%	55,5
M (Ind. de Sat. de Al)	%	1,1
Na (PST)	%	2,0
Sat. Em K	%	2,8
Mat. Org. Total	%	1,72

Foi adotado um delineamento experimental de blocos ao acaso, com dez repetições em cada bloco e um mesmo genótipo para a cultura. Os fatores foram constituídos por duas qualidades de água: águas negras tratadas (tratamento) e água do sistema de abastecimento (controle), onde cada bloco recebe um tipo de água. Cada unidade experimental é composta por uma planta em um vaso com capacidade aproximada de 6L em cores distintas para tratamento e controle (ANDRADE et al., 2012a).

A cultura utilizada no experimento foi o girassol (*Helianthus annuus L.*) ornamental, cuja variedade selecionada é popularmente conhecida como Girassol Anão de Jardim. As sementes foram desenvolvidas pela empresa ISLA Sementes e obtidas em loja especializada. Segundo informações da empresa, esta espécie apresenta ciclo de 60 dias (da germinação à floração), com germinação entre quatro e dez dias após o plantio, altura comercial variando entre 45 a 50 centímetros e pode ser cultivada em vasos ou diretamente no solo em qualquer época do ano em regiões que apresentem clima quente.

Para o experimento foi concebida uma estrutura, semelhante a uma casa de vegetação, construída em madeira e revestida por um filme agrícola, a qual serviu de proteção contra agentes climáticos como chuvas e ventos excessivos (Figura 2).

Os vasos foram preenchidos com quantidades equivalentes de solo, e umedecidos com 500ml de água de abastecimento, um dia antes da semeadura, para auxiliar a germinação. Foram depositadas 3 sementes em cada vaso em covas de aproximadamente 3cm, e irrigadas com 200ml das respectivas águas relativas aos tratamentos para auxiliar a fixação das sementes no solo (ANDRADE et al., 2012a). Dez dias após a semeadura (DAS), foi realizado o primeiro desbaste, deixando duas plantas em cada vaso, naqueles em que duas ou mais sementes germinaram e, onde apenas uma germinou, não foi realizado nenhum procedimento. O segundo desbaste ocorreu aos 20 DAS deixando apenas uma planta em cada vaso.



Figura 2: Etapas de construção da estrutura.

A irrigação foi realizada quatro vezes por semana, de maneira local e manual, pelo realizador do experimento, o qual efetuava a aplicação de 200ml de água negra tratada e de água de abastecimento nos respectivos blocos, com o auxílio de recipientes graduados e distintos para os tipos de água, predominantemente entre as 16:00 e 17:00h e, ocasionalmente, pela manhã e início da tarde, sendo mantida até o fim do ciclo.

Não foi realizado nenhum tratamento a base de defensivos agrícolas na cultura durante a duração do experimento sendo o manejo limitado basicamente à remoção manual de ervas daninha que porventura surgiam nos vasos e aplicação de iscas para formigas ao redor dos vasos para evitar ataque às plantas.

Na primeira semana após o segundo desbaste, foram iniciadas as medições das variáveis de crescimento: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF). Para a variável altura da planta, utilizou-se uma régua graduada, medindo-se a partir do nível do solo até o ponto de inserção do capítulo (NASCIMENTO, 2012). Para a medição do diâmetro do capítulo, utilizou-se um paquímetro universal onde se media o diâmetro a uma altura de aproximadamente 5,00cm do solo. Já para o número de folhas era feita uma contagem das folhas sadias. As medições aconteceram semanalmente, por um período de seis semanas, sendo realizadas sempre no mesmo dia da semana, e prosseguindo até o início do florescimento.

Após as medições de crescimento, iniciaram-se as medições das variáveis: número de pétalas (NP), diâmetro interno do capítulo (DIC), diâmetro externo do capítulo (DEC) e índice SPAD (IS). O número de pétalas foi determinado por contagem das pétalas sem critério específico. O diâmetro interno dos capítulos foi obtido pela média das medidas horizontal e vertical, do disco central do capítulo, obtidas com paquímetro. Para o diâmetro externo o procedimento foi semelhante ao interno, porém medindo-se de bráctea a bráctea. Ambos os métodos foram adaptados de Andrade et al. (2012a). Já o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi obtido pela média de dois valores que por sua vez, são obtidos pela média de dez aferições realizadas em duas folhas sadias e representativas da planta. As aferições são feitas com um equipamento denominado SPAD-502 o qual possui um sensor que quando pressionado contra a folha fornece a intensidade do verde da folha como um valor adimensional.

Os resultados obtidos para as variáveis, altura da planta (AP), número de folhas (NF), Diâmetro do Caule (DC), índice SPAD (IS), número de pétalas (NP), diâmetro interno do capítulo (DIC) e diâmetro externo do capítulo (DEC), foram submetidos à análise estatística, pelo teste t-student a 5% de significância a fim de verificar se houve diferença significativa entre os fatores. O teste foi realizado através do módulo de análise de dados do EXCEL 2007, o qual utiliza a equação de Welch-Satterthwaite, para determinação dos graus de liberdade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão resumidos os resultados da análise estatística das variáveis de crescimento: altura da planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do capítulo (DC) e das variáveis finais de desenvolvimento: índice SPAD (IS), número de pétalas (NP), diâmetro interno do capítulo (DIC) e diâmetro externo do capítulo (DEC).

Os resultados estatísticos obtidos para a variável altura da planta mostram um efeito significativo para a aplicação de águas negras tratadas em relação ao uso de água de abastecimento já na segunda medição (33

DAS), seguida de uma não significância na terceira medição (40 DAS) e a partir da quarta medição em diante apresenta novamente um efeito significativo. Para a variável número de folhas, os resultados indicaram um efeito não significativo nas duas primeiras contagens, e efeitos significativos nas contagens seguintes. Já a variável diâmetro do caule apresentou efeito significativo para aplicação de ANT a partir da quarta medição (47 DAS) em diante. Para as variáveis medidas ao final do ciclo: índice SPAD, número de pétalas, diâmetro interno do capítulo e diâmetro externo do capítulo constatou-se que apenas o diâmetro interno do caule apresentou efeito significativo, pela análise estatística, para o tratamento com ANT.

Tabela 3: Resumo do teste t-student para altura da planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do capítulo (DC) e das variáveis finais de desenvolvimento: índice SPAD (IS), número de pétalas (NP), diâmetro interno do capítulo (DIC) e diâmetro externo do capítulo (DEC).

Altura da planta (AP)				
Data	GL	t crítico (bi-caudal)	t	Efeito
08/jan	8	2,306	0,898	ns
15/jan	9	2,262	3,305	*
22/jan	9	2,262	2,025	ns
29/jan	11	2,200	2,827	*
05/fev	13	2,160	3,703	*
12/fev	14	2,145	3,969	*

Número de folhas (NF)				
Data	GL	t crítico (bi-caudal)	t	Efeito
08/jan	15	2,131	0,102	ns
15/jan	14	2,145	1,208	ns
22/jan	15	2,131	3,212	*
29/jan	14	2,145	3,818	*
05/fev	14	2,145	3,640	*
12/fev	15	2,131	3,947	*

Diâmetro do caule (DC)				
Data	GL	t crítico (bi-caudal)	t	Efeito
08/jan	13	2,160	1,130	ns
15/jan	14	2,145	1,851	ns
22/jan	14	2,145	1,845	ns
29/jan	14	2,145	2,524	*
05/fev	13	2,160	2,268	*
12/fev	12	2,179	3,186	*

Índice Spad (IS); Número de pétalas (NP); Diâmetro interno do capítulo (DIC); Diâmetro externo do capítulo (DEC).				
Variável	GL	t crítico (bi-caudal)	t	Efeito
IS	5	2,571	2,450	ns
NP	12	2,179	1,184	ns
DIC	10	2,228	2,410	*
DEC	6	2,447	1,284	ns

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t-student; GL = graus de liberdade.

Altura da planta (AP)

Embora resultados estatísticos apresentados na Tabela 3 mostrem um efeito significativo para a aplicação de ANT em relação às águas de abastecimento aos 33 DAS (segunda medição), não significativo aos 40 DAS (terceira medição) e significativo nas medições posteriores, ao se observar as médias semanais da variável (Figura 3), nota-se que em todas elas o bloco irrigado com águas negras tratadas apresentou valores médios maiores que o bloco de água de abastecimento. A não significância observada para a terceira medição é consequência de um crescimento médio inferior das plantas do bloco irrigado com ANT em relação ao bloco irrigado com água de abastecimento entre a segunda e terceira medição. Contudo, pode-se alegar que a medida que a planta se desenvolve (neste caso especificamente a altura), aumenta também sua demanda nutricional, sendo a irrigação com ANT responsável pelo atendimento desta demanda, proporcionando às plantas do bloco um ganho de altura superior ao obtido pelo controle.

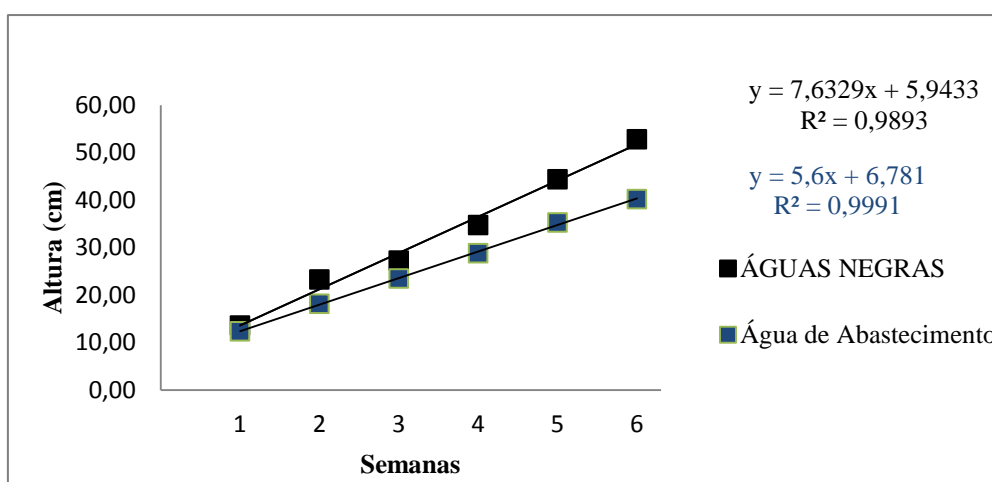


Figura 3: Regressão para as médias semanais dos valores obtidos para altura da planta (AP).

Analisando o gráfico, é visto que a altura da planta apresentou um bom ajuste para regressão linear, onde os valores para o tratamento com ANT aumentam numa razão de 1,36 em relação ao controle o que significa um incremento semanal de 36% na altura para as plantas irrigadas com ANT em comparação com o outro tratamento. Sendo ao final das medições, observado um a altura média aproximadamente 31,31% maior para o bloco de ANT.

Apesar da vantagem obtida na altura da planta pela irrigação com águas negras tratadas os valores obtidos estão abaixo dos encontrados por Lemos (2011) e Nascimento (2012), que foram de 68,8 e 63,0cm, respectivamente. Essa diferença pode estar relacionada a outros fatores como genótipo. Andrade et al. (2012b) analisando o crescimento de girassóis ornamentais em sistema de produção orgânica e irrigados com água residuária, alegaram que o fornecimento de nitrogênio fósforo e potássio, através da água de irrigação poderia ser a causa do aumento do tamanho das plantas em relação a irrigação com água de abastecimento. Corroborando esta alegação Prado e Leal (2006) ao estudarem desordens nutricionais por deficiência em girassóis, observaram que a omissão de N, P e K da nutrição reduziu significativamente o desenvolvimento da planta afetando, entre outros fatores, a sua altura.

Número de folhas (NF)

Semelhantemente aos resultados obtidos para altura, em relação às médias (Figura 4), os valores da variável NF submetidos ao tratamento com ANT estiveram acima dos valores da mesma para AA em todas as semanas, contudo, a partir da terceira semana de observação houve um acréscimo mais significativo para o tratamento com ANT em relação ao tratamento com AA. Estes resultados podem ser um indicador de que com o aporte extra de nutrientes provocado pela irrigação com ANT, houve um acúmulo de nutrientes no substrato, que por sua vez, na medida em que foram aumentando as necessidades nutricionais da planta, propiciou condições para um maior desenvolvimento das estruturas necessárias à fotossíntese. Ou seja, pode-se intuir que a partir dos 40 DAS (terceira medição), a diferença no aporte de nutrientes causado pelos tipos de irrigação, chegou a um ponto de causar uma diferença significativa no número médio de folhas dos blocos.

Os resultados estatísticos obtidos assemelham-se aos de Andrade et al. (2012b) os quais também observaram em seu experimento que a partir da terceira semana de medição, os valores para o número de folhas diferenciavam-se significativamente entre os tratamentos com as respectivas águas com vantagem para as águas negras tratadas. Mais uma vez, a ausência de nutrientes na água de abastecimento, pode ser a causa desta diferença, visto que Prado e Leal (2006) também constataram que a ausência de N, P e K causam uma redução no número de folhas. Fagundes et al. (2007) relata a relação entre a velocidade de emissão de folhas, a quantidade de nitrogênio fornecida à planta, através da medição do filocromo ($^{\circ}\text{C}.\text{dia.folha}^{-1}$), onde foi observado que quanto maior a proporção de nitrogênio, menor o filocromo e maior é a velocidade de emissão de folhas pela planta.

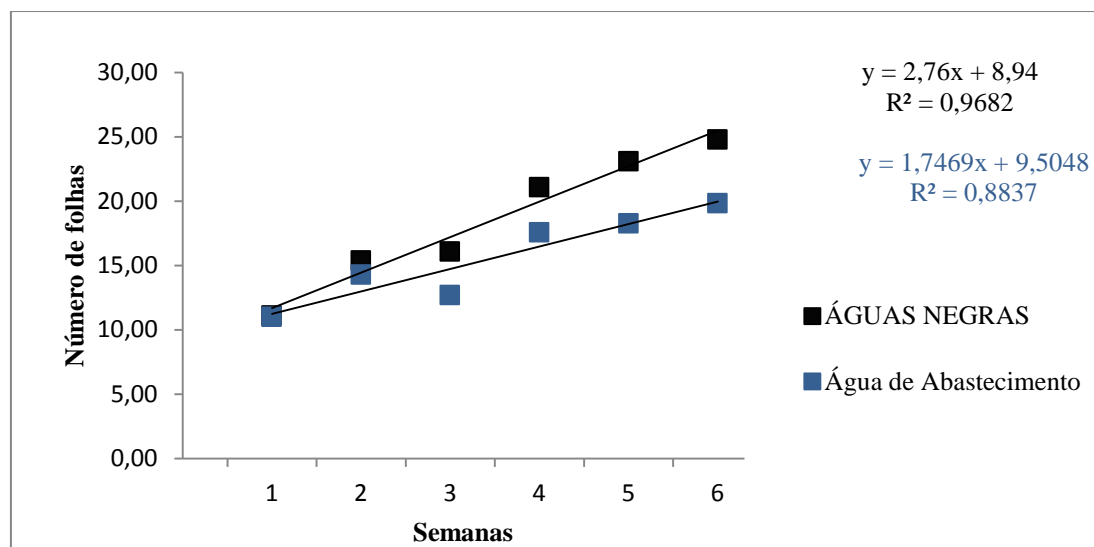


Figura 4: Regressão para as médias semanais dos valores obtidos para número de folhas (NF).

Graficamente, é visto que o número de folhas também apresentou um bom ajuste para regressão linear, onde os valores para o bloco tratado com ANT aumentam numa razão média de 1,58 em relação ao bloco tratado AA, o que significa um incremento semanal aproximado de 58% no número folhas para as plantas irrigadas com ANT em comparação com a irrigação com água de abastecimento. Sendo ao final das medições, observado um número de folhas médio aproximadamente 24,87% maior para o bloco de ANT.

Diâmetro do Caule (DC)

Assim como nas variáveis anteriores, os valores das médias semanais apresentaram valores superiores para o tratamento com ANT em relação ao tratamento com AA (Figura 5), contudo, estes valores se tornam estatisticamente significativos a partir da quarta semana (47 DAS). Pode-se também atribuir esta diferenciação, como sendo consequência do aporte de nutrientes superior propiciado pela irrigação com ANT, pois assim como nas demais variáveis de crescimento avaliadas, essa nutrição ocasiona uma maior taxa de divisão e crescimento celular devido especialmente ao nitrogênio fornecido.

Resultados semelhantes aos obtidos para o tratamento com ANT foram observados por Andrade et al. (2012b), e Lemos (2011). Já Neves et al. (2005), estudando o desenvolvimento de girassóis ornamentais em diferentes substratos com solução nutritiva e em solo adubado, obteve valores de 0,13cm para os vasos com substrato e 0,8cm para vasos com solo.

Analisando graficamente a variável, vemos que o diâmetro do caule também apresentou um bom ajuste para regressão linear, onde os valores para o bloco tratado com ANT aumentam numa razão média de 1,36 em relação ao bloco tratado AA, o que significa um incremento semanal aproximado de 36% no diâmetro para as plantas irrigadas com ANT em comparação com a irrigação com água de abastecimento. Sendo ao final das medições, observado um diâmetro médio aproximadamente 20,65% maior para o bloco de ANT.

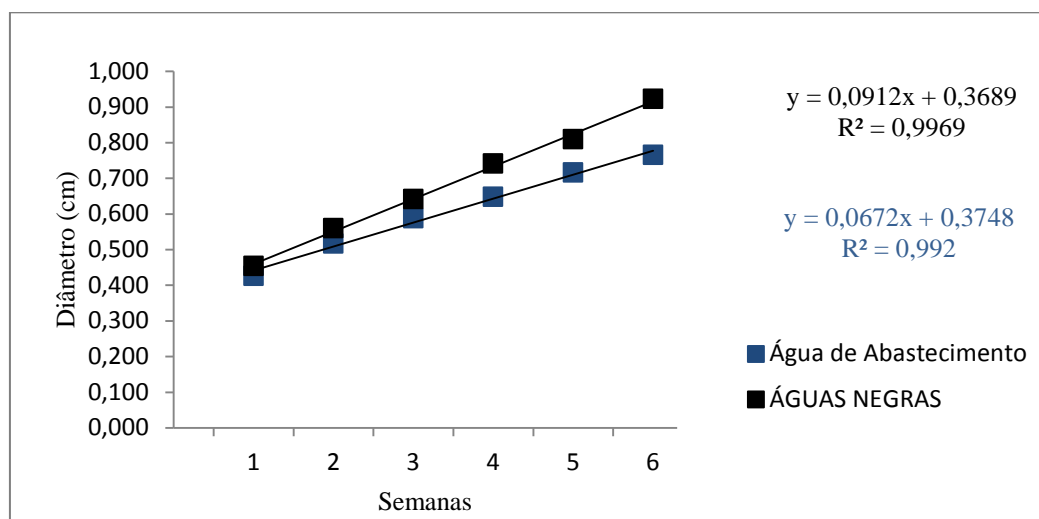


Figura 5: Regressão para as médias semanais dos valores obtidos para o diâmetro do caule (DP).

Número de Pétalas (NP); Diâmetro Interno do capítulo (DIC); Diâmetro Externo do Capítulo (DEC); Índice SPAD (IS).

Assim como as variáveis de crescimento, os valores das médias das variáveis finais de desenvolvimento apontam para uma ligeira vantagem das plantas do bloco irrigado com ANT (Tabela 4) apesar de ter ocorrido um efeito significativo apenas para o diâmetro interno. O desenvolvimento destas variáveis da fase reprodutiva está fortemente ligado ao desenvolvimento da fase vegetativa da planta, que por sua vez está fortemente ligado ao fornecimento de nutrientes em quantidade e momentos adequados, podendo, portanto, ser uma das causas das diferenças observadas.

Para o variável número de pétalas, os valores médios obtidos para os tratamentos com ANT e AA foram 30,71 e 25,71, significando uma quantidade média de pétalas 19,44% maior para o tratamento com águas negras tratadas do que os obtidos com água de abastecimento. Este desempenho foi inferior ao observado por Andrade et al. (2012a) que obteve uma diferença de 66,8% entre os tratamentos. Já Nascimento (2012) obteve valores médios inferiores aos apresentados por este experimento, com médias de 22,66 para águas de abastecimento e 24,22 para águas residuárias tratadas.

Já o diâmetro interno do capítulo apresentou valores médios de 38,85 e 29,61mm para os respectivos tratamentos com ANT e AA, o que significa uma média 31,20% maior para o tratamento com ANT em relação ao tratamento com AA, sendo os valores médios semelhantes aos encontrados por Nascimento (2012) que foram de 36,61 e 30,00mm respectivamente. Nobre (2010), estudando produção de girassol irrigado com diferentes lâminas de efluente doméstico e adubação orgânica, obteve valores de 72,00mm para o diâmetro interno do capítulo, que é bastante superior ao apresentado neste experimento, o que pode ser explicado pela adubação orgânica aplicada e pelo genótipo utilizado.

A variável diâmetro externo do capítulo apresentou valor médio 18,80% maior para o tratamento com água negra tratada, em comparação com o tratamento com água de abastecimento. Freitas (2012) obteve valores de 160,5 e 146,2 mm para os diâmetros externos dos capítulos de girassóis irrigados com água residuária doméstica tratada e água de poço, respectivamente, sendo bastante superiores aos obtidos no presente experimento. Lemos (2011), ao irrigar espécies de girassol ornamental com diferentes fatores de diluição de efluente doméstico tratado, obteve valores, para plantas irrigadas com 100% de efluente doméstico tratado, abaixo dos obtidos neste experimento, ficando abaixo dos 9,0cm. Estes resultados demonstram a grande variabilidade de valores que podem ser obtidos ao se realizarem diferentes abordagens, sob diferentes condições e diferentes genótipos de girassol.

O diâmetro externo do capítulo é uma das mais importantes variáveis para o valor comercial da planta. Segundo Sabbagh (2008) é classificada como pequena para valores menores que 9,00cm, média para valores entre 9,00 – 12,00cm e grande para valores acima de 12cm, logo os valores médios obtidos para esta variável apresentam-se como médio para ANT, e pequeno para AA.

O valor obtido no índice SPAD para as plantas irrigadas com águas negras tratadas foi 18,08% maior do que o valor obtido para as plantas irrigadas com água de abastecimento. Este índice é um indicativo dos teores de clorofila presentes nas folhas das plantas, que por sua vez são um indicativo da concentração de nitrogênio nas mesmas (SILVA; MOURA, 2013). Portanto os maiores valores de índice SPAD obtidos para as plantas irrigadas com águas negras tratadas podem ser consequência do aporte superior de nitrogênio proveniente desta irrigação.

Tabela 4: Médias dos valores obtidos para o índice SPAD (IS), número de pétalas (NP), diâmetro interno do capítulo (DIC) e diâmetro externo do capítulo (DEC) e seus respectivos coeficientes de variância.

Variável	Médias		CV(%)	
	ANT	AA	ANT	AA
IS	33,46	28,34	11,43	5,94
NP	30,71	25,71	22,47	29,96
DIC*	38,85	29,61	17,14	19,93
DEC*	98,98	83,31	22,05	16,08

*Valores em mm.

Solo

Na Tabela 4 a seguir são mostrados os resultados da análise de fertilidade do solo antese após o experimento para os tratamentos com AA e ANT. Com relação a acidez, verifica-se que apesar do efluente tratado apresentar pH praticamente neutro, não houve redução da acidez do solo em virtude da aplicação deste, diferentemente do corrido com o solo que recebeu água de abastecimento, onde houve uma pequena diminuição da acidez. Aguiar (2013) obteve resultados semelhantes para solos irrigados com efluente doméstico tratado, não observando alteração de pH (H₂O) antes a após o experimento. Já em relação à acidez potencial trocável (H+Al), observou-se uma pequena redução desta para a aplicação de água de abastecimento e um pequeno aumento para o tratamento com ANT, porém em ambos houve um decréscimo dos teores de Al, logo, esse aumento de acidez potencial pode ser atribuído ao aumento da concentração de H⁺ provocada pela aplicação da ANT no solo. Aguiar (2013) observou um aumento da acidez potencial trocável tanto para o controle quanto para o tratamento com efluente tratado.

Já para os macronutrientes (Na P, K, Ca, Mg), houve uma relativa variabilidade de efeitos, considerando que as quantidades dos elementos presentes no solo após o experimento são um saldo entre o existente no solo a priori, o fornecido pelo tratamento e o consumido pela cultura. Podemos observar pela tabela um saldo positivo para o sódio, o cálcio e o magnésio, e negativo para o fósforo, o potássio e o alumínio. Azevedo e Oliveira (2005) avaliando o efeito da aplicação de efluente doméstico tratado na fertilidade do solo e na cultura do pepino observaram uma significativa redução nos teores de cálcio e magnésio e potássio do solo ao final do cultivo tanto para o tratamento quanto para o controle, enquanto que o fósforo apresentou um aumento de concentração para a aplicação de efluente.

Com relação ao complexo sortivo do solo (S, V e CTC efetiva e potencial), os resultados indicam um ligeiro aumento tanto na soma das bases (S) quanto na CTC efetiva e potencial(T) do solo em relação ao inicial, sendo que a água de abastecimento apresenta o um aumento superior ao solo irrigado com efluente, o que reflete diretamente no índice de saturação de bases(V), pois este parâmetro é resultado da divisão ((S/T)*100) onde apesar da superioridade deste parâmetro na água de abastecimento tanto o solo inicial quanto os solos pós-cultivo classificam-se como eutróficos (V>50%) e são considerados de boa fertilidade. Estes resultados podem estar relacionados com o aumento dos teores de Ca, Mg e Na, que são bases dos solo, e também com a diminuição dos teores de Al que favorecem a adsorção destas bases nos coloides do solo. A redução da acidez potencial trocável ocorrida no solo do controle também pode ter contribuído para o aumento da quantidade de bases no solo.

Em relação aos teores matéria orgânica observou-se um pequeno aumento em ambos os solos pós-cultivo, o que pode ser decorrente de restos de biomassas das raízes das plantas que foram misturados ao solo durante o processo de coleta das amostras. Aguiar (2013) e Azevedo e Oliveira (2005) observaram um decréscimo nos teores de matéria orgânica em seus cultivos em relação aos teores do solo inicial.

De maneira geral, as alterações sofridas pelos parâmetros avaliados foram relativamente discretas, e em sua grande maioria positivas o que demonstra que o solo pós-cultivo não só apresenta praticamente o mesmo grau de fertilidade do solo pré-cultivo como ainda apresenta melhoras, embora pequenas, em alguns atributos, o que pode ser uma vantagem do ponto de vista de economia de insumos que seriam necessários para a correção de parâmetros que fossem negativamente afetados.

Tabela 4: Resultados da análise de fertilidade do solo antes e após o experimento.

		Solo Inicial	Solo AA(Após)	Solo ANT(Após)
Parâmetro	Unidade	Valor	Valor	Valor
pH	-	5,9	5,5	5,5
Na	ppm	36	67	80
P	ppm	108	65	52
K	ppm	83	29	37
Ca	meq/100ml	3,2	4,9	4,2
Mg	meq/100ml	0,8	3,7	3,0
Ca + Mg	meq/100ml	4,0	1,2	1,2
Al	meq/100ml	0,05	0,02	0,02
H+Al(Acidez potencial trocável)	meq/100ml	3,5	2,8	3,8
S (Soma das bases)	meq/100ml	4,37	5,27	4,64
C.T.C. Efetiva	meq/100ml	4,42	5,29	4,66
C.T.C. Potencial (pH- 7)	meq/100ml	7,87	8,07	8,44
V (Ind. de Sat. de bases)	%	55,5	65,3	55,0
M (Ind. de sat. de Al)	%	1,1	0,4	0,4
Na (PST)	%	2,0	3,7	4,3
Sat. em K	%	2,8	1,0	1,2
Mat. Org. Total	%	1,72	2,05	2,00

CONCLUSÕES

O aporte de nutrientes propiciado pela fertirrigação com águas negras tratadas resultou na obtenção de valores superiores para todas as variáveis de desenvolvimento vegetal analisadas, em comparação com a irrigação com água do sistema de abastecimento.

Com relação às variáveis de crescimento (altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule), embora tenham apresentado resultados estatísticos diferenciados entre si, todas as plantas fertirrigadas com águas negras tratadas apresentaram valores superiores em todas as medições em relação ao controle, sendo consequência do fornecimento extra de nutrientes que esta fertirrigação proporciona. Além disto, os resultados obtidos neste experimento estão em concordância com os diversos trabalhos citados.

Os diâmetros interno e externo do capítulo e o número de pétalas também sofreram influência direta da fertirrigação, e sendo variáveis relacionadas à fase reprodutiva da planta, tiveram seu desempenho afetado pela qualidade do desenvolvimento na fase vegetativa, que por sua vez desenvolveu-se melhor com a aplicação das águas negras tratadas.

O solo utilizado no experimento apresentou uma razoável fertilidade, fornecendo nutrientes extras às plantas de ambos os blocos na mesma proporção, auxiliando seu desenvolvimento.

A aplicação de efluente doméstico tratado propiciou a manutenção das propriedades de fertilidade do solo após o cultivo, evitando assim gastos com insumos para possíveis correções.

Com base na análise dos resultados obtidos pode-se concluir que a utilização de águas negras tratadas na irrigação do girassol é uma técnica viável tanto no aspecto de economia de água e insumos e para regiões com

pouca oferta de água, quanto no aspecto de tratamento e disposição final de efluentes domésticos ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, R. H. “Utilização de esgotos tratados em reatores anaeróbios no cultivo de girassol”. 2013. 125f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed., Washington-USA, 2005.
3. ANDRADE, L. O. et al(a). Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA (Chile) Maio-Agosto, 2012, v. 30, n. 2, 2012.
4. ANDRADE, L. O. et al(b). Crescimento de girassóis ornamentais em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. Irriga, v. 1, n. 01, 2012. ISSN 1808-3765.
5. AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. Engenharia Agrícola, 2005.
6. BRAGA, C. L. Análise de crescimento de girassol ornamental de vaso e aplicação de nitrogênio. Scientia Agraria Paranaensis, v. 9, n. 2, 2010, p. 52 – 59.
7. FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. Ciência Rural, v. 37, n. 4, 2007.
8. FREITAS, C. A. S. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.16, n.10, p.1031–1039. 2012.
9. LEMOS, M. Sistema modular para o tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reúso para produção de girassol ornamental. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRS, Mossoró, 2011. 172 p.
10. LOPES, U. G. C. Licuri (*syagrus coronata* (mart) becc) usos e concepções nos municípios de Olho d’Água das Flores e São José da Tapera no semiárido alagoano. Dissertação (Mestrado em Ecologia Humana), Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Paulo Afonso, 2012.
11. NASCIMENTO, N. V. Efeito residual de compostos orgânicos no girassol irrigado com diferentes tipos de água. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, 2012.
12. NEVES, M. B. et al. 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.
13. NOBRE, R. G. et al. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 07, p. 747-754, 2010.
14. PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol variedade Catissol-01. Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics), v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.
15. REBÊLO, M. M. P. S. Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas. 2011. 115p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento), UFAL, Maceió, 2011.
16. SABBAGH, M. C. Redução de porte de Girassol ornamental pela aplicação de reguladores vegetais. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2008. 77p.
17. SILVA, C. A.; MOURA, E. P. Avaliação dos teores foliares da clorofila na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), em relação às concentrações de nitrogênio. Graduação em Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão, Faculdade de tecnologia de Pompéia – FATEC, Pompeia, 2013.
18. TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2007
19. UNESCO. Relatório das nações unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 4: manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. 2012. Disponível em: <www.unesco.org>. Acesso em: 10/10/2013.