

CONSUMO HÍDRICO DO MILHO IRRIGADO COM DIFERENTES DILUIÇÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Célia Silva dos Santos¹, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro², Beatriz Gomes de Araújo³, Pedro Fagner Araújo Pereira⁴, José Amilton Santos Júnior³,
Rodrigo Monterazzo Cysneiros Coêlho⁵

RESUMO: Utilizar água residuária, associada ao manejo adequado de irrigação, como fonte alternativa é de grande importância pela sua contribuição econômica e sustentável. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo hídrico do milho irrigado com água residuária em ambiente protegido com solo representativo da Bacia do rio Ipojuca-PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T2 – 100% esgoto doméstico tratado; T3, T4, T5, proporções de água de esgoto doméstico tratado e abastecimento com 75-25%; 50-50% e 25-75%, respectivamente; e a testemunha T1 – 100% água de abastecimento + adubação química convencional), avaliados até os 60 dias após a semeadura (DAS). O reuso de esgoto tratado e diluído tem grande potencial como alternativa para irrigação, de forma a mitigar os impactos da escassez hídrica e da demanda por alimentos. Em relação às diluições com presença esgoto doméstico tratado, houve uma redução do Kc em função do aumento do percentual de esgoto doméstico tratado.

PALAVRAS-CHAVE: coeficiente de cultura, necessidade hídrica, *Zea mays* L.

WATER CONSUMPTION OF MAIZE IRRIGATED WITH DIFFERENT DILUTIONS OF DOMESTIC SEWAGE TREATED IN PROTECTED ENVIRONMENT

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos. Fone (81) 99875.8815, E-mail: celia@agro.eng.br.

² Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

⁵ Graduando de Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE.

ABSTRACT: Using wastewater associated with proper irrigation management as an alternative source is of great importance for its economic and sustainable contribution. The objective of this study was to evaluate the water consumption of maize irrigated with wastewater in a protected environment with representative soil of the Ipojuca River Basin-PE. The experimental design was randomized blocks with five treatments and five replications, totaling 25 experimental units. The treatments were: T2 - 100% treated domestic sewage; T3, T4, T5, proportions of treated domestic sewage and supply with 75-25%; 50-50% and 25-75%, respectively; and the control T1 - 100% water supply + conventional chemical fertilization), evaluated until 60 days after sowing (DAS). The reuse of treated and diluted sewage has great potential as an alternative for irrigation, in order to mitigate the impacts of water scarcity and food demand. Regarding dilutions with treated domestic sewage, there was a reduction in Kc due to the increase in the percentage of treated domestic sewage.

KEYWORDS: crop coefficient, water requirement, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade e distribuições irregulares de chuvas, são fatores que afetam o rendimento da cultura do milho. Em alguns casos a água é um fator limitante, sendo importante planejar o manejo de irrigação para aumentar o rendimento, a eficiência do uso da água, mantendo a viabilidade econômica da atividade (MARTINS et al., 2012).

A irrigação proveniente de esgoto doméstico é uma prática amplamente estudada e recomendada por diversos autores como alternativa viável para suprir as necessidades hídricas e nutricionais das plantas. Mostrando-se assim com uma forma estratégica para minimizar os impactos de escassez no semiárido SOUSA NETO et al., 2012).

Visando a otimização do uso da água para irrigação, o conhecimento do coeficiente de cultivo é de grande importância na determinação das necessidades hídricas das culturas em condições agroclimáticas específicas do local em que a cultura se desenvolve. A determinação do coeficiente de cultura (Kc) resulta na estimativa das necessidades hídricas, o que permite a realização do manejo da irrigação eficiente (ALVES et al., 2017).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo hídrico do milho irrigado com água residuária, em ambiente protegido e solo representativo da Bacia do rio Ipojuca-PE.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, campus Recife, sob as seguintes coordenadas geográficas: 08° 01' 09,81'' S e 34° 56' 52,55'' W, e altitude de 6,5 m de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum), com a cultura do milho durante os meses de Dezembro de 2017 a Fevereiro de 2018.

O clima da região segundo Köppen é classificado como tropical chuvoso (tipo As' a Ams') com temperatura média anual de 27 °C e precipitação anual acima de 1700 mm (Silva et al., 2012), sendo que a concentração de chuvas ocorre entre o outono e o inverno entre os meses de abril e julho, com sua média pluviométrica mensal no valor de 248,2 mm. A evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 mm ano⁻¹ e 1.600 mm ano⁻¹ (BARROS, 2011).

A área experimental foi comporta por 25 vasos plásticos com capacidade de 15 L, diâmetro externo na borda superior 0,25 m e altura externa de 0,30 m. Para preenchimento interno dos vasos foi colocada uma camada de 3 cm de brita nº1 em cada vaso, a fim de encobrir o dreno e facilitar a drenagem. Após o preenchimento com brita foi colocado sobre a mesma, manta geotêxtil, com finalidade de filtro para evitar a passagem de partículas de solo para a camada inferior. Após a colocação da manta geotêxtil os sistemas foram preenchidos com 15 kg de solo seco, por fim sendo alocado em tijolos afim de nivelar na área experimental.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háptico Sáfico Sódico Hipereutrófico, de textura predominantemente areia franca, conforme EMBRAPA (2018), representativo da Bacia do Rio Ipojuca. Amostras desse material foram analisadas e seus atributos físico-químicos foram determinados (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo representativo da Bacia do Rio Ipojuca.

	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp	P	CC	PMP	Classe Textural
Amostra de solo	_____% ____			-g cm ⁻³ -		_____%____	_____%____		
	78,9	16,05	5,05	1,43	2,69	46,84	9,6	4,58	Areia Franca
pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O	M.O	H+Al
01:2,5	____cmol _c dm ⁻³ ____					mg dm ⁻³	____g kg ⁻¹ ____		cmol _c dm ⁻³
7,4	5,1	1,14	0	0,24	0,57	382	7,63	13,16	3,11

Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; P: Porosidade; CC: Capacidade de campo e PMP: Ponto de murcha permanente

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 unidades experimentais.

Os tratamentos foram compostos por cinco níveis de diluição de esgoto doméstico tratado (EDT) com água de abastecimento (AB) nas porcentagens de: T3 - 75%EDT+25% AB; T4 - 50%EDT+50% AB; T5 - 25%EDT+75% AB. T2 - 100% da água de esgoto tratado (EDT) e a testemunha absoluta T1 - 100% da água de abastecimento + adubação nutricional (AB); avaliados até os 60 dias após a semeadura (DAS).

O efluente líquido tratado foi proveniente da Estação de Tratamento de Reuso e Manejo Hidroagrícola, localizada no Distrito de Mutuca pertencente a cidade de Pesqueira-PE.

Para a coleta da água residuária foi utilizada uma tubulação de PVC, oriunda diretamente da lagoa de polimento e com utilização de uma Motobomba Schneider BC-92, de 1,5 cv e 380 W de potência, essa tubulação de recalque encaminhou o efluente até o reservatório com capacidade de 1000 litros.

O efluente foi armazenado em uma caixa de água de 3000 L. Para o tratamento testemunha foi utilizado um reservatório de 100 L com água de abastecimento local proveniente de poço do CEGOE.

O critério adotado na definição das lâminas de irrigação com efluente doméstico (aplicadas manualmente) na implantação dos tratamentos foi baseado na pesagem direta dos vasos. A frequência da aplicação do efluente doméstico foi com turno de rega a cada dois dias.

Amostras das diferentes águas utilizadas foram analisadas e seus atributos físico-químicos determinados (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente doméstico, abastecimento e diluições.

Constituintes	Unidade	100% AB	75%EDT +25% AB	50%EDT +50% AB	25%EDT +75% AB	100% E DT
pH	-	6,30	7,70	7,40	6,90	7,90
CE	dS m ⁻¹	0,13	2,50	1,40	0,725	3,13
K ⁺	mg L ⁻¹	2,50	0,013	0,01	0,00	0,15
P-Total	mg L ⁻¹	-	2,50	2,00	1,00	2,50
Na ⁺	mg L ⁻¹	5,40	644,94	569,62	449,10	1172,23
Alcalinidade	mg L ⁻¹	11,70	474,00	280,00	125,00	708,00
Cloretos	mg L ⁻¹	15,40	700,00	550,00	400,00	200,00
DBO	O ₂ L ⁻¹	-	20,00	16,00	15,00	30,00
DQO	O ₂ L ⁻¹	-	114,00	57,00	35,00	125,00

CE - Condutividade elétrica; P-total - Fósforo total; N-total - Nitrogênio total; DQO - Demanda Química de Oxigênio; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF - coliformes fecais; E.Coli - *Escherichia Coli*; SS - Sólidos Sedimentáveis; ST - Sólidos Totais; SF - Sólidos Fixos; SV - Sólidos voláteis; SS* - Sólidos Solúveis.

A semeadura do milho foi realizada manualmente a 5 cm de profundidade, usando-se 5 sementes/vaso, logo após foi realizado o desbaste, restando apenas 1 planta/vaso. Utilizou-se a cultivar BR 5026 do IPA. A cultivar foi semeada no espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,30 m entre plantas.

Para suprir as necessidades nutricionais da cultura foi realizada adubação segundo o Manual de Recomendação de Adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008). Após o plantio e com o desenvolvimento da cultura, iniciou-se os tratamentos culturais, que consistiu na limpeza manual das ervas daninhas, com o objetivo de manter o stand sempre livre de possíveis infestações.

Segundo Villa-Nova e Ometto (1981), a evapotranspiração de referência (ET_0) no interior da casa de vegetação foi medida no evaporímetro de Piche (ET_{pi}), calculada por diferença do nível de água no tubo graduado em milímetros entre dias subsequentes.

A ET_c foi obtida através de medidas diretas no sistema lisimétrico de acordo com (ABOUKHALED et al., 1982). O coeficiente de cultura (K_c) é determinado a partir da razão entre a ET_c pela ET_0 .

O ciclo da cultura do milho segundo Doorenbos & Pruitt (1977) compreende as seguintes fases fenológicas: Estádio I – (0 a 14 dias); Estádio II – (14 a 30 dias); Estádio III – (30 a 49 dias); Estádio IV – (49 a 63 dias).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão polinomial e teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando-se o software Sisvar (FERREIRA, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o coeficiente de cultivo apresentou um comportamento quadrático, em função do aumento das diluições de EDT (Figura 1), com valor mínimo estimado de 1,0 na diluição com 0% efluente EDT e valor máximo estimado de 1,26 na diluição com 54,14% de EDT. Em relação às diluições com presença EDT, houve uma redução do K_c em função do aumento do percentual de EDT.

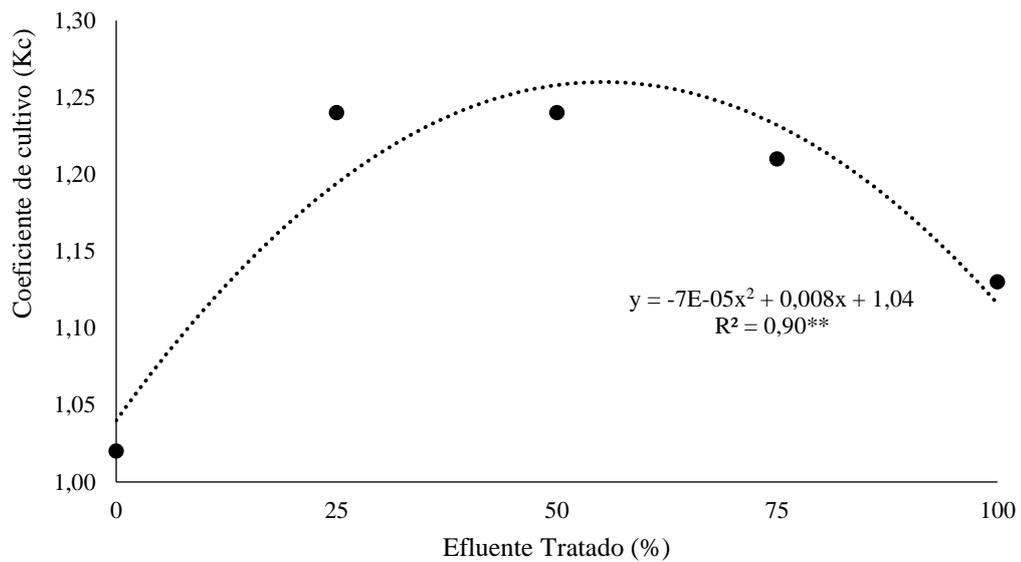


Figura 1. Efeito das diferentes diluições de esgoto doméstico tratado (A) de milho (cv. IPA BRS-1501) sob condições de ambiente protegido, Recife 2018.

Na Figura 2, percebe-se que os dados da ETc foram variáveis ao longo do seu ciclo fenológico entre todos os tratamentos. Observa-se de forma geral, que os tratamentos 100%AB e 25%EDT+75%AB se diferenciaram em relação à ETc, representando valores médios $6,66 \text{ mm dia}^{-1}$ e $8,44 \text{ mm dia}^{-1}$, demonstrando que o tratamento 25%EDT+75%AB apresentou uma maior taxa evapotranspirimétrica durante todo período, havendo um acréscimo de 27,88% da ETc, fato este que pode estar associado a condutividade elétrica (CE: $0,725 \text{ dS m}^{-1}$) do efluente doméstico tratado durante a irrigação, possibilitando à planta a uma maior absorção de consumo de água.

Durante a fase inicial do ciclo da cultura do milho, a ETc cresce até os 25 DAS, depois ocorre uma estabilização na fase intermediária e depois começa a decrescer até a fase de floração, ocasionando uma baixa ETc. O maior consumo total de água do milho, cultivar BR 5026 do IPA, foi de 151,92 mm no tratamento 25%EDT+75%AB e menor consumo de água de 119,96 mm no tratamento 100%AB, para uma ETo de 133,39 mm aos 49 DAS.

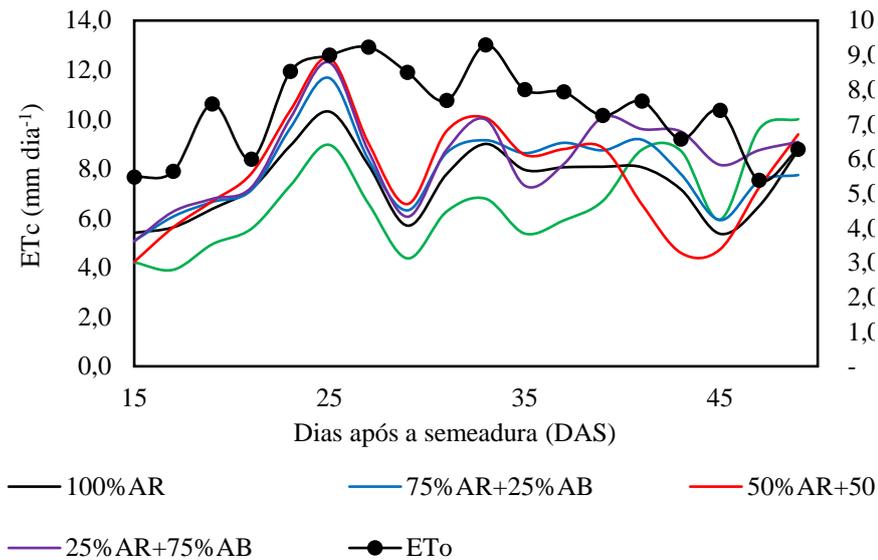


Figura 2. Evapotranspiração da cultura (ETc) e evapotranspiração de referência (ETo) do milho irrigado com esgoto doméstico tratado em condições de ambiente protegido, Recife, 2018.

Na Figura 3, o comportamento do Kc foi semelhante ao comportamento observado na variável ETc. Da mesma maneira, o tratamento 25%EDT+75%AB apresentou maiores valores de Kc em relação a todos os tratamentos (Fase II e III) e a testemunha 100%AB menores valores de Kc. A média do Kc, neste período, foi igual a 0,77 e 1,02 para os tratamentos 100%AB, 1,11 e 1,30 para o tratamento 25%EDT+75%AB, respectivamente, constatando-se um acréscimo de 44,15% (Fase II) e 27,45% (Fase II), conforme Tabela 3.

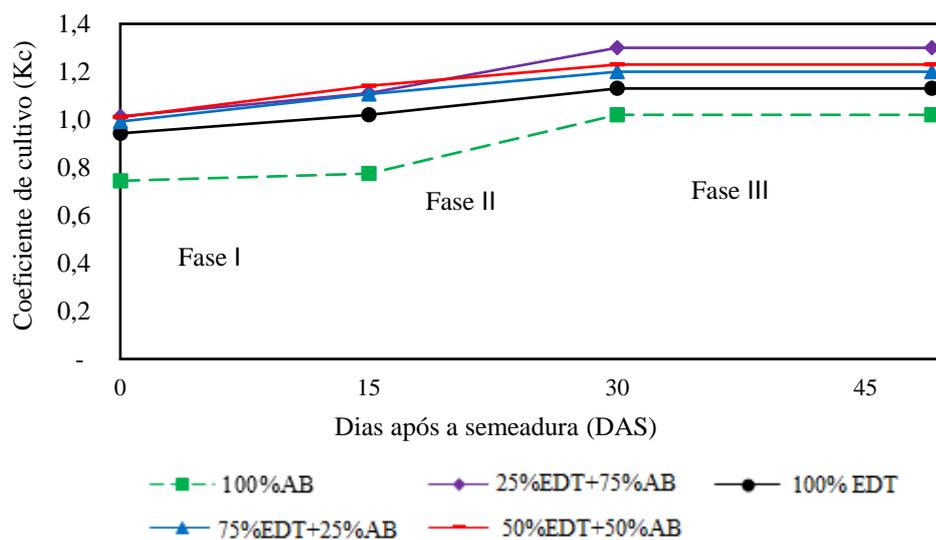


Figura 3. Dados médios de coeficiente de cultivo (Kc) do milho irrigado com esgoto doméstico tratado em condições de ambiente protegido, Recife, 2018.

Tabela 3. Coeficiente de cultivo médio obtidos pela metodologia de FAO e pelos tratamentos de diluições de esgoto doméstico para a cultura do milho, cv. IPA BRS-1501.

Fases	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	FAO
	100% AB	100% AR	75%EDT25%AB	50%EDT50%AB	25%EDT75%AB	-56
Inicial	0,74	0,94	0,99	1,01	1,01	0,43
D. Vegetativo	0,77	1,02	1,11	1,14	1,11	0,70
Floração	1,02	1,13	1,20	1,23	1,30	1,14

D. – Desenvolvimento

Os valores dos Kc obtidos pelos tratamentos de diluição de esgoto doméstico tratado apresentaram-se próximos dos obtidos pela metodologia da FAO apenas para o tratamento 100%EDT na Fase III (floração) e o tratamento 100% AB na Fase II (D. vegetativo). Em relação aos tratamentos intermediários, ocorre uma variação maior do Kc durante toda fase fenológica, o que pode ser explicado pela baixa concentração de sais presente nas diferentes diluições, considerando que o potencial osmótico é menor nessas condições, ocasionaram uma melhor absorção de água pela planta.

As variações observadas nos valores de Kc, indicam a necessidade de sua determinação local devido a sua dependência em relação ao clima, solo, cultivar e tipo de tratamento aplicado (Ferreira et al., 2007).

Durante a Fase II, ocorre aumento do crescimento resultando em um incremento da evapotranspiração e conseqüentemente do Kc para todos os tratamentos, que permaneceram elevados na Fase III, caracterizando-se por apresentar a maior demanda de água ao longo do ciclo. Esta tendência tem sido observada para o Kc do milho em diferentes regiões (ALLEN et al., 1998; BASTOS et al., 2008; SOUZA et al. 2015).

CONCLUSÕES

Em relação às diluições com presença EDT, houve uma redução do Kc em função do aumento do percentual de EDT.

O tratamento 25%EDT+75%AB apresentou maiores valores de Kc em relação a todos os tratamentos (Fase II e III), e a testemunha 100%AB os menores valores de Kc.

O manejo hídrico adequado, aliado ao uso da irrigação com água de qualidade inferior, é estratégico para obtenção de bons rendimentos na cultura do milho com os solos região de estudo.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. AURÉLIO L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 194-203, janeiro-março, 2017.

ALLEN, R.G. ET AL. CROP evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. ROME: **FAO**, 1998. 279 P. (FAO, irrigation and drainage paper, 56).

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. LYSIMETERS. ROME: **FAO**, 1982. 68 P. (irrigation and drainage paper, 39).

BARROS, A. H. C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: **Árvore do conhecimento - Território Mata Sul Pernambucana – Clima**. 2011. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C%20ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html)

BASTOS, E. A. ET AL. Coeficiente de cultivo do milho nos tabuleiros litorâneos do Piauí. In: congresso nacional de milho e sorgo. **Congresso nacional de milho e sorgo**, 27., 2008, londrina-pr. Anais. Londrina-pr: Embrapa milho e sorgo/associação brasileiro de milho e sorgo. 1 cd-rom.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. 2nd ed. Rome: **FAO** 1977. 179 p. (irrigation and drainage paper, 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 4. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2014. 353 p.

FERREIRA, V. M. ET AL. Coeficientes de cultivo do milho em sistemas monocultivo e consorciado com feijão-caupi. In: **congresso brasileiro de agrometeorologia**, 15., 2007, Aracajú. Anais. Piracicaba: sbagro, 1998. 1 cd-rom.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

JABRO, J. D.; IVERSEN, W. M.; EVANS, R. G.; STEVENS, W. B. Water use productivity of sugarbeet, malt barley, and potato as affected by irrigation frequency. **Agronomy journal**, v. 104, n.6, p.1510 - 1516, 2012.

MAKKINK, G. F. Ekzameno de la formula de Penman. Netherlands. **Journal of agricultural science**, v.5, p.290-305, 1957.

MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; V. DUBOU.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. *Irriga*, v. 1 n. 01 (2012): Irriga - winotec - edição especial .

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-pe. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SOUZA, L. S. B. DE.; MOURA, M. S. B. DE.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Do requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151 – 160, out. – dez., 2015.

VILLA-NOVA, N. A.; OMETTO, J. C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do estado de São Paulo. In: **simpósio brasileiro de hidrologia e recursos hídricos**, 4, 1981, Fortaleza. Anais. Fortaleza: sbrh, 1981. P.281-299.

SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. DA S.; Rebouças, J.R.L.; Oliveira, F.R.A.DE.; DINIZ, A.A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200–208, 2012.