

## NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DO MILHO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Célia Silva dos Santos<sup>1</sup>, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>2</sup>, Kátia Elisabete Silva  
Ribeiro<sup>3</sup>, Talita Xavier Gouveia<sup>3</sup>, Andeson Ferreira e Lima<sup>4</sup>, Evellyn da Silva Gomes<sup>3</sup>

**RESUMO:** A utilização de água residuária como fonte alternativa associada ao seu uso racional é um grande recurso para regiões como o semiárido brasileiro. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo hídrico do milho irrigado com água residuária em ambiente protegido com solos representativos da Bacia do rio Ipojuca-PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com esquema fatorial  $(5 \times 2) + 2$ , com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco lâminas de reposição da ETc: (80, 90, 100, 110 e 120%) do esgoto doméstico tratado proveniente de Mutuca, distrito do município de Pesqueira-PE, 02 tipos de solos: Planossolo Háplico – Solo 1; Neossolo Regolítico – Solo 2; mais 02 testemunhas, ambas irrigadas com água de abastecimento. As variáveis analisadas foram: evapotranspiração da cultura (ETc) e coeficiente de cultivo (Kc), ambas analisadas no tratamento 100% da ETc. A maior ETc acumulada foi de 274,29 mm no Planossolo Háplico, enquanto no Neossolo Regolítico apresentou valor acumulado de ETc de 273,22 mm para uma ETo acumulada de 164,12 mm. A cultura do milho quando cultivada no Planossolo Háplico apresentou valores menores de coeficiente de cultivo devido possivelmente a alta concentração de salinidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** coeficiente de cultivo, evapotranspiração da cultura, reuso de água

## WATER REQUIREMENT FOR IRRIGATED MAIZE CROP WITH RESIDUARY WATER IN A PROTECTED ENVIRONMENT

<sup>1</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE, Brasil; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos. Fone (81) 998758815. E-mail:celia@agro.eng.br

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife -PE

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife-PE

**ABSTRACT:** The use of wastewater as an alternative source associated with its rational use is a great resource for regions such as the Brazilian semiarid. Thus, this work aimed to evaluate the water consumption of maize irrigated with wastewater in an environment protected with representative soils of the Ipojuca River Basin-PE. The experimental design was in randomized blocks with factorial scheme  $(5 \times 2) + 2$ , with 4 replications, totaling 48 experimental units. The treatments consisted of five ETc replacement blades: (80, 90, 100, 110 and 120%) of treated domestic sewage from Mutuca, district of Pesqueira-PE, 02 soil types: Haplosol - Soil 1; Regolithic Neosol - Soil 2; 02 more witnesses, both irrigated with water supply. The variables analyzed were crop evapotranspiration and crop coefficient, both analyzed in the 100% treatment of ETc. The highest accumulated ETc was 274.29 mm in the Haplic Planosol, while in the Regolithic Neossol presented an accumulated ETc value of 273.22 for one. 164.12mm cumulative ETo. The maize crop when cultivated in the Haplossol presented lower values of crop coefficient due to the high salinity concentration.

**KEYWORDS:** cultivation coefficient, crop evapotranspiration, water reuse

## INTRODUÇÃO

A água é um fator limitante para o desenvolvimento econômico e social de uma região e a agricultura a atividade que consome grande parte desse recurso. Atualmente, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA 2019), 6,95 milhões de hectares estão equipados para irrigação e o nordeste irriga aproximadamente 16% dessa área.

Em regiões como o semiárido brasileiro onde a precipitação média é em torno de 800 mm por ano é imprescindível que haja um uso racional e eficiente desse recurso visto que na atualidade há uma grande demanda por produção de alimentos. Entretanto, são crescentes os estudos sobre a utilização de águas de classes inferiores para suprir a necessidade desse bem no setor agrícola enquanto águas de classe superior seriam utilizadas para consumo humano e animal, como preconiza a Política Nacional de Recursos Hídricos (RIBEIRO et al., 2012).

O coeficiente de cultivo (Kc) está diretamente ligado às fases fenológicas e fisiológicas das culturas e suas respectivas demandas hídricas, correlacionando-as com a evapotranspiração de referência (ETo), o que permite a realização do manejo da irrigação eficiente, resultando no uso otimizado da água (Alves et al., 2017).

O grande problema em manejar a irrigação por esse método está na obtenção de valores de Kc que sejam condizentes com as condições da localidade do cultivo. Segundo (Allen et.

al., 1998), há influência das condições climáticas na variação do  $K_c$ , decorrente da estimativa da  $ETo$ .

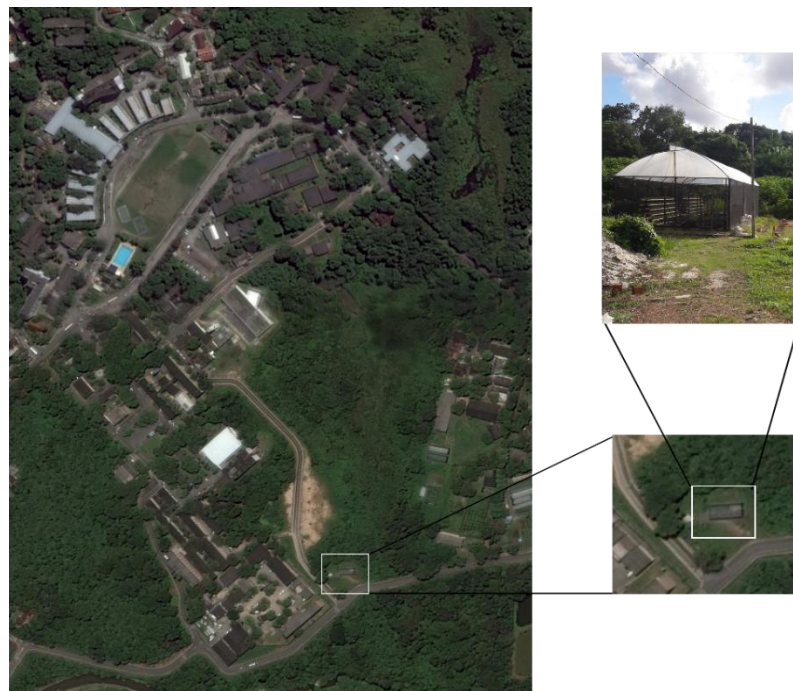
Deste modo, objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo hídrico do milho irrigado com água residuária em ambiente protegido com solo representativo da Bacia do rio Ipojuca-PE.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização do ambiente experimental

O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, campus Recife, sob as seguintes coordenadas geográficas:  $08^{\circ} 01' 09,81''$  S e  $34^{\circ} 56' 52,55''$  W, e altitude de 6,5 m de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum) (Figura 1).

O clima da região segundo Köppen é classificado como tropical chuvoso (tipo  $As'$  a  $Ams'$ ) com temperatura média anual de  $27^{\circ}C$  e precipitação anual acima de 1700 mm (Silva et al., 2012. A evapotranspiração média estimada para a região está entre  $1.000\text{ mm ano}^{-1}$  e  $1.600\text{ mm ano}^{-1}$  (BARROS, 2011).



Fonte: Santos (2019)

**Figura 1.** Localização da casa de vegetação-UFRPE.

### Caracterização das unidades experimentais

A área experimental foi composta por 48 vasos plásticos com capacidade de 60 L, diâmetro externo na borda superior 0,40 m e altura externa de 0,55 m. Para preenchimento interno dos vasos foi colocada uma camada de 2 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 64 kg de solo seco (Planossolo Háplico – Solo 1); 67,21 kg de solo seco (Neossolo Regolítico – Solo 2), por fim sendo alocado em tijolos afim de nivelar a área experimental.

Os solos que foram utilizados são representativos da Bacia do Rio Ipojuca-PE e seus atributos físico-químicos estão dispostos nas Tabelas 1 e 2 (Embrapa, 2017).

**Tabela 1.** Características físico-químicas do Solo 1 (Planossolo Háplico Sódico Hipereutrófico) representativo da Bacia do Rio Ipojuca-PE.

		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Ds	Dp	P	CC	PMP	Classe Textural
<b>Solo 1</b>		g Kg <sup>-1</sup>			g cm <sup>-3</sup>		%	%			
		711	117	56	116	1,43	2,69	46,84	9,6	4,58	Areia Franca
pH (água)	CEes	Ca	Mg	Al	H	Na	K	PST	P	C.O	M.O
		dS m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	mg Kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
7	1,39	2,3	1,6	0	0	0,52	0,49	10,59	109	8,5	4,14

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

**Tabela 2.** Características físico-químicas do Solo 2 (Neossolo Regolítico) representativo da Bacia do Rio Ipojuca-PE.

		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Ds	Dp	P	CC	PMP	Classe Textural
<b>Solo 2</b>		g Kg <sup>-1</sup>			g cm <sup>-3</sup>		%	%			
		700	117	47	76	1,60	2,52	51,2	8,3	4,3	Areia Franca
pH (água)	CEes	Ca	Mg	Al	H	Na	K	PST	P	C.O	M.O
		dS m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	mg Kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
7	0,54	1,1	1,0	0	0	0,38	0,26	13,86	9	0,9	1,55

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

### Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com esquema fatorial (5 x 2) + 2, com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc): (80, 90, 100, 110 e 120%) do esgoto doméstico tratado proveniente de Mutuca, distrito do município de Pesqueira-PE,

02 tipos de solos (Planossolo Háplico – Solo 1; Neossolo Regolítico – Solo 2; mais 02 testemunhas. As testemunhas consistiram da irrigação com água de abastecimento com lâmina correspondente a 100% da ETc para o solo 1 e 2. A água de abastecimento foi proveniente de Poço do CEGOE/UFRPE.

### Dimensionamento das águas utilizadas e manejo da irrigação

O efluente líquido tratado é 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, essa tubulação de recalque encaminhou o efluente até o reservatório com capacidade de 1000 litros.

O efluente foi encaminhado para área experimental e 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 da água de abastecimento e da água residuária utilizado no experimento.

Constituintes	Unidade	AB	AR
pH		6,30	8,30
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,13	5,70
STD	μS cm <sup>-1</sup>	-	2869,0
N-Total	mg L <sup>-1</sup>	-	23,6
P -Total	mg L <sup>-1</sup>		2,0
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	2,50	85,8
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,90	34,5
Mg <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,60	50,9
Na <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	5,40	782,0
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	0,02	42,4
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	15,40	950,0
Sulfato	mg L <sup>-1</sup>		
Bicarbonato	mg L <sup>-1</sup>		
E. Coli		AA	
CT	NMP 100 ml <sup>-1</sup>	AA	

O critério adotado na definição das lâminas de irrigação com efluente doméstico tratado (aplicadas manualmente) na implantação dos tratamentos baseou-se no sistema de drenagem dos tratamentos com 100% da ETc (Equação 1). A frequência da aplicação do efluente doméstico foi com turno de rega a cada dois dias.

### **Descrição e implementação da cultura**

O experimento foi realizado na cultura do milho durante os meses de Dezembro de 2018 a Fevereiro de 2019 (Figura 2).

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).

### **Variáveis Analisadas**

A evapotranspiração de referência (ETo) no interior da casa de vegetação foi medida no evaporímetro de Piche (ETpi), calculada por diferença do nível de água no tubo graduado em milímetros entre dias subsequentes, segundo Villa-Nova e Ometto (1981), conforme Eq.1:

$$ET_{pi} = (0,28 * P_i) / (1 - w) \quad (1)$$

Em que: P<sub>i</sub> - evaporação obtida pelo evaporímetro de Piché, (mm dia<sup>-1</sup>); w - definido por Makkink (1957) como sendo uma função da temperatura do ar.

A ETc foi obtida através de medidas diretas no sistema lisimétrico de acordo com (Aboukhaled et al., 1982) que estabelece a seguinte Eq. 2:

$$ET_c = (P + I - D) / A \quad (2)$$

Em que: ETc: evapotranspiração da cultura (mm); P: precipitação pluviométrica (mm); I: lâmina de água aplica por irrigação (mm); D: água drenada do lisímetro (mm); A: área do lisímetro (m<sup>2</sup>).

A razão entre ETc e a ETo é denominado coeficiente da cultura (Kc), que foi determinado segundo a Eq. 3:

$$K_c = ET_c / E_{T_o} \quad (3)$$

Em que:  $K_c$ : coeficiente da cultura (adimensional);  $ET_c$ : evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $ET_o$ : evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

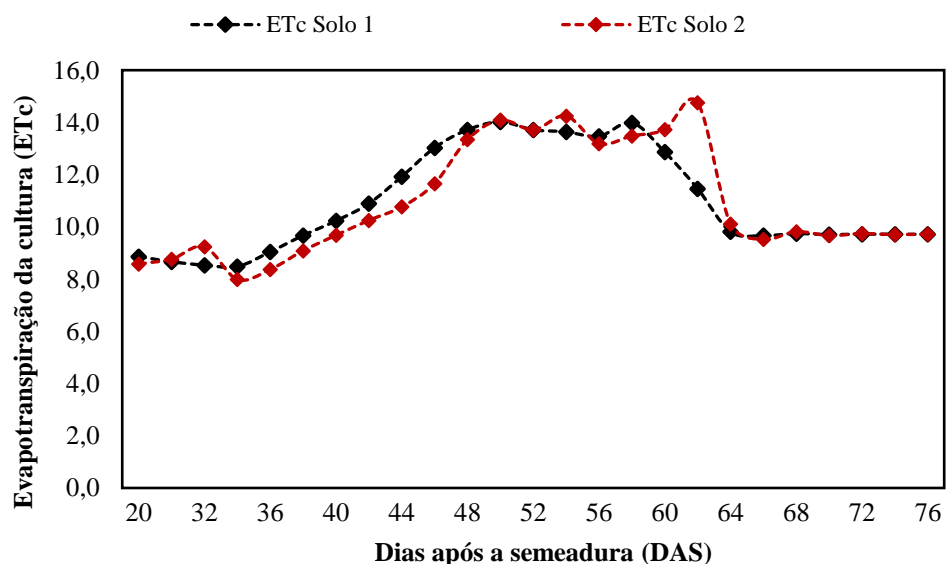
O ciclo da cultura do milho segundo Doorenbos e Pruitt (1977) compreende as seguintes fases fenológicas:

- I) Estádio I – (20 a 41 dias)
- II) Estádio II – (42 a 56 dias)
- III) Estádio III – (57 a 80 dias)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 que os dados de  $ET_c$  são bastante variados ao longo do seu ciclo fenológico. Verifica-se também que o consumo de água pelo milho, é realmente menor nos estádios inicial e final, pois as perdas por evaporação são maiores que a transpiração da cultura.

Vale ressaltar que entre os 60 e 64 dias após a semeadura houve um pico na  $ET_c$  do solo 2 e justifica-se pela alta temperatura combinada com o comportamento desse solo o que pode estar relacionado com sua umidade e características físico hídricas no momento.



**Figura1.** Evapotranspiração da cultura e evapotranspiração de referência de cultivo do milho irrigado com água residuária em condições de ambiente protegido, Recife, 2018

A ETc acumulada foi de 274,29 mm no solo 1 e 273,22 mm no solo 2, apresentando valor mínimo de 8,48 mm dia<sup>-1</sup> para o solo 1 e 7,986 mm dia<sup>-1</sup> para o solo 2 com uma ETo acumulada de 164,12 mm.

Verifica-se na Figura 2, que os Kc's encontrados nos dois solos diferiram entre si. Os valores médios de Kc para o solo 2 foram maiores cerca de 3% na primeira e segunda fases, enquanto que no final do ciclo fenológico essa diferença caiu para 1,03%.

Vários fatores podem e são normalmente condicionados a essa redução da evapotranspiração das culturas ocasionada pela irrigação com água residuária de alta concentrações de sais, dentre os quais, diminuição do potencial osmótico do solo, formação de crostas na superfície do solo e efeitos nocivos devido à toxidez de certos sais, como o cloreto de sódio, e desequilíbrios nutricionais, principalmente na área foliar.

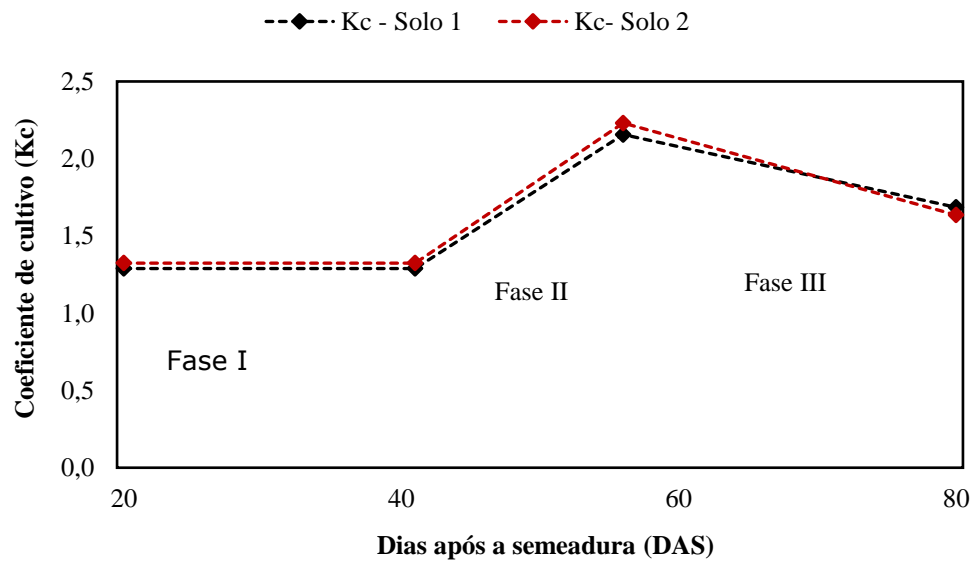
Resultados semelhantes foram encontrados por (Figueirêdo et al., 2009; Freire et al., 2011; Silva et al. 2014) quando avaliaram o coeficiente de cultivo nas culturas de melancia, maracujá, milho e feijão caupi, respectivamente.

Na Tabela 2, apresentam-se os Kcs médios encontrados nos estádios fenológicos em comparação com Kc's da FAO-56 em cada período. Este valor de Kc do solo 2 maior que o Kc do solo 1 pode estar associado a condutividade elétrica do solo, 1,39 para o solo 1 e 0,54 para o solo 2, e concentração de sódio presente na água residuária, possibilitando assim uma maior absorção no consumo de água.

Segundo Allen et al. (2006), altas concentrações de salinidade podem reduzir a evapotranspiração da cultura, já que afeta o crescimento das plantas. Verifica-se que os Kc's encontrados para ambos os solos foram maiores que os recomendados pela FAO (Allen et al. 2006).

Vale salientar que as variações observadas nos valores de Kc's, 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). Para o milho, Souza et al. (2015) encontraram valores de 0,90 e 1,30 para as fases vegetativa e floração, respectivamente, em condições do semiárido pernambucano.





**Figura 2.** dados médios de coeficiente de cultivo do milho irrigado com água residuária em condições de ambiente protegido, Recife, 2018

**Tabela 3.** Coeficiente de cultivo médio obtidos pela metodologia da FAO e pela irrigação com água residuária para a cultura do milho (cv. IPA-BR 5026), em condições de ambiente protegido, Recife 2018

Fases	Kc solo 1	Kc solo 2	FAO-5 <sup>1</sup>
Inicial	1,289	1,324	0,43
D.Vegetativo	2,156	2,231	0,70
Maturação	1,686	1,635	1,14

D. vegetativo - Desenvolvimento vegetativo

## CONCLUSÕES

A maior ETc acumulada foi de 274,29 mm no Planossolo Háplico – Solo 1, enquanto no Neossolo Regolítico – Solo 2 apresentou valor acumulado de 273,22 mm para uma ETo acumulada de 164,12 mm.

A cultura do milho quando cultivada no Neossolo Regolítico apresentou valores maiores de coeficiente de cultivo com relação ao Planossolo Háplico certamente devido à alta concentração de salinidade no solo 1 que dificulta a absorção de água pela planta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANA – **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>> Acesso em 22 de março de 2019.

ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R. DOS.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. DE. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.23, n.5, p. 833-839, 2018.

BARROS, A. H. C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento - Território Mata Sul Pernambucana – Clima**. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. revisada e ampliada, Brasília -DF: Embrapa, 2017. 574 p.

FERREIRA, V. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MASCHIO, R.; CARDOSO, M. J.; SILVA, C. R.; MORAIS, E. L. C. Coeficientes de cultivo do milho em sistemas monocultivo e consorciado com feijão-caupi. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracajú. Anais... Piracicaba: **SBAGRO**, 1998. 1 CD-ROM.

FIGUEIRÊDO, V. B.; MEDEIROS, J. F. DE.; ZOCOLER, J. L.; ESPINOLA SOBRINHO, J. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.231-240, 2009.

RIBEIRO, M. C. DE F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C. DOS.; SILVA J. O. DA.; PEIXOTO, M. DE F. S. P.; PAZ, V. P. DA S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente**, v.16, n.6, pp.639-646, 2012.

FREIRE, J. L. DE O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M. DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. DE. L. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga, Mossoró**, v.24, n.1, p.82-91, 2011.

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