

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

METEOROLOGIA



TESE DE DOUTORADO

Alexandra Lima Tavares

**Fenometria, produtividade e necessidades hídricas
das culturas da alface e do coentro em clima tropical**

Campina Grande, Fevereiro de 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – UACA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

FENOMETRIA, PRODUTIVIDADE E NECESSIDADES HÍDRICAS
DAS CULTURAS DA ALFACE E DO COENTRO EM CLIMA TROPICAL

ALEXANDRA LIMA TAVARES

ORIENTADOR: Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA

CAMPINA GRANDE – PB

Fevereiro – 2016

**FENOMETRIA, PRODUTIVIDADE E NECESSIDADES HÍDRICAS
DAS CULTURAS DA ALFACE E DO COENTRO EM CLIMA TROPICAL**

ALEXANDRA LIMA TAVARES

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Doutor em Meteorologia.

Área de concentração: Agrometeorologia e Micrometeorologia

Linha de pesquisa: Necessidades Hídricas de Culturas

Orientador: Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva

CAMPINA GRANDE – PB

Fevereiro – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

T231f Tavares, Alexandra Lima.
Fenometria, produtividade e necessidades hídricas das culturas da
alface e do coentro em clima tropical / Alexandra Lima Tavares. –
Campina Grande, 2016.
80 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
"Orientação: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva".
Referências.

1. Evapotranspiração. 2. Umidade do Solo. 3. Irrigação. 4. Penman-
Monteith. I. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues. II. Título.

CDU 551.573(043)

ALEXANDRA LIMA TAVARES

FENOMETRIA, PRODUTIVIDADE E NECESSIDADES HÍDRICAS DAS
CULTURAS DA ALFACE E DO COENTRO EM CLIMA TROPICAL

TESE APROVADA EM 26/02/2016

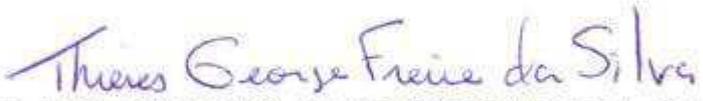
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. INAJÁ FRANCISCO DE SOUSA
Departamento Engenharia Agrônômica
Centro de Ciências Agrônômicas Aplicadas
Universidade Federal de Sergipe


Prof. Dr. THERES GEORGE FREIRE DA SILVA
Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Às pessoas mais importantes da minha vida:
meus pais, Alexandre dos Santos Tavares (in memoriam)
e Romana Lima Tavares,
DEDICO.*

*A meus queridos filhos:
Arícia, Heron e Hércules,
com todo amor e carinho,
OFEREÇO*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar presente, principalmente nas horas mais difíceis, sempre O senti por perto, dando-me discernimento, força e proteção.

Meus agradecimentos ao meu orientador prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, pela orientação, atenção, paciência, amizade e pelo enorme aprendizado adquirido; exemplo de profissional a seguir.

Agradeço ao prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa, também na qualidade de orientador, pela atenção, preocupação, aprendizado, amizade e todo apoio e suporte prestado durante os experimentos.

Aos professores Drs. Thieres George (UAST) e alunos orientados, André Quintão (UFS), Gregório Faccioli, Luís Fernando (UFS), pela disponibilidade e aprendizado decorridos nos períodos experimentais.

Ao parceiro de experimento e amigo Isaac Leal pelo auxílio e grande empenho.

Agradeço à minha família, em especial ao meu pai, Alexandre dos Santos Tavares (*in memorian*), por acreditar em mim e me dá a educação necessária pra chegar até aqui, e mais que especial a minha mãe Romana Lima Tavares, pela dedicação de uma vida toda, por ser minha fonte de inspiração, força, sabedoria e amor, por cuidar dos meus filhos, por ser sempre meu porto seguro e por me ensinar tudo de valioso nesta vida.

Aos meus filhos, Arícia, Heron e Hérciles, por compreenderem minha ausência e por serem a razão do meu viver.

À Empresa Hortaliças Vida Verde e a todos os colaboradores da área de cultivo pelo apoio prestado durante os experimentos.

Aos meus amigos e parceiros de disciplinas, trabalhos e colaboradores: Kaká, Roberta, Camilla, Luciana, Cássia, Leandro, Jonathan, Edicarlos, Mainar e a todos os demais

colegas da graduação, mestrado e doutorado aos quais fica difícil citar todos, mas que colaboraram de alguma forma, nas horas difíceis e de descontração.

À Divanete e Arilene pela amizade, competência, profissionalismo e atenção apresentada durante o curso.

À Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de Sergipe (FAPESSE), pelo suporte à pesquisa de campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de doutorado.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, pela oportunidade de realizar este curso.

A todos que contribuíram de forma positiva nesta minha caminhada e conquista, fica o meu

MUITO OBRIGADA!

**FENOMETRIA, PRODUTIVIDADE E NECESSIDADES HÍDRICAS
DAS CULTURAS DA ALFACE E DO COENTRO EM CLIMA TROPICAL**

RESUMO: O estudo foi conduzido na Unidade de Produção de Hortaliças da empresa Hortaliças Vida Verde, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizado no município de Itabaiana, SE. O objetivo do trabalho foi determinar a evapotranspiração (ET_c) e os coeficientes de cultivo (K_c) do coentro e da alface cultivados em clima tropical, bem como avaliar as variáveis fenométricas ao longo de seu ciclo de produção. A ET_c das culturas foi obtida através do balanço hídrico no solo e a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith, utilizando-se dados coletados numa estação automática localizada próxima à área experimental. As variáveis fenométricas avaliadas foram: comprimento das raízes e caule, área foliar e peso da massa fresca da parte aérea. Os resultados da pesquisa evidenciaram que os valores médios da ET_c do coentro e da alface são, respectivamente, 139,8 e 158,5 mm, nas condições de realização do experimento. O K_c médio do coentro encontrado foi 0,87 e da alface 0,84. Verificou-se que as culturas do coentro e da alface requerem mais atenção com a demanda hídrica no período do verão. Os resultados obtidos permitiram ainda constatar que o coentro e a alface no período de outono proporcionam melhor desenvolvimento de suas variáveis fenométricas, bem como suas produtividades, sendo portanto este o período mais apropriado para o cultivo dessas culturas em regiões tropicais.

Palavras chave: Balanço hídrico do solo - Evapotranspiração, umidade do solo, irrigação, Penman-Monteith.

PHENOLOGY, PRODUCTIVITY AND WATER REQUIREMENTS OF CROPS OF LETTUCE AND CORIANDER IN TROPICAL WEATHER

ABSTRACT: The study was carried out in production unit of vegetable of company Hortaliças “Vida Verde” in partnership with the Federal University of Sergipe (UFS), located in the city of Itabaiana, SE. The objective of this study was to determine the evapotranspiration (ET_c) and crop coefficients (K_c) of coriander and lettuce grown in a tropical environment, as well as evaluating the phenometric variables throughout its production cycles. The ET_c crops was determined based on soil water balance and reference evapotranspiration (ET_o) by Penman-Monteith method (FAO/56), using collected data from automatic weather station next to experimental site. The phenometric variables were: length of the roots and stem, leaf area and Fresh weight of shoot. The mean values of ET_c for coriander and lettuce are, respectively, 139.8 and 158.5 mm while the mean values of K_c were 0.87 and 0.84 for coriander and lettuce, respectively. Results also show that coriander crop water needs are higher than lettuce during summer period. The results revealed that the coriander and lettuce in the fall period provide better development of their phenometric variables and productivity, which is the most appropriate period for the cultivation of these crops in the tropical regions.

Keywords: Water balance in soil - Evapotranspiration, soil water content, irrigation, Penman-Monteith approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo	21
Figura 2. Imagens da área experimental: (a) Instalação dos tubos de acesso do Diviner 2000 [®] ; (b) Sistema de irrigação por micro aspersão; (c) Pluviômetro instalado na área do plantio; (d) Estufa com as mudas de alface	23
Figura 3. Esquema da parcela experimental na área de cultivo da alface e do coentro	25
Figura 4. Medições das variáveis enométricas das culturas	26
Figura 5. Experimento para o cálculo da lâmina de irrigação	28
Figura 6. Sonda Diviner 2000 [®] com seus componentes.....	28
Figura 7. Canteiros com os tubos de acesso instalados entre as culturas: (a) alface lisa, (b) alface crespa, (c) alface roxa e (d) coentro	29
Figura 8. Leituras com a sonda Diviner 2000 [®] : (a) coentro, (b) alface roxa.....	30
Figura 9. Tubos instalados para calibração da sonda de capacitância para o solo da área experimental	31
Figura 10. Curva de calibração da sonda capacitiva (Diviner 2000 [®]) para um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com alface e coentro, em Itabaiana, no Agreste sergipano.....	51
Figura 11. Correlação entre as umidades volumétricas de calibração local e do fabricante para um Argissolo Vermelho-Amarelo em Itabaiana, SE.....	52
Figura 12. Evapotranspiração média diária (ETc), precipitação (Prec) e irrigação (Irrig) para as três variedades da cultura da alface, durante: a) primeira (inverno); b) segunda (verão); c) terceira (outono) campanhas experimentais	57

- Figura 13. Evapotranspiração média diária (ETc), precipitação (Prec) e irrigação (Irrig) para a cultura do coentro, durante: a) primeira (inverno); b) segunda (primavera); c) terceira (verão); d) quarta (outono) campanhas experimentais 59
- Figura 14. Curva do coeficiente de cultivo da alface (linha sólida) e valores médios semanais (losangos preenchidos) ao longo de seu desenvolvimento fenológico no município de Itabaiana, SE..... 62
- Figura 15. Curva do coeficiente de cultivo do coentro (linha sólida) e valores médios semanais (círculos preenchidos) ao longo de seu desenvolvimento fenológico para o município de Itabaiana, SE..... 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises física e química do solo da área experimental na profundidade de 0-30 cm.	22
Tabela 2. Datas das campanhas experimentais da alface e coentro cultivados em Itabaiana, SE.	27
Tabela 3. Dados meteorológicos durante os três períodos experimentais para as culturas da alface e coentro, da região de Itabaiana, SE. Prec = precipitação, V. Vento = velocidade do vento, T _{máx} = temperatura máxima, T _{mín} = temperatura mínima, T _{méd} = temperatura média, UR = umidade relativa do ar, EV _t = evaporação do tanque classe A, Desv. Pad = desvio padrão, V. Máx = valor máximo, V. Mín= valor mínimo	39
Tabela 4. Desenvolvimento da área foliar da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono	40
Tabela 5. Desenvolvimento da raiz da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono	41
Tabela 6. Desenvolvimento do caule da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono	42
Tabela 7. Desenvolvimento da massa fresca da parte aérea (MFPA) da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono.....	44
Tabela 8. Produtividade da massa fresca da parte aérea das três variedades de alface durante as estações inverno, verão e outono.....	45
Tabela 9. Desenvolvimento da área foliar do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono	46

Tabela 10. Desenvolvimento, ao longo de seu ciclo, da raiz do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono.....	47
Tabela 11. Desenvolvimento da área foliar do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono.	48
Tabela 12. Desenvolvimento da massa fresca da parte aérea (MFPA) do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono	49
Tabela 13. Produtividade da massa fresca da parte aérea do coentro durante as estações inverno, primavera, verão e outono	49
Tabela 14. Fonte de dados e equações de diferentes calibrações desenvolvidas com sondas de capacitância para o monitoramento de umidade do solo em condições de campo..	53
Tabela 15. Resultado da análise de variância dos valores médios de evapotranspiração dos três tipos de variedades da cultura da alface durante as três campanhas experimentais (inverno, verão e outono)	54
Tabela 16. Resultado da análise de variância dos valores médios de evapotranspiração da cultura do coentro tipo Tabocas durante as quatro camapnhas experimentais (inverno, primavera, verão e outono).....	55
Tabela 17. Valores acumulados ($ET_{c\ ac}$ - mm) e médios ($ET_{c\ med}$ - mm d ⁻¹) da evapotranspiração e coeficiente de cultivo (K_c) das culturas da alface e coentro ...	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Consumo hídrico das culturas	4
2.2. Métodos de determinação e estimativa da evapotranspiração	5
2.3. Balanço hídrico no solo	8
2.4. Sonda de capacitância	9
2.5. Coeficiente de cultivo	12
2.6. A cultura da alface	14
2.7. A cultura do coentro	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Caracterizações da área experimental	19
3.2. Área de estudo e tratos culturais	22
3.3. Variáveis fenométricas e produtividade.....	25
3.4. Monitoramento do conteúdo de água no solo	28
3.5. Calibração da sonda de capacitância	30
3.6. Evapotranspiração da cultura.....	33
3.7. Evapotranspiração de referência.....	35
3.8. Coeficiente de cultivo	36
3.9. Estatística.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Condições meteorológicas ao longo do experimento	38
4.2. Variáveis fenométricas e produtividade da cultura da alface	40
4.3. Variáveis fenométricas e produtividade da cultura do coentro.....	45
4.4. Calibração da sonda	50
4.5. Evapotranspiração da cultura da alface e coentro	53
4.6. Coeficiente de cultivo da alface e do coentro	61
5. CONCLUSÕES	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

As diferentes formas de se quantificar o consumo hídrico de culturas para a agricultura têm objetivado muitos estudos nesta área. Grandes são as necessidades dos recursos hídricos para atender ao consumo humano, à indústria e à agricultura irrigada. Neste sentido é importante identificar as exigências das plantas em seus diferentes estádios de desenvolvimento.

O fornecimento de água de acordo com a sua demanda hídrica é um dos fatores fundamentais ao bom desenvolvimento de uma cultura (Silva *et al.*, 2009). O déficit hídrico é o fator mais significativo restringindo o crescimento das plantas e produtividade das culturas, na maioria dos campos agrícolas do mundo (Abedi e Pakniyat, 2010). Por outro lado, irrigações excessivas acarretam perdas de água e de nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes, além de favorecer a proliferação de microorganismos patogênicos (Fernandes e Turco, 2003).

Fatores ambientais como a ausência de chuvas não é o único causador do déficit hídrico. Há uma necessidade de a planta obter um ajuste entre a absorção de água e a transpiração. Toda a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera ocorre em função da demanda evaporativa do local. Essa temática concerne à estruturação de unidades agrícolas, que dependem da incorporação de novas tecnologias de irrigação para uma boa produtividade. Uma das alternativas para racionalizar o uso da água em projetos agrícolas é estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c) (Carvalho *et al.*, 2011). Para tanto, as culturas precisam ser mantidas em condições padrão, isto é, não sofrer déficit hídrico nem ser atacadas por doenças e/ou pragas (Allen *et al.*, 1991).

Diante do cenário cada vez mais preocupante, essa abordagem da utilização de tecnologias e estudos experimentais em benefício da agricultura no Brasil pode proporcionar soluções sustentáveis neste segmento, em termos econômicos, ambientais e sociais. No Brasil, no ramo do agronegócio, as hortaliças têm se destacado em crescimento de produção. Estima-se que o total de cultivo de hortaliças reproduzidas por sementes no Brasil, seja da ordem de 842 mil hectares, o qual há geração de 2 milhões de empregos diretos, ou seja, 2,4 empregos/ha (ABCSEM, 2014).

Entende-se a importância de estudos na região de culturas como a alface e o coentro, os quais estão entre as 18 principais hortaliças propagadas por sementes no Brasil (ABCSEM, 2014). Especificamente em Itabaiana-SE, que através de articulações de políticas públicas no meio rural-urbano, com o intuito de impulsionar a fixação de atividades econômicas no local, consolidou a atividade agrícola no município, tornando-o ponto de referência de produção de olerícolas e centro distribuidor de hortifrutigranjeiros (Carvalho e Costa, 2010). Nesse município, as hortaliças folhosas apresentaram a maior alta de produção, sendo que de alface foram colhidas 11.280 toneladas, 480 a mais que em 2013, comercializados em Sergipe e na capital baiana, Salvador. O mesmo ocorre com o coentro, que em 2014 teve produção de 3.960 toneladas e rendeu R\$ 11,9 milhões aos irrigantes, segundo a Secretaria de Estado da Comunicação Social de Sergipe (2014).

A alface (*Lactuca sativa L.*) e o coentro (*Coriandrum sativum L.*) são hortaliças pouco estudadas, apesar de apresentarem grande importância em valor no mercado brasileiro (Bertini *et al.*, 2010). Estas hortaliças folhosas também se destacam por serem alimentos ricos em vitaminas e sais minerais para o organismo humano e com capacidade de produzir grandes quantidades de alimentos na região. As condições

edafoclimáticas brasileiras permitem cultivar várias espécies desses vegetais durante o ano todo com o uso de irrigação, principalmente no semiárido e cerrado.

Para um manejo adequado de água na irrigação durante o ciclo de produção, há a necessidade de se determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c), principalmente em regiões como o semiárido nordestino, em que a escassez e a irregularidade pluviométrica são fatores limitantes da produção agrícola (Silva, 2004). Dentro deste contexto, a determinação do coeficiente de cultivo (K_c) é de extrema relevância, sendo uma componente importante no cálculo de estimativas das necessidades hídricas específicas às condições edafoclimáticas do local de cultivo. O cômputo do consumo hídrico das culturas do coentro e alface se adéqua a essa temática, uma vez que essas hortaliças são consumidas em todo o mundo, em face de suas excelentes características nutritivas na culinária, alto teor de vitaminas, propriedades medicinais, e considerável valor e importância sócio-econômica mundial. Diante disso, a demanda pela busca de aumento na produção em relação à olericultura é cada vez mais exigida, tanto no ramo da saúde quanto no agronegócio. Dentro deste contexto, os objetivos desta tese são os seguintes:

Geral: Analisar as variáveis fenométricas, produtividade e o consumo hídrico das culturas da alface e coentro nas condições edafoclimáticas de Itabaiana, SE.

Específicos: (i) Avaliar as variáveis de crescimento (fenométricas) e produtivas das culturas da alface e do coentro; (ii) Quantificar a evapotranspiração das culturas da alface e do coentro ao longo dos seus ciclos produtivos; (iii) Determinar os coeficientes de cultivos dessas hortaliças ao longo de seus ciclos de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Consumo hídrico das culturas

Numa superfície cultivada, o conhecimento do consumo de água nos diversos sub-períodos ou etapas de desenvolvimento da planta viabiliza o manejo adequado dos recursos hídricos disponíveis numa região, de forma que estes recursos se encontram escassos em determinadas áreas em que a agricultura irrigada se faz necessária. Segundo Fernandes e Turco (2003), a irrigação deve ser bem quantificada, pois aplicação de água insuficiente repõe água somente nas camadas superficiais do solo, não umedecendo a zona das raízes. A determinação das necessidades hídricas das culturas é estimada com base nos valores da ET_c .

O termo evapotranspiração é definido como a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (Pereira *et al.*, 1997). Devido tanto a sua importância no ciclo hidrológico como no desenvolvimento de sistemas que envolvam o manejo da água, a evapotranspiração tem sido um fenômeno bastante abordado desde Thornthwaite (1931), que introduziu o termo evapotranspiração. Mais tarde, em estudo realizado por Thornthwaite (1948) foi definida a evapotranspiração potencial como a perda máxima de água em uma superfície de solo bem umedecido, completamente coberta com vegetação, em fase de desenvolvimento ativo e com dimensões suficientemente grandes, de modo a minimizar os efeitos de energia advectiva no local.

Dada a procura para a obtenção do consumo de água aos mais variados tipos de culturas, surgiu a necessidade de se definir a evapotranspiração potencial para uma

cultura de referência (ET_o), como aquela conceituada por Doorenbos e Pruitt (1977) que expressa a taxa de evapotranspiração que se produz desde uma extensa superfície, com cobertura de vegetação padronizada, de altura uniforme entre 8 e 15 cm, em ativo crescimento, com o solo completamente sombreado e sem déficit de água.

Ao longo do tempo, a evapotranspiração de culturas se tornou uma das principais informações exigidas para o manejo de irrigação e para fins de planejamento do uso da água em bacias hidrográficas. Segundo Sousa *et al.* (2010) a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada no Brasil não utiliza qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água na irrigação, além disso, o monitoramento automático ainda é muito incipiente. O conhecimento do consumo hídrico de uma cultura (ET_c) durante seu ciclo é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de projetos de irrigação, de modo a aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (Sousa *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2013).

2.2. Métodos de medição e estimativa da evapotranspiração

Diversos são os métodos para computar a quantidade de água disponível em uma área vegetada. Segundo Burman *et al.* (1983) as metodologias são divididas em dois grandes grupos: o método direto e o indireto. O primeiro se dá através de evapotranspirômetros ou lisímetros (de pesagem, drenagem e lençol freático constante), balanço hídrico e controle de umidade no solo; e o segundo grupo é determinado de forma indireta com base nas estimativas da evapotranspiração através de equações empíricas formuladas a partir de vários estudos por meio de dados climáticos.

Por outro lado, como afirmam Doorenbos e Pruitt (1977), deve-se ter atenção com relação à obtenção de ET_0 para os métodos empíricos a serem aplicados, pois os mesmos podem apresentar discrepâncias à medida que as condições locais se diferenciam daquelas que foram propostas. Segundo esses autores, os métodos mais simples apresentam maiores discrepâncias e isso se deve ao fato desses métodos conterem vários coeficientes de regressão, dependentes de parâmetros climáticos não inseridos nas fórmulas, com necessidade de calibração local dos métodos empíricos. Eles ainda afirmam até mesmo métodos como o de Penman, que se fundamentam em melhor base teórica, apresentam altas correlações com valores observados, podendo apresentar resultados diferentes dos reais, quando aplicados sob certas condições de clima diferentes daquelas que foram desenvolvidas.

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) como padrão, para estimativas da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos, sendo também utilizado para avaliar outros métodos de estimativa (Smith, 1991). Outra forma de estimativa da evapotranspiração é o método da razão de Bowen, o qual é representado através de equações que contabilizam as interações dos diversos tipos de energia com a superfície, sendo basicamente a partição do saldo de radiação nos fluxos de calor latente e sensível e no fluxo de calor no solo (Fontana *et al.*, 1991). Outro método, também muito utilizado para estimativa da evapotranspiração, é o de correlações turbulentas, que constitui de estimativas dos fluxos de calor sensível, de calor latente ou fluxo de vapor d'água e do transporte de momentum, a qual parte do conceito de trocas turbulentas dessas variáveis entre a superfície e a atmosfera, com medidas de desvios da

velocidade vertical do vento, temperatura, pressão de vapor, dentre outras variáveis (Heikinheimo *et al.*, 1999; Arya e Holton, 2001; Tol *et al.*, 2003).

Na escolha de um método para a determinação da evapotranspiração devem ser levados em consideração praticidade e precisão, pois, apesar dos métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, eles também apresentam limitações, principalmente quanto à precisão instrumental, o que pode restringir a sua utilização (Campos *et al.*, 2008). Atualmente, ocorre certa tendência para a utilização de estações meteorológicas automatizadas que auxiliam na determinação da evapotranspiração de referência, diminuindo, assim, erros na lâmina de água a ser aplicada à cultura. Quando programadas, essas estações podem utilizar o método de Penman-Monteith para a determinação da ET_0 , porém a maior parte dos produtores utiliza outros métodos porque não dispõem desses equipamentos, impossibilitando-os de determinar de forma confiável a demanda atmosférica pelo método padrão estabelecido pela FAO (Silva *et al.*, 2005).

Vários métodos de estimativa da ET_0 , abordados de forma comparativa, são encontrados em diversos trabalhos, para diferentes regiões (Bragança *et al.*, 2010; Mendonça e Dantas, 2010; Tagliaferre *et al.*, 2010; Alencar *et al.*, 2011; Cavalcante Jr. *et al.*, 2011; Silva e Souza, 2011; Cunha *et al.*, 2013). Desta forma, a escolha do método mais adequado depende da disponibilidade de dados climatológicos, do nível de precisão exigido, da finalidade, se é manejo da irrigação ou pesquisa, do custo de aquisição de equipamentos, bem como das condições climáticas da região e hídricas do solo (Tagliaferre *et al.*, 2010).

2.3. Balanço de água no solo

O balanço hídrico, como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (Lima e Santos, 2009). Para o manejo adequado da produção de sistemas agrícolas, é necessário o conhecimento da dinâmica da água no solo a qual tem importante relação com a produção vegetal. E para o melhor entendimento dos fatores de interação solo-planta-atmosfera é imprescindível caracterizar as componentes que envolvem processos como infiltração, redistribuição, drenagem e absorção pelas plantas, que podem ser medidos ou estimados pelo método do balanço hídrico (Lima *et al.*, 2006).

Outro fator não menos importante é a determinação das necessidades hídricas da cultura, ou evapotranspiração da cultura, sendo acompanhada ao longo de seu desenvolvimento de forma a racionalizar a utilização dos recursos hídricos sem comprometer a produção agrícola. Os métodos mais comuns que objetivam fazer as estimativas da evapotranspiração de culturas são os métodos do balanço hídrico no solo, das correlações turbulentas e o método do balanço de energia baseado na razão de Bowen (Silva *et al.*, 2009). O balanço hídrico se refere à contabilidade hídrica do solo, ou seja, consiste no cômputo do ganho (entrada), perda (saída) e armazenamento de água no solo. A água é fornecida à superfície do solo através da precipitação e/ou irrigação. Quanto à precipitação, o grau de molhamento do perfil do solo depende da intensidade e duração da precipitação e da topografia do terreno.

De acordo com Tucci (2007), as variáveis do balanço que normalmente apresentam maior dificuldade de estimativa são a evaporação e a evapotranspiração.

Este mesmo autor ainda afirma que por ser um processo complexo e extremamente dinâmico, que envolve fatores bióticos (plantas e outros organismos vivos) e abióticos (solo), é muito difícil se estabelecer um valor exato de evapotranspiração real. O método que possibilita o estudo mais detalhado das condições hídricas em que a cultura se desenvolveu é o que quantifica os processos da equação do balanço hídrico no solo (Silva, 2000; Cruz *et al.*, 2005, Lima *et al.*, 2006; Ghiberto *et al.*, 2011).

A importância do balanço hídrico como ferramenta para avaliar as saídas e entradas de água no solo e, para definição dos períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura, está relacionada não só ao conhecimento dos fatores de suas componentes, como evapotranspiração, precipitação, drenagem interna ou ascensão capilar, mas também ao conhecimento das características da planta, principalmente da sua fenologia, que representa o ponto de partida para a interpretação coerente dos resultados do balanço (Cintra *et al.*, 2000).

2.4. Sonda de capacitância

O conhecimento da umidade do solo é muito importante no auxílio do processo de irrigação, para um manejo adequado de água sobre as culturas. Desta forma, a variação do armazenamento da água no solo é uma componente importante para o cálculo da ET_c . A determinação da umidade do solo pode ser adquirida de forma direta ou indireta. Tem-se conhecimento do método gravimétrico, considerado o método direto padrão, além de outros métodos indiretos que estimam através de outras propriedades do solo, tais como a termalização de nêutrons, resistência elétrica, Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR - *Time Domain Reflectometry*) e a Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR - *Frequency Domain Reflectometry*)

(Souza e Matsura, 2002). Os métodos indiretos apresentam vantagens, pois se tratam de um processo rápido, prático, com possibilidade de repetições, apesar de cuidados com calibração para boa aferição das medições.

Recentes avanços na microeletrônica têm proporcionado a popularização das sondas por capacitância para o monitoramento, “*in loco*”, do teor de água no solo (Silva *et al.*, 2008). Dentre essas sondas, encontram-se novos sensores FDR, conhecidos também como sensores de umidade do solo por capacitância, da qual se inclui a sonda Diviner 2000[®] (Sentek Pty Ltda, Austrália). Essa técnica apresenta-se como promissora nos trabalhos de medida de umidade do solo desenvolvidos em campo. A sonda FDR modelo Diviner 2000[®] usa a capacitância elétrica para medir a umidade do solo, onde é criado um campo elétrico de alta frequência ao redor de cada sensor, partindo do tubo de acesso e penetrando pelo solo. A frequência medida é uma função da quantidade de água existente no solo.

A sonda é constituída basicamente de um par de eletrodos que funciona como um capacitor eletrônico; quando ativado, a matriz solo-água-ar forma o meio dielétrico (isolante) do capacitor. Desde que a área dos eletrodos e a distância entre eles são fixas na sonda, a capacitância aumenta consideravelmente com um aumento no número de moléculas de água livres e com seus dipolos respondendo ao campo elétrico criado pelo capacitor (Paltineanu e Starr, 1997; Sentek, 2000).

O conjunto do equipamento é constituído de um display com teclado e coletor de dados (datalogger), conectado através de um cabo a uma haste (0,70; 1,0 ou 1,6 m), que em sua extremidade apresenta o sensor, à medida que a sonda é inserida no tubo de acesso no solo, fornece automaticamente leituras do teor da umidade a cada 10 cm de profundidade (Andrade Junior *et al.*, 2007).

O capacitor da sonda é conectado a um circuito LC (L - indutor; C - capacitor) sendo que as trocas de frequência do circuito dependem das trocas de capacitância na matriz, ou seja, quanto maior a umidade do solo maior também será a capacitância e, conseqüentemente, menor a frequência (F) do circuito, medida pela fórmula universal $F = [2\pi\sqrt{LC}]^{-1}$ (Paltineanu e Starr, 1997). Devido haver diferença nos valores de frequência (F) de sondas diferentes, em condições particulares, como por exemplo em água e ar, o fabricante optou por fazer uma normalização das medidas; primeiro se registraram as leituras dentro de um tubo de PVC exposto separadamente do ar e da água ($\approx 26^\circ\text{C}$). A saída dos dados fornecida pelo datalogger foi então denominada frequência relativa (FR), definida pela equação: $FR = (F_a - F_s)/(F_a - F_w)$, sendo F_a a leitura da frequência no tubo de PVC totalmente suspenso no ar, F_s a leitura da frequência no tubo de PVC no solo e F_w a leitura da frequência no tubo de PVC imerso em água (Andrade Junior *et al.*, 2007).

Segundo Bernardo (1995), a determinação da umidade do solo é importante para o estudo do movimento e disponibilidade de água no mesmo. Da mesma forma, Francisco *et al.* (2014) afirmam que é de fundamental importância quantificar a umidade do solo para o manejo de irrigação adequado, de modo a saber quanto e quando irrigar. Existem outros fatores que também influenciam na variação de água no solo, como a topografia, o tamanho das partículas de solo, textura, estrutura e matéria orgânica (Hidalgo *et al.*, 2003).

O uso de métodos e técnicas (diretas e indiretas) para determinar o nível correto de umidade do solo é de grande importância econômica, pois proporcionam aumento na eficiência de irrigação e contribuem para reduzir os gastos de energia, água e mão-de-obra (Detomini, 2007). Tem-se conhecimento de outras utilidades dessa técnica que envolvam infiltração de água no solo, estimativa da condutividade hidráulica do solo,

drenagem, evapotranspiração, entre outros (Rossato *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2011; Primo *et al.*, 2015).

2.5. Coeficiente de cultivo

O consumo de água de culturas determinado em condições específicas de um dado local, ano e época de semeadura, não pode sofrer alterações em valores absolutos para outras condições. A necessidade hídrica de uma cultura a ser estimada em uma condição específica, para sua aquisição, é necessário determinar o coeficiente de cultivo (K_c), no qual integra as características da cultura (varia de acordo com a fase fenológica) e o clima local à estimativa de ET_c (Doorenbos e Pruitt, 1977). O conhecimento dos valores precisos do K_c é particularmente importante para a determinação das necessidades hídricas das culturas, tanto em termos de manejo da água de irrigação, como também no planejamento de sistemas hidroagrícolas.

Diversos são os estudos relacionados às necessidades hídricas de culturas, aos quais integram as características fisiológicas e morfológicas da cultura às condições climáticas do local, com manejo adequado dos recursos hídricos sem afetar sua produtividade, como a cultura do pimentão no Rio de Janeiro (Souza *et al.*, 2011) e em Pernambuco (Albuquerque *et al.*, 2012), o coqueiro anão-verde (Miranda *et al.*, 2007) e algodoeiro (Bezerra *et al.*, 2010) no Ceará, o feijão caupi no Piauí (Bastos *et al.*, 2008), o tomate caqui em Alagoas (Reis *et al.*, 2009), a lima-ácida Tahiti em São Paulo (Barboza Júnior *et al.*, 2008), o cafeeiro no Paraná (Flumignan e Faria, 2009), entre outros.

Deste modo é imprescindível a importância da determinação do K_c dos mais variados tipos de culturas nas condições edafoclimáticas do local de seus cultivos, com

o devido uso sustentável dos recursos hídricos. Com a importância da agricultura para a economia brasileira, experimentos agrometeorológicos específicos para a determinação do K_c dessas culturas propiciam informações relevantes para a agricultura irrigada. Estudo realizado por Paulino *et al.* (2011) constatou que a área total irrigada no Brasil é de aproximadamente 4,5 milhões de ha, em todos os métodos de irrigação (aspersão, inundação, pivô central, localizada e sulcos), e as regiões com as maiores áreas irrigadas do Brasil são, respectivamente, a Sudeste (35,6%), Sul (27,5%), Nordeste (22,12%), Centro-Oeste (12,3%) e Norte (2,4%), sendo a região Centro-Oeste a que apresentou a maior expansão em área irrigada com 110,6%, de acordo com censo agropecuário de 2006 em relação ao censo de 1995/1996. Um levantamento inédito da Embrapa Milho e Sorgo (MG) com a Agência Nacional de Águas (ANA) sobre o uso da água na agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil mostrou que em 2013 o Brasil possuía quase 18 mil pivôs centrais, perfazendo uma área de aproximadamente 1,2 milhão de hectares (EMBRAPA, 2015).

São grandes as preocupações do uso racional da água, haja vista que em torno de 70% de todas as águas retiradas dos corpos d'água do planeta é utilizada na agricultura irrigada (Folegatti *et al.*, 2007). Pereira *et al.* (2015) concluíram que o uso da curva de coeficiente de cultura e evapotranspiração de referência, futuramente servirão como um mecanismo de controle de garantia de qualidade de dados observados e simulados, e também continuará a servir como uma ferramenta didática para mostrar a políticos, produtores agrícolas e estudantes sobre as realidades, tendências, comportamentos e restrições de consumo de água.

2.6. A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma hortaliça pertencente à família *Asteracea* (*Compositae*), nativa da bacia do Mediterrâneo e uma das espécies botânicas mais antigas (Mocelin e Figueiredo, 2009). No Brasil, sua introdução foi feita pelos portugueses em 1650 (Sala e Costa, 2012).

Por se tratar de uma hortaliça tipicamente de regiões de climas amenos, o cultivo da alface sob altas temperaturas fica suscetível a incidência de doenças e a ocorrência de desequilíbrios nutricionais nas plantas, principalmente no verão brasileiro, caracterizado por dias chuvosos e temperaturas elevadas (Souza *et al.*, 2013). Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural e, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores devido ao pendoamento ocorrer mais precocemente (Hens e Suinaga, 2009). Segundo Diamante *et al.* (2013), a temperatura pode influenciar significativamente a cultura da alface, alterando a sua estrutura, ciclo, resistência ao pendoamento e, conseqüentemente, sua produção.

No Brasil, sendo as alfases crespas e lisas mais conhecidas e consumidas, estas foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade elevadas, mas nos últimos anos também aparecerem cultivares roxas e com as folhas frisadas (Hens e Suinaga, 2009). As cultivares nacionais têm sido produzidas principalmente por instituições de ensino e de pesquisa, eventualmente em associação com empresas de sementes, para ofertar aos produtores cultivares de alface “tropicalizadas”, adaptadas às condições climáticas na maior parte

do território nacional, incluindo genótipos com tolerância ou resistência a doenças (Ledo *et al.*, 2000; Costa e Sala, 2005; Sala e Costa, 2005, 2008).

De acordo com Sala e Costa (2012), no território brasileiro, até a década de 80, havia o padrão de consumo de alface lisa. Nas últimas décadas, houve mudanças na alfacicultura brasileira, que foi a adoção da alface crespa em detrimento da tradicional tipo lisa. Ainda segundo esses autores, só na cidade de São Paulo, atualmente, o segmento de alface crespa domina o mercado com aproximadamente 53%. Essa mudança se deve pela coloração verde claro de suas folhas, tradicionalmente aceita pelo consumidor brasileiro que prefere esse tipo de coloração, semelhante à coloração do tipo lisa.

A alface é uma cultura que apresenta grande importância em valor no mercado brasileiro (Bertini *et al.*, 2010), sendo uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil, por sua facilidade de aquisição e produção durante o ano inteiro (Henz e Suinaga, 2009; Sala e Costa, 2012). A alface é a terceira espécie hortícola no *ranking* de produção, cerca de 1.624 toneladas foram produzidas no Brasil em 2012, sua comercialização ficou em torno de R\$ 8 milhões de reais no varejo, perdendo somente para o tomate, de acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2014). Esta hortaliça folhosa apresenta grande importância nutritiva por ser um alimento rico em vitaminas e sais minerais, se destacando entre as mais consumidas em todo mundo (Santi *et al.*, 2010). Quando consumida crua, a alface proporciona todas as propriedades nutritivas, além de ser um dos alimentos mais saudáveis, excelente fonte de vitamina A, vitaminas B₁, B₂, B₆, potássio, cálcio, ferro, proteínas, poucas calorias e muitas fibras (Tosta *et al.*, 2009).

Quanto às necessidades hídricas, a alface é uma das hortaliças mais exigentes em água. Experimentos demonstraram que a maior disponibilidade em água útil no solo

tende a aumentar a produtividade desta hortaliça, razão pela qual o teor deve ser mantido acima de 80% durante todo o ciclo cultural (Filgueira, 1982). Esta hortaliça pode ser plantada em sementeiras ou diretamente no canteiro, sendo o plantio em sementeiras mais indicado por permitir um melhor controle sanitário das mudas e uma seleção das mudas mais vigorosas para o transplântio. As mudas são transplântadas com 4 a 6 folhas definitivas, o que ocorre aproximadamente 30 dias após o semeio (Mogharbel e Masson, 2005).

2.7. A cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum L.*) é uma hortaliça herbácea anual pertencente à família *Apiaceae*, nativa da bacia do Mar Mediterrâneo. A sua versatilidade de uso propicia a essa olerácea grande valor e importância sócio-econômica mundial, destacando-se mais na Ásia, onde se localizam os países líderes de produção e consumo, com grande importância para a culinária, utilizações aromáticas e medicinais (Diederichsen, 1996; Ramadan e Wahdan, 2012), e, também, com ampla utilização na indústria alimentícia (Aluko *et al.*, 2001.; Burdok e Carabin, 2009; Michalczyk *et al.*, 2012; Duarte *et al.*, 2016), farmacêutica (Jabeen *et al.*, 2009) e cosméticos (Eyres *et al.*, 2005). Mandal e Mandal (2015) afirmam que o coentro é uma das especiarias oleaginosas essenciais com as mais diversas utilidades, cujas sementes contêm óleo essencial rico em linalol e são utilizados principalmente como componente de especiarias e medicamentos, em alimentos (como aromatizantes e conservantes), em produtos farmacêuticos (de ação terapêutica), bem como em perfumes (fragrâncias e loções).

Pesquisas recentes abordam a utilização de extratos da folha de coentro como um agente redutor de íons, resultando na biossíntese de nano partículas de ouro, com potentes aplicações para a biomedicina, indústria farmacêutica e biotecnologias, com diversas vantagens de custo-benefício, bem como para a produção em larga escala comercial (Narayanan e Sakthivel, 2008). O óleo vegetal extraído a partir dos frutos do coentro possui uma alta concentração de ácidos graxos monoinsaturados, especialmente de ácido petroselinico, composto útil para a produção de detergentes, e pode ser utilizado na síntese de polímeros de nylon (Msaada *et al.*, 2009; Murphy, 1991).

No ramo da medicina, o óleo da semente do coentro tem demonstrado propriedades antimicrobianas (Elgayyar *et al.*, 2001), antibacterianas (Kubo *et al.*, 2004; Matasyoh *et al.*, 2009), antioxidantes (Wangensteen *et al.*, 2004), antidiabéticos (Gallagher *et al.*, 2003), anticancerígenas e antimutagênicas (Chithra e Leelamma, 2000), aos quais foram constatadas. Estudo recente, realizado por Moser e Vaughn (2010), também aborda as propriedades do seu óleo vegetal com uma grande importância comercial apresentando um perfil composto pelos cinco tipos de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico), característicos para a produção do biodiesel.

A cultura do coentro se destaca como um condimento apreciado pelas suas folhas, cujo sabor e aroma, muito ativo e peculiar, são incorporados a pratos de peixes e sopas portuguesas. O seu cultivo objetiva a produção de massa verde fresca, enquanto os frutos secos (sementes) são largamente utilizados na indústria de condimentos, sendo que, alguns tipos varietais são utilizados para extração de óleos essenciais de alto valor agregado, empregados nas indústrias de flavorizantes, cosméticos e medicamentos (Rangahau, 2001). Ela é rica em vitaminas B1, B2 e C (75 mg 100 g⁻¹), sendo boa fonte de cálcio (188 mg 100 g⁻¹), ferro (3 mg 100 g⁻¹) e pró-vitamina A (Haag e Minami,

1998; Melo *et al.*, 2009a), e ainda proteínas, gordura, minerais, fibras, carboidratos, água, fósforo, caroteno, tiamina, riboflavina, sódio, potássio e ácido oxálico (Sarimeseli, 2011).

No Brasil, o coentro é amplamente consumido como condimento, e provavelmente, em valor de mercado, seja a segunda hortaliça folhosa em importância para o país, perdendo somente para a alface (Bertini *et al.*, 2010). Essa olerácea é uma cultura de clima quente, não suportando baixas temperaturas, razão pela qual é semeado de setembro a fevereiro, em localidades altas e frias. Já em regiões de clima quente e baixa altitude, pode ser semeado durante o ano todo (Filgueira, 1982). De porte reduzido e ciclo curto, sua colheita é feita de 3 a 5 semanas após a semeadura (Filgueira, 2008). Em campo, essa cultura tem uma série de vantagens, como o seu odor característico confere repelência de insetos, sua fácil condução em campo, grande rotatividade nos supermercados do Nordeste e poder medicinal (Pereira *et al.*, 2012).

A comercialização de sementes de coentro no Brasil alcançou os R\$ 4,18 milhões de reais no ano de 2003 (Melo *et al.*, 2009b). Em 2009, somado os dois tipos varietais (Verdão e Português), esse valor ultrapassou os R\$ 9,53 milhões de reais (ABCSEM, 2009). Por esse fato, ela possui um papel social muito importante, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Bezerra *et al.*, 1990; Wanderley Junior e Nascimento, 2008). O coentro é uma cultura pioneira entre os agricultores de hortaliças das proximidades de Mossoró-RN, a qual abastece os supermercados locais numa rotatividade média de 1.100 molhos dia⁻¹ (Pereira *et al.*, 2011).

Pode-se encontrar resultados de pesquisas de coentro no Brasil referentes à qualidade da semente (Pereira *et al.*, 2005), comparação entre genótipos (Oliveira *et al.*, 2007), nutrição mineral (Alves *et al.*, 2005), transmissão de patógenos pelas sementes (Reis *et al.*, 2006) e estudo da variabilidade genética (Melo *et al.*, 2009a). No entanto,

estudos referentes ao cultivo do coentro são escassos na literatura, como por exemplo, a quantificação de seu consumo hídrico, necessários para um manejo adequado de modo a aumentar sua produção com efeitos industriais. Tem-se conhecimento dos benefícios de suas propriedades nos mais variados setores, tanto de sua massa vegetal, como principalmente dos frutos (sementes), desde a culinária até a composição de ácidos característicos na produção de combustíveis automotores, denotando com isso e seu alto potencial na indústria e no comércio.

Dessa forma, a condução de experimentos regionais do coentro de modo a buscar melhorias na sua produção em larga escala, adaptadas às condições edafoclimáticas da região, vem suprir uma grande lacuna para a otimização de produção dessa cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterizações da área de estudo

O experimento de campo foi conduzido na Unidade de Produção de Hortaliças, pertencente à empresa Hortaliças Vida Verde, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizado no município de Itabaiana. A sua localização geográfica é a seguinte: latitude $10^{\circ}41'06''S$, longitude $37^{\circ}25'31''W$ e altitude 188 m (Figura 1), centrada na faixa centro-ocidental do estado de Sergipe, limitando-se com os seguintes municípios sergipanos: ao norte com o município de Riberópolis, ao sul com os municípios de Areia Branca e Itaporanga D'Ajuda, a leste com Malhador, a oeste Campo do Brito. O município de Itabaiana possui uma extensão territorial de 336,9 km², ocupando apenas 1,53% do território sergipano. Sua sede municipal distancia-se da

capital do Estado, Aracaju, em 56 km (Carvalho e Costa, 2010). Em termos demográficos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na última contagem populacional (2015), a população de Itabaiana é de 93.572 habitantes.

Segundo Carvalho e Costa (2010), o município de Itabaiana é considerado uma referência na comercialização e na distribuição de hortifrutigranjeiros, pois toda uma infra-estrutura foi desenvolvida, como: rede rodoviária, a construção do Açude da Macela e das Barragens, Jacarecica I e Ribeira, a instalação da EMDAGRO (Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe) e da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) e a construção do Mercado de Hortifrutigranjeiros. Dessa forma, esse município se destaca como importante entreposto comercial atacadista de hortifrutigranjeiros do Estado de Sergipe, competindo, em termos de atração comercial, com os maiores mercados atacadistas de hortifrutigranjeiros do nordeste.

Essa região, por localizar-se no Agreste sergipano em área de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, possui o clima de acordo com a classificação de Köppen, do tipo As, clima quente, com temperatura média anual de 24,5 °C, evapotranspiração anual de 1.850 mm anual, umidade relativa média de 60% (Silva, 2004). O regime pluviométrico na região possui uma distribuição espacial e temporal irregular, que é uma característica da região Nordeste do Brasil. Em função disso, a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período de inverno (Silva, 2004). A precipitação pluviométrica média anual é de 896,5 mm, sendo que o período chuvoso ocorre entre maio e julho (Diniz *et al.*, 2014).

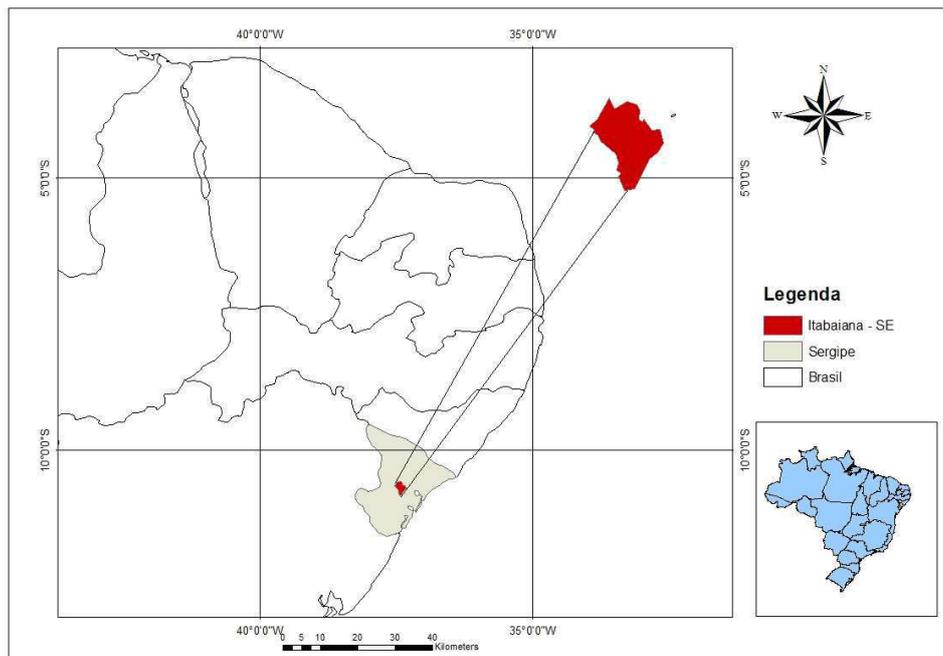


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. Fonte: Silva *et al.* (2013)

O município de Itabaiana possui um relevo plano com elevações que circundam todo o município; é cortado por várias bacias hidrográficas, destacando-se a bacia secundária do Jacarecica e do médio curso do rio Sergipe (Lopes *et al.*, 2007). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, cuja textura é franco arenoso. As análises químicas e físicas do solo da área experimental foram realizadas no Laboratório de Solo do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises física e química do solo da área experimental na profundidade de 0-30 cm

Análise física				
Profundidade	Granulometria			Textura
	Areia	Silte	Argila	
0-15	80,0	13,0	7,0	Arenosa
15-30	26,0	36,0	38,0	Argilosa
Análise química				
pH (H ₂ O)	7,7	MG (cmol/dm ³)		2,9
MO (dag/cm ³)	0,6	Al (cmol/dm ³)		0,0
P (mg/DM ³)	87,3	H+A1 (cmol/dm ³)		0,7
K (mg/dm ³)	50	CTN (cmol/dm ³)		5,6
Ca (mg/dm ³)	1,9	V (%)		87,8

3.2. Área de estudo e tratos culturais

O local de cultivo de hortaliças compreende uma área em aproximadamente de 6,5 hectares, pertencente à empresa comercial Hortaliças Vida Verde, a qual cedeu uma área com parcelas para a execução do experimento. Dentro dessa área foram delimitadas duas subáreas representativas, uma dentre os canteiros de plantio das culturas de alface e coentro, e outra para a calibração do instrumento de medição de umidade do solo, o Diviner 2000[®].

A primeira campanha experimental foi iniciada no dia 19 de julho de 2013. Foi feita a instalação dos tubos de acesso às leituras do Diviner 2000[®] (Figura 2a), instrumento utilizado para o monitoramento da umidade do solo. Como a área experimental foi alocada em uma empresa de cultivo comercial, o sistema de irrigação utilizado pelos produtores é o de micro aspersão (Figura 2b). As irrigações foram realizadas de duas a três vezes por dia, de acordo com a época do ano, atingindo até seis irrigações diárias em períodos do ano muito quentes, critério utilizado pelo produtor, porém sem nenhum tipo de controle pré estabelecido da lâmina d'água a ser aplicada. Diariamente, foi feito o monitoramento da precipitação através de um pluviômetro do

tipo Ville de Paris instalado na área experimental (Figura 2c), e do tempo de irrigação, para o cálculo da lâmina d'água aplicada sobre a área do plantio. A vazão do tubo de irrigação era de 60 Lh^{-1} .



Figura 2. Imagens da área experimental: (a) Instalação dos tubos de acesso do Diviner 2000[®]; (b) Sistema de irrigação por micro aspersão; (c) Pluviômetro instalado na área do plantio; (d) Estufa com as mudas de alface

A cultura da alface foi iniciada com a semeadura em bandeja de polietileno, mantidas em cultivo protegido e irrigadas por micro aspersão, por aproximadamente um mês (Figura 2d). Após este período, quando as mudas apresentaram quatro folhas definitivas, foram transplantadas para os canteiros com espaçamento de 0,40 m entre si. A alface apresenta ciclo vegetativo relativamente curto, variando de acordo com o tipo varietal desta hortaliça. No experimento sua colheita foi realizada em torno de 45 dias

após o transplântio. As parcelas foram subdivididas em três fileiras (canteiros) correspondentes para cada tipo de variedade de alface: Lisa (Saia Véia), Crespa (Isabela) e Roxa (Rouge), e três fileiras para o coentro da cultivar Tabocas. As fileiras de cultivo possuem espaçamento de 14,0 m x 0,70 m, com intervalo entre fileiras (sulco) de 0,40 m (Figura 3). Durante o ciclo da alface foi realizada a fertirrigação, com o composto de sais solúveis da linha Novatec® Solub, na área do plantio, duas vezes na semana até o final do ciclo da cultura. Na ocorrência de precipitação intensa, de forma a danificar as folhas da cultura, foi utilizado outro tipo de fertirrigação composto por Nitrato de cálcio, o qual é aplicado após uma breve estiagem, de modo a não comprometer a planta com excesso de água. O plantio do coentro foi feito através de semeadura diretamente no canteiro, com cerca de dez sementes em cada cova, de modo a potencializar o sucesso da germinação da planta. O espaçamento entre as covas foi de 10 cm, com 5 covas por fileira, distância entre fileiras de 25 cm (Figura 3).

O coentro utilizado no experimento foi da cultivar Tabocas. Essa cultivar é considerada precoce, de ciclo de 35 a 40 dias, sendo uma planta uniforme, de excelente rusticidade, com boa tolerância ao pendoamento precoce. Possui folhas grandes, pouco recortadas, com coloração de um verde intenso e brilhante e apresenta boa adaptação às regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil (ABCSEM, 2011).

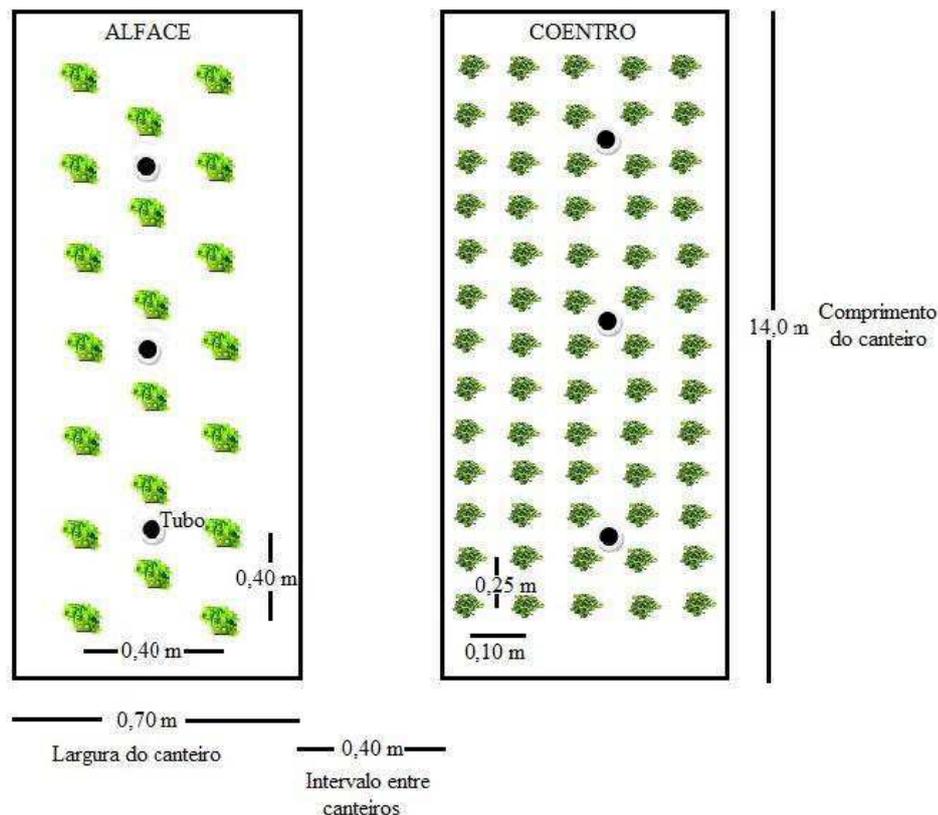


Figura 3. Esquema da parcela experimental na área de cultivo da alface e do coentro

Foi realizada adubação com farelo de mamona e cobertura das covas com esterco de caprino. Também foi colocado uma mistura de farelo, açúcar e Furadan (nematicida/inseticida), utilizado no controle de nematóides e outras pragas de difícil controle. Este procedimento foi realizado 15 dias após o plantio e novamente após 8 dias, somente estas duas aplicações durante o ciclo da cultura do coentro e da alface.

3.3. Variáveis fenométricas e produtividade

A cada semana foram feitas retiradas de plantas de alface e coentro, três plantas de cada variedade de alface e três de coentro, para as medições de área foliar com o equipamento medidor de área foliar da marca LI-COR, Série LI-3000c, comprimento das raízes e do caule com o auxílio de uma régua graduada em mm, e pesagem das

folhas (massa fresca), no Laboratório de Ecofisiologia e Pós-colheita (ECOPOC) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) (Figuras 4a e 4b). Na área experimental é cultivada alface na proporção de 125.000 plantas/ha, e a cultura do coentro 550.000 plantas/ha. As produtividades das culturas da alface e do coentro foram obtidas através do produto entre a massa fresca da parte aérea de cada planta e a população de plantas (kg ha^{-1}).

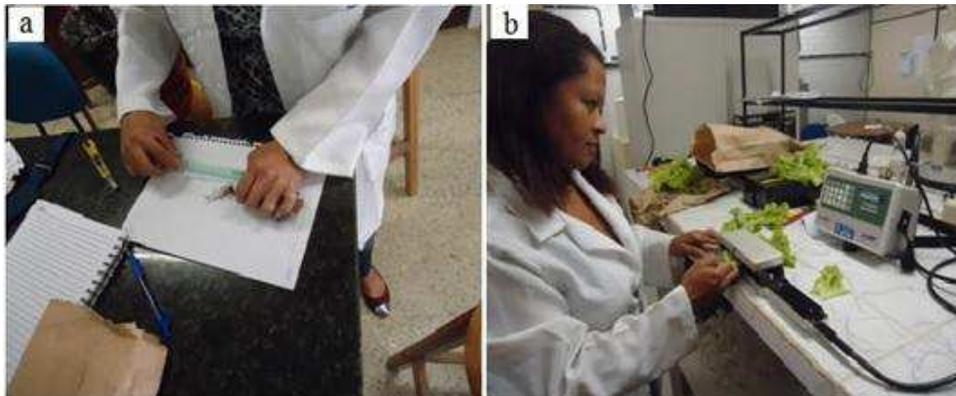


Figura 4. Medições das variáveis fenométricas das culturas

O estudo se deu em distintas campanhas experimentais, realizadas em períodos de estações diferentes: verão, inverno, outono e primavera. A Tabela 2 exhibe as datas das campanhas experimentais das culturas do coentro e alface, bem como semeadura, transplântio, leituras com a sonda, colheita e total de dias do ciclo em cada campanha experimental.

Tabela 2. Datas das campanhas experimentais da alface e coentro cultivados em Itabaiana, SE

	ALFACE	COENTRO
Campanha 1	Inverno	Inverno
Semeadura	-	19/07/2013
Transplântio	19/07/2013	-
1ª leitura com a sonda	22/07/2013	23/07/2013
Colheita	04/09/2013	27/08/2013
Total de dias	46	39
Campanha 2	Verão	Primavera
Semeadura	-	08/11/2013
Transplântio	09/01/2014	-
1ª leitura com a sonda	09/01/2014	22/11/2013
Colheita	20/02/2014	16/12/2013
Total de dias	42	38
Campanha 3	Outono	Primavera/verão
Semeadura	-	29/11/2013
Transplântio	02/04/2015	-
1ª leitura com a sonda	08/04/2015	30/11/2013
Colheita	20/05/2015	08/01/2014
Total de dias	42	40
Campanha 4		Outono
Semeadura	-	08/04/2015
Transplântio	-	-
1ª leitura com a sonda	-	09/04/2015
Colheita	-	20/05/2015
Total de dias	-	43

Ao final da primeira campanha experimental foi realizado um teste de vazão para calcular a lâmina d'água irrigada. Foram distribuídos copos descartáveis de 200 ml equidistantes de 0,30 m numa área entre quatro micro aspersores, onde estes distam 3 m um do outro, totalizando 120 copos na área toda (Figura 5). Realizada a irrigação por 10 min, foram lidas em seguida as lâminas d'água em cada copo, com o auxílio de uma proveta de 10 ml, e feita a média do volume de água dos copos. Com esta informação e a medição do diâmetro da abertura do copo (0,07 m), calculou-se a lâmina de irrigação, que deu 1,013 mm a cada 10 minutos.



Figura 5. Experimento para o cálculo da lâmina de irrigação

3.4. Monitoramento do conteúdo de água no solo

O monitoramento da umidade do solo foi feito através de sonda de capacitância, modelo Diviner 2000[®], Sentek Pty Ltd, Austrália (Figura 6). Este equipamento é constituído de um display com teclado e coletor de dados (datalogger) acoplado, através de um cabo, a uma haste cuja extremidade apresenta o sensor que ao ser inserido no tubo de acesso no solo, provê automaticamente leituras do teor da umidade a cada 10 cm de profundidade à medida que a sonda é inserida no tubo (Andrade Junior *et al.*, 2007).



Figura 6. Sonda Diviner 2000[®] com seus componentes. Fonte: Sentek, 2000

Foram instalados na área experimental tubos de cano em PVC, com diâmetro externo de 56,5 mm e diâmetro interno de 51 mm, apropriados ao equipamento, de acordo com indicação do fabricante. Os tubos foram distribuídos em três nas fileiras para cada tipo de variedade de alface (Figuras 7a, b e c), nove tubos, e três na fileira do cultivo de coentro (Figura 7d), totalizando doze tubos instalados.



Figura 7. Canteiros com os tubos de acesso instalados entre as culturas: (a) alface lisa, (b) alface crespa, (c) alface roxa e (d) coentro

As primeiras leituras com a sonda Diviner 2000[®] nos tubos foram iniciadas no dia 22/07/2013 nas áreas das duas culturas (Figura 8a e 8b). As leituras com a sonda capacitiva foram feitas diariamente pelo turno da manhã durante o ciclo produtivo das culturas, de forma que, assim que a sonda é inserida no tubo de acesso, a varredura é feita a cada 0,1 m de profundidade até 0,6 m. Os dados dessas leituras são armazenados no datalogger do equipamento, os quais consistem na umidade do solo, com a

calibração do fabricante, e dados de frequência relativa (FR). Esses dados de FR foram, posteriormente, utilizados na estimativa do conteúdo de água no solo (θ), calibrados para o local de estudo, e do armazenamento de água no solo.



Figura 8. Leituras com a sonda Diviner 2000[®]: (a) coentro, (b) alface roxa

3.5. Calibração da sonda de capacitância

Foram instalados na parcela experimental seis tubos de acesso de cano em PVC, com diâmetro externo de 56,5 mm e diâmetro interno de 51 mm, apropriados ao equipamento, na área experimental, dispostos em linha a uma distância de 0,70 m entre si. De acordo com recomendações do fabricante, três níveis de umidade foram utilizados para cobrir toda a faixa de conteúdo de água do solo, usando-se dois tubos para cada condição de umidade: saturado, úmido e seco. Cada tubo ficou 0,05 m acima da superfície do solo. A uma distância de 0,30 m dos tubos, foi aberta, manualmente, uma trincheira de 4,0 m de comprimento por 0,70 m de profundidade (Figura 9).



Figura 9. Tubos instalados para calibração da sonda de capacitância para o solo da área experimental

Para a medição da condição saturada, foram colocados anéis de infiltração ao redor de dois tubos, despejados 72 litros de água, até atingir o perfil de molhamento do solo, para o início das leituras e retiradas amostras de solo. Para a condição úmida foi feito o procedimento sem a adição de água, uma vez que o solo já se encontrava úmido devido à irrigação e a ocorrência de chuva em dia anterior. Após uma semana, realizaram-se as leituras para o solo seco. Foram criados e enumerados seis tubos no datalogger do Diviner destinados para as leituras de calibração. Realizaram-se três leituras com a sonda, para cada retirada de amostras de solo. Retirou-se, adjacentes ao tubo, com o auxílio de uma espátula, duas amostras de solo a cada camada de 10 cm, uma deformada, para a determinação da umidade volumétrica do solo, e outra indeformada, com o auxílio do anel volumétrico, para a determinação da densidade do solo. Esse procedimento foi feito para seis camadas, de 0,10 a 0,60 m de profundidade, totalizando doze amostras para cada tubo.

As amostras foram colocadas em recipientes em alumínio (latas), perfeitamente vedadas com fita crepe, de modo a evitar perda de umidade, foram levadas para o laboratório, pesadas com as latas (peso úmido), em balança de precisão (0,01 g). As fitas foram retiradas e pesadas para subtrair do peso das amostras. Levaram-se as amostras para a estufa a 105°C por 48 horas, e depois de retiradas, pesadas novamente (peso seco); também foram pesadas as latas para subtrair das amostras.

Medidas as dimensões do anel volumétrico, 8 cm de altura com diâmetro de 7,4 cm, calculou-se o volume da amostra de solo indeformada, utilizando-se a fórmula do volume do anel e raio, respectivamente, através das equações:

$$V = r^2 \times \pi \times h \quad (1)$$

$$r = d/2 \quad (2)$$

em que: V é o volume do anel, r o raio, h a altura do anel, d o diâmetro do anel e $\pi = 3,14159$. Para a determinação da umidade gravimétrica (U, %) foi utilizada a seguinte equação:

$$U(\%) = \frac{(\text{solo úmido} - \text{solo seco})}{\text{solo seco}} \times 100 \quad (3)$$

enquanto para a determinação da densidade do solo (D) utilizou-se a equação a seguir:

$$D = \left(\frac{\text{massa}}{\text{volume}} \right) \quad (4)$$

A umidade volumétrica (θ_v , $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) para cada camada de solo foi determinada pela multiplicação da umidade gravimétrica pela densidade do solo (kg m^{-3}):

$$\theta_v = U(\%) \times D \quad (5)$$

3.6. Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi determinada pelo método do balanço hídrico no solo, expresso por Libardi (1995):

$$ET_c = P + I + A - D - \Delta W \pm R \quad (6)$$

em que P é a precipitação pluviométrica; I a lâmina de irrigação; A a ascensão capilar; D a drenagem profunda; ΔW a variação da lâmina de água disponível no solo e R o escoamento superficial. Todos os componentes da Eq. (6) são expressos em mm. A precipitação foi monitorada através de um pluviômetro do tipo Ville de Paris, instalado na área experimental, e ΔW determinado com base no perfil de umidade do solo.

O volume de controle considerado para elaboração do balanço hídrico corresponde à camada de solo compreendida entre a superfície e a profundidade efetiva do sistema radicular. Como o lençol freático na área de estudo é superior a 1 m de profundidade, o termo ascensão capilar será considerado nulo. A drenagem foi considerada, face à constância e ao volume tanto da chuva quanto da irrigação.

O escoamento superficial (R) foi considerado, apesar da topografia do terreno ser plana, devido aos altos níveis pluviométricos e a intensa irrigação na área do plantio. Este componente foi estimado através do método do Número da curva CN, também chamado de coeficiente de escoamento superficial ou número de deflúvio CN, proposto pela SCS-USDA (Serviço de Conservação dos Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). Este índice foi desenvolvido para situações de grandes volumes de chuvas e considera o complexo solo-vegetação, que representa a combinação empírica de três fatores: tipo de solo, cobertura do solo e condições de umidade antecedente do solo (McCuen, 1998) de modo que pode ser representado pela equação:

$$R = \frac{\left(P - 0,2 \cdot \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \right)^2}{P + 0,8 \cdot \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right)} \quad (7)$$

em que, P é a precipitação pluviométrica (mm) e CN é o número da curva, adotado para este estudo como sendo igual a 84, que representa solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30% e plantio em fileiras.

Para o cálculo da drenagem utilizou-se parte da metodologia Kc dual proposta por Allen *et al.* (1998). Para iniciar o balanço hídrico diário, assume-se que toda água evaporável da camada superficial do solo esgotou-se, considerando o valor inicial de $D_{e,i-1} = TEW$. O termo $DP_{e,i}$, é dado pela seguinte equação:

$$DP_{e,i} = (P_i - RO_i) + \frac{I_i}{f_w} - D_{e,i-1} \quad (8)$$

em que $DP_{e,i}$ as perdas por percolação profunda (drenagem) no dia i, em mm; P_i é a precipitação no dia i, em mm; RO_i é o escoamento superficial no dia i, em mm; I_i a lâmina de irrigação no dia i, em mm; ; f_w , é a fração da superfície do solo molhada pela irrigação (0,01-1), adimensional; $D_{e,i-1}$ é a lâmina de água acumulada evaporada da camada superficial do solo ao final do dia anterior, em mm, TEW é o total de água evaporável da camada superficial do solo, em mm, calculado na equação a seguir:

$$TEW = 1000 \times (\theta_{CC} - 0,5\theta_{PMP})Z_e \quad (9)$$

em que θ_{CC} é a capacidade de campo, em %; θ_{PMP} é o ponto de murcha permanente, em %; Z_e é a profundidade da superfície do solo sujeita a evaporação, em cm (0,10 a 0,15 m).

3.7. Evapotranspiração de referência

Para a determinação da ET_o foram obtidos dados meteorológicos em uma estação automática próximo à área experimental, a Estação Meteorológica do Perímetro Irrigado Ribeira, pertencente a Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO). A evapotranspiração de referência diária (ET_o) foi determinada pelo modelo Penman-Monteith/FAO (Allen *et al.*, 1998), considerando-se uma grama de referência hipotética, com 0,12 m de altura, resistência de superfície de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, pela equação (Allen *et al.*, 1998; 2000; 2005):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d u_2)} \quad (10)$$

em que ET_o é a evapotranspiração de referência [mm d^{-1}], R_n é o saldo de radiação à superfície da cultura [$\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$], G é a densidade do fluxo de calor do solo [$\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$], T é a média da temperatura do ar a 2 m de altura [$^{\circ}\text{C}$], u_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura [m s^{-1}], $(e_s - e_a)$ é o déficit da pressão de vapor medido a 2 m de altura [kPa], Δ é a declinação da curva de pressão de vapor [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$], γ constante psicrométrica [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$], C_n é o coeficiente para a cultura de referência [$\text{kJ}^{-1} \text{ kg } ^{\circ}\text{K}$] resultante da conversão de segundos para dias ou horas, C_d é o coeficiente do vento para a cultura de referência [$\text{kJ}^{-1} \text{ kg } ^{\circ}\text{K}$], resultante da razão das resistências aerodinâmica e estomática, 0,408 é o valor para $1/L$ com $L=2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$, $C_n = 900$ para cálculos diários e $C_n = 37$ ($= 900/24$) para cálculos horários. Assumindo $r_s = 70 \text{ s m}^{-1}$ tem-se $C_d = 0,34$ para cálculos diários. Para cálculos horários é preferível distinguir as horas de noite e de dia, fazendo $r_s = 50 \text{ s m}^{-1}$ durante as horas do dia e $r_s = 200 \text{ s m}^{-1}$ durante as horas de

noite (Allen *et al.*, 2005). Nessas condições, tem-se $C_d = 0,24$ para as horas de dia ($R_n > 0$) e $C_d = 0,96$ para as horas de noite ($R_n \leq 0$). O fluxo de calor sensível para o solo (G) assume-se como nulo para cálculos diários; para cálculos horários, $G = 0,1 R_n$ durante as horas de dia e $G = 0,5 R_n$ durante as horas de noite. As variáveis utilizadas para o cálculo da evapotranspiração de referência serão obtidas de uma estação agrometeorológica localizadas na área em estudo.

3.8. Coeficiente de cultivo

O coeficiente de cultivo (K_c) é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas, devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais, nas quais será utilizado. É definido como a razão entre a ET_c de qualquer cultura específica ou superfície do solo e a evapotranspiração de referência ET_o definido por dados meteorológicos. Na nomenclatura da FAO-56 K_c é expressa por:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (11)$$

em que ET_c é evapotranspiração da cultura, mm; ET_o é a evapotranspiração de referência (mm) e K_c é o coeficiente de cultivo, adimensional. De acordo com Allen *et al.* (1998), a maioria dos efeitos meteorológicos se encontra incorporada na estimativa de ET_o . Portanto, enquanto ET_o representa um indicador da demanda atmosférica, o coeficiente de cultivo (K_c) integra as características da cultura, e varia de acordo com a fase fenológica (Doorenbos e Pruitt, 1977).

3.9. Estatística

As análises estatísticas utilizadas para os valores médios de evapotranspiração (ET_c) das culturas das três variedades de alface (lisa, crespa e roxa) foram submetidas a ANOVA, com delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3 com 7 repetições, sendo fator 1 correspondente as campanhas experimentais (3) e o fator 2 as variedades da cultura da alface (3), submetidos ao teste de comparação de médias pelo método Tukey com probabilidade de 5%. Para os valores médios da ET_c da cultura do coentro foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com teste de comparação de médias pelo método Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

As variáveis fenométricas da cultura da alface, área foliar (cm^2), comprimento da raiz e caule (cm) e massa fresca da parte aérea (g), foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 9 x 6, sendo fator 1 correspondente à variedade/estação (9) e o fator 2 correspondente ao período da semana (6), com três repetições. Para a cultura do coentro o delineamento disposto foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, fator 1 correspondente a estação (4) e fator 2 corresponde ao período da semana (3), com três repetições. Ambas as culturas foram submetidas à análise estatística ANOVA e teste de comparação de médias pelo método Scott-Knott em nível de probabilidade de 5%.

A produtividade da massa fresca da parte aérea (MFPA) das três variedades da alface durante as estações inverno, verão e outono, foram disposto em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com fator 1 correspondente as variedades (lisa, crespa e roxa) e fator 2 as estações, com 3 repetições, submetidas à análise estatística ANOVA e teste de comparação de médias pelo método Scott-Knott em nível de probabilidade de 5%. O método Scott-Knott (1974) foi aplicado às variáveis

fenométricas e a produtividade da cultura, pois é a melhor que se adequa a esse tipo de análise em face do maior número de tratamentos, tal como sugerido em estudos realizados por Lúcio *et al.* (2003) e Caierão (2006). Para a cultura do coentro, a produtividade foi disposta em delineamento inteiramente casualizado com teste de comparação de médias pelo método Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o software estatístico ASSISTAT, versão 7.7 beta (Silva e Azevedo, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições meteorológicas ao longo do experimento

Os valores das variáveis meteorológicas durante a realização das três campanhas experimentais com a cultura da alface e quatro do coentro na região de Itabaiana, SE, são apresentados na Tabela 3. As campanhas foram realizadas em períodos (estações) distintos, em que a primeira, segunda e terceira campanhas experimentais ocorreram, respectivamente, no inverno, verão e outono. A precipitação total durante o primeiro período experimental (22/07/2013 a 04/09/2013) foi a maior dentre os demais períodos com 197,2 mm, sendo o segundo (verão) e terceiro (outono) períodos experimentais alcançaram valores totais de 48,0 e 121,2 mm, respectivamente. A temperatura do ar apresentou valores médios de 24,5; 27,5 e 27,1 °C durante a primeira, segunda e terceira campanhas experimentais, respectivamente; enquanto a umidade relativa do ar apresentou pouca variação entre os três períodos experimentais, com valores médios de 47, 57 e 56 %, respectivamente, durante o inverno, verão e outono; e a insolação total foi de 239,0; 320,8 e 265,1 horas para os três períodos experimentais.

Tabela 3. Dados meteorológicos durante os três períodos experimentais para as culturas da alface e coentro, da região de Itabaiana, SE. Prec = precipitação, V. Vento = velocidade do vento, Tmáx = temperatura máxima, Tmín = temperatura mínima, Tméd = temperatura média, UR = umidade relativa do ar, EVt = evaporação do tanque classe A, Desv. Pad = desvio padrão, V. Máx = valor máximo, V. Mín= valor mínimo

Campanha experimental 1 (alface e coentro) - (22/07/2013 a 04/09/2013) - Inverno								
Variáveis	Prec. (mm)	V. Vento (m/s)	Tmín (°C)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	UR (%)	Insolação (h,min)	EVt (mm)
Total	197,2	-	-	-	-	-	239,0	217,8
Média	-	1,4	22,1	26,8	24,5	47	5,3	4,8
Desv Pad	5,68	0,44	1,43	1,45	1,14	10,6	3,2	3,6
V. Máx	27,0	2,9	25,0	31,0	26,5	81	10,0	15,9
V. Mín.	0,0	0,7	19,0	25,0	22,5	35	0,1	0,0
Campanha experimental 2 (somente coentro) - (08/11/2013 a 16/12/2013) - Primavera								
Total	15,5	-	-	-	-	-	328,1	309,1
Média	-	2,3	24,0	30,5	27,2	39	8,4	7,9
Desv Pad	1,64	0,64	1,04	1,70	1,19	5,4	2,94	1,51
V. Máx	10,0	3,60	26,0	34,0	29,0	66	11,1	10,2
V. Mín.	0,0	0,1	22,0	27,0	24,5	34	0,1	2,0
Campanha experimental 3 (coentro) e campanha experimental 2 (alface) - (09/01/2014 a 20/02/2014) - Verão								
Total	48,0	-	-	-	-	-	320,8	364,0
Média	-	1,8	24,4	30,5	27,5	57	7,5	8,5
Desv Pad	1,99	0,59	0,96	1,05	0,75	11,9	3,2	1,9
V. Máx	7,8	2,9	28,0	32,0	29,5	81	11,2	15,8
V. Mín.	0,0	0,1	22,0	29,0	26,0	35	0,2	3,0
Campanha experimental 4 (coentro) e Campanha experimental 3 (alface) - (02/04/2015 a 20/05/2015) - Outono								
Total	121,2	-	-	-	-	-	265,1	259,7
Média	-	0,7	23,2	30,9	27,1	56	6,2	6,0
Desv Pad	5,70	0,32	2,05	1,62	1,16	12,5	2,7	1,9
V. Máx	22,2	1,3	25,9	34,0	29,3	82	10,1	9,0
V. Mín.	0,0	0,0	19,0	26,9	24,0	33	0,4	0,8

As variáveis meteorológicas nas diferentes estações ou períodos experimentais apresentam-se distintas na região de Itabaiana, SE, e, conseqüentemente, as demandas evaporativas das culturas respondem de forma diferente, ao longo do seu desenvolvimento, às condições dessas variáveis. Desta forma, vê-se a importância de

avaliar as variáveis fenométricas e o consumo hídrico das culturas do coentro e da alface durante as diferentes épocas ou estações do ano.

4.2. Variáveis fenométricas e produtividade da cultura da alface

A Tabela 4 exhibe o resultado da análise da área foliar (AF) das três variedades de alface: lisa, crespa e roxa, durante as estações de inverno, verão e outono. Nos dois primeiros períodos, 7° e 14° dias após o transplantio (DAT) das alfaces, não há diferença significativa nos valores da AF entre as variedades da cultura e estações do ano. A partir do 21° DAT, a variedade crespa no outono se destaca, pois apresenta maior desenvolvimento da AF (3.528,36 cm²) dentre as demais variedades. Observa-se ainda que a AF da alface do tipo lisa se desenvolve melhor durante o verão e a variedade roxa apresenta melhor desempenho no outono.

Tabela 4. Desenvolvimento da área foliar da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono

ALFACE	Área foliar (AF, cm ²)					
	Dias após transplantio (DAT)					
	7°	14°	21°	28°	35°	42°
Lisa/Inverno	31,94 aC	73,83 aC	183,06 bC	495,48 cC	1.415,63 bB	2.573,99 bA
Lisa/Verão	96,34 aC	150,49 aC	440,54 bC	1.847,00 bB	3.381,18 aA	3.439,27 aA
Lisa/Outono	43,37 aD	127,09 aD	427,54 bD	1.231,53 bC	1.933,25 bB	3.006,60 bA
Crespa/Inverno	19,68 aC	44,78 aC	181,57 bC	317,95 cC	884,61 cB	3.270,87 aA
Crespa/Verão	50,91 aB	77,34 aB	141,02 bB	1.329,69 bA	1.789,90 bA	1.785,85 cA
Crespa/Outono	168,13 aC	478,61 aC	1.650,98 aB	2.977,43 aA	3.233,87 aA	3.528,36 aA
Roxa/Inverno	26,22 aB	37,25 aB	66,17 bB	181,94 cB	352,29 cB	1.165,00 dA
Roxa/Verão	65,89 aB	67,62 aB	101,20 bB	560,02 cB	1.179,42 bA	1.026,09 dA
Roxa/Outono	88,35 aB	94,02 aB	576,26 bB	1.485,50 bA	1.547,09 bA	1.595,54 cA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

As maiores variações da área foliar da alface ocorrem entre 35° e 42 ° DAT, justamente no final do ciclo da cultura, para todas as variedades e estação de cultivo. Apenas as variedades lisa/verão e crespa/outono não apresentaram diferenças significativas entre as áreas foliares do DAT 35° para o DAT 42° em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

De forma similar ao desenvolvimento da área foliar das culturas da alface, observa-se o crescimento das raízes ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (Tabela 5). As alfices do tipo crespa se sobrepõem diante do desenvolvimento das demais variedades, com raízes alcançando valor de 21,67 cm até o final de seu ciclo vegetativo. Ao passo que no verão, semelhante a alface roxa no mesmo período, apresenta um crescimento menor, de 9,0 cm ao final do ciclo.

Tabela 5. Desenvolvimento da raiz da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono

ALFACE	Raiz (cm)					
	Dias após transplantio (DAT)					
	7°	14°	21°	28°	35°	42°
Lisa/Inverno	3,67 cB	4,33 dB	9,00 dA	8,17 dA	8,33 cA	8,50 dA
Lisa/Verão	4,83 cC	8,00 cB	8,57 dB	10,83 cA	10,67 cA	12,93 cA
Lisa/Outono	7,17 bD	10,33 bC	12,33 cB	13,67 bB	14,17 bB	17,33 bA
Crespa/Inverno	2,50 cC	5,50 dB	7,17 eB	6,67 dB	9,50 cA	10,67 cA
Crespa/Verão	4,00 cC	8,33 cB	13,67 cA	11,83 cA	11,00 cA	9,00 dB
Crespa/Outono	12,00 aC	16,00 aB	19,67 aA	21,00 aA	21,33 aA	21,67 aA
Roxa/Inverno	2,83 cB	5,33 dB	5,33 eB	4,50 eB	5,00 dB	8,33 dA
Roxa/Verão	4,50 cC	8,83 cB	12,67 cA	8,00 dB	9,33 cB	9,00 dB
Roxa/Outono	8,17 bC	12,33 bB	16,33 bA	16,00 bA	16,33 bA	16,00 bA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

Outra variedade de alface que apresenta o maior crescimento radicular é a roxa no período de outono, com bom desenvolvimento a partir do 21° DAT alcançando, ao final do ciclo, o valor de 16,33 cm que é estatisticamente diferente das demais variedades para qualquer estação, e de suas próprias variedades durante as estações de inverno e verão, ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A Tabela 6 exibe o crescimento do comprimento do caule das três variedades de alface. Ao final, 42° DAT, os tipos de alfaces que apresentaram maior desenvolvimento dos caules foram as variedades roxa e a crespa no outono, que são estatisticamente iguais ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, com valores de 6,33 e 6,00 cm, respectivamente; enquanto que a variedade crespa no verão apresenta o pior desenvolvimento ao longo de seu crescimento vegetativo (2,33 mm).

Tabela 6. Desenvolvimento do caule da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono

ALFACE	Caule (cm)					
	Dias após transplantio (DAT)					
	7°	14°	21°	28°	35°	42°
Lisa/Inverno	3,17 aB	2,50 aB	3,83 aA	4,17 aA	4,33 aA	4,50 bA
Lisa/Verão	0,67 cC	1,33 bC	1,50 cC	1,83 cB	2,50 cB	4,50 bA
Lisa/Outono	2,17 bC	1,67 bC	2,67 bB	3,33 bB	4,50 aA	4,67 bA
Crespa/Inverno	3,00 aB	3,33 aB	4,17 aA	3,33 bB	3,50 bB	5,00 bA
Crespa/Verão	0,63 cB	1,83 bA	1,50 cA	1,33 cA	1,67 dA	2,33 cA
Crespa/Outono	0,67 cC	1,27 bC	1,33 cC	2,00 cB	2,83 cB	6,00 aA
Roxa/Inverno	1,83 bA	2,00 bA	2,50 bA	2,33 cA	3,00 cA	2,67 cA
Roxa/Verão	0,30 cC	1,50 bB	1,50 cB	1,33 cB	2,50 cA	2,67 cA
Roxa/Outono	1,50 cC	1,33 bC	2,00 bC	2,83 bB	3,50 bB	6,33 aA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

A análise de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA) para os três tipos de variedades da cultura da alface é exibida na Tabela 7. Por se tratar da variável com maior importância comercial, a análise do crescimento da MFPA ganha um interesse particular. De concordância com as demais variáveis fenométricas, para o tipo varietal crespa da alface, a MFPA se destaca em valores no período de outono, a qual apresenta melhor desempenho durante seu ciclo de desenvolvimento vegetativo, de 8,97 g no 7º DAT a 326,27 g no 42º DAT, indicando que esta variedade de alface proporciona aos produtores grande valor comercial quando comparada com as outras variedades. Esse resultado é ainda evidenciado pela ANOVA em que a massa fresca de 326,27 g no 42º DAT é estatisticamente diferente de todas as outras variedades, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Além disso, a massa fresca dessa estação é também estatisticamente diferente dessa mesma variedade cultivada no inverno e verão. As informações dos produtores indicam que as vendas no mercado da alface crespa se destaca, pois a empresa comercializa em torno de 1.200 plantas desta variedade, enquanto que o tipo roxa são vendidas apenas 400 e a lisa cerca de 200 unidades por dia. Da mesma forma, Assunção (2013) relata que a alface do tipo crespa é a mais comercializada junto a CEASA-GO (Centrais de Abastecimento S/A). Ainda nesse contexto, Blat *et al.* (2011) analisaram cinco tipos de cultivar crespa, em condições de sistema hidropônico e verificaram as que apresentaram maior desenvolvimento de sua MFPA foram a Crespona Gigante e Verônica, com valores médios de 179,0 e 118,7 g, respectivamente. Por outro lado, o tipo varietal que apresenta pior desenvolvimento de sua MFPA dentre os demais tipos é a alface roxa, no período de inverno e verão, com valores estatisticamente iguais de 64,07 g (inverno) e 60,30 g (verão), no 42º DAT. Os resultados obtidos por Cardoso e Klar (2009) constataram que a alface do tipo roxa teve

a menor produção de massa fresca, em comparação aos tipos Americana, Crespa e Mimosa, em todos os tratamentos observados, em Botucatu, SP.

Tabela 7. Desenvolvimento da massa fresca da parte aérea (MFPA) da alface lisa, crespa e roxa durante as estações de inverno, verão e outono

ALFACE	Massa fresca da parte aérea (MFPA, g)					
	Dias após transplantio (DAT)					
	7°	14°	21°	28°	35°	42°
Lisa/Inverno	1,17 aC	2,20 aC	8,43 bC	23,57 dC	57,93 dB	92,63 dA
Lisa/Verão	1,80 aD	6,07 aD	18,63 bD	110,97 bC	212,93 aA	148,20 cB
Lisa/Outono	1,47 aD	5,00 aD	21,63 bD	61,00 cC	102,10 cB	177,17 cA
Crespa/Inverno	0,73 aC	2,20 aC	13,50 bC	16,90 dC	51,77 dB	158,07 cA
Crespa/Verão	1,40 aC	4,27 aC	7,37 bC	73,83 cB	110,57 cA	107,83 dA
Crespa/Outono	8,97 aD	34,20 aD	107,33 aC	162,40 aB	176,47 bB	326,27 aA
Roxa/Inverno	0,90 aB	1,70 aB	3,30 bB	10,53 dB	23,27 eB	64,07 eA
Roxa/Verão	2,10 aB	3,87 aB	6,50 bB	38,57 dA	72,70 cA	60,30 eA
Roxa/Outono	4,50 aD	17,20 aD	44,90 bC	93,93 bB	86,47 cB	217,10 bA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

A análise de variância da produtividade da MFPA das três variedades de alface durante as três estações estão dispostas na Tabela 8. O tipo de alface que obteve maior produtividade foi a crespa no período de outono com o valor de $40.783,33 \text{ kg ha}^{-1}$ que é estatisticamente diferentes das demais variedades de acordo com teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Por outro lado a alface do tipo lisa apresentou melhor produtividade no verão, cujo valor de $18.528,97 \text{ kg ha}^{-1}$ é estatisticamente diferentes das demais variedades de acordo com teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. A do tipo roxa, por sua vez, alcançou os menores valores de produção de sua MFPA, sendo que no outono não apresentou valores de produtividade estatisticamente

diferentes da alface do tipo lisa. Estes valores não diferem muito dos obtidos por estudo realizado por Peixoto Filho *et al.* (2013) que avaliaram três tipos de esterco animal na produção de alface, e constataram que os estercos de ovino (35.800,00 kg ha⁻¹) e bovino (27.953,30 kg ha⁻¹) foram os que proporcionaram maiores produtividades de alface no município do Crato, Ceará.

Tabela 8. Produtividade da massa fresca da parte aérea das três variedades de alface durante as estações inverno, verão e outono

ALFACE	Produtividade MFPA (kg ha ⁻¹)		
	Inverno	Verão	Outono
Lisa	11.578,80 bB	18.528,97 aA	22.145,83 bA
Crespa	19.759,20 aB	13.479,17 aC	40.783,33 aA
Roxa	8.006,67 bB	7.537,50 bB	27.137,50 bA
CV (%)	18,53		

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

4.3. Variáveis fenométricas e produtividade da cultura do coentro

Para a cultura do coentro foi possível realizar quatro campanhas experimentais, cujo ciclo vegetativo é mais curto do que da alface, de 35 a 40 dias desde a semeadura à colheita. As medições das variáveis fenométricas da cultura do coentro foram feitas a partir do 15º dia após plantio (DAP), quando apresentaram tamanhos favoráveis às medições. Foram avaliados as seguinte variáveis: área foliar (cm²), comprimentos das raízes e do caule (cm) e massa fresca da parte aérea (g).

Os valores da área foliar da cultura do coentro nos quatro períodos experimentais estão exibidos na Tabela 9. Observa-se que no período de outono, o coentro apresenta maiores valores em seu desenvolvimento, de 27,53 cm² no início (15º

DAP) a 350,40 cm² no 28° DAP. O valor da área foliar alcançado no DAP 28° com a plantação de outono é estatisticamente diferente daqueles encontrados nas outras estações ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. O pior desempenho do coentro é o cultivo de verão em que a área foliar da cultura representa apenas 9% daquela encontrada no cultivo de outono. Esse desempenho não está associado à ausência de chuvas no período de verão, pois no inverno a área foliar apresenta o segundo pior desempenho, com apenas 91,63 cm², que representa pouco mais de 26% do plantio de outono. Desta forma, observa-se que a estação do outono representa o período mais apropriado para o cultivo do coentro na região.

Tabela 9. Desenvolvimento da área foliar do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono

COENTRO	Área foliar (cm ²)		
	Dias após plantio (DAP)		
Estações	14°	21°	28°
Inverno	1,30 aB	9,17 bB	91,63 bA
Primavera	2,40 aB	47,60 bB	100,77 bA
Verão	3,43 aA	10,60 bA	31,63 cA
Outono	27,53 aC	119,13 aB	350,40 aA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

A Tabela 10 exhibe o comprimento das raízes da cultura do coentro nas quatro campanhas experimentais. O comprimento das raízes do coentro são os maiores e rigorosamente iguais durante os cultivos de primavera e outono, de 14 cm, que são estatisticamente diferentes daqueles encontrados nos cultivos inverno e verão de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. No período de inverno, em que os índices pluviométricos são maiores, o crescimento das raízes é menor, a busca

por água e nutrientes é facilitada pela interação com o ambiente, com a precipitação total de 197,2 mm e temperatura média do ar de 24,5 °C.

Tabela 10. Desenvolvimento, ao longo de seu ciclo, da raiz do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono

COENTRO	Raiz (cm)		
	Dias após plantio (DAP)		
	14°	21°	28°
Estações			
Inverno	4,67 bB	11,17 aA	10,17 bA
Primavera	6,67 bB	12,67 aA	14,00 aA
Verão	8,67 aB	9,50 aB	11,83 bA
Outono	5,67 bC	9,67 aB	14,00 aA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

O comprimento do caule da cultura do coentro nas quatro campanhas experimentais do coentro é exibido na Tabela 11. No início de seu crescimento vegetativo (14° DAP), o caule da cultura apresentou o valor de 0,60 cm e maior valor no final de 2,0 cm, no período de verão; no entanto na primavera o caule do coentro inicia com comprimento de 1,33 cm e 1,17 cm ao final (28° DAP). No final do ciclo de desenvolvimento do coentro, no DAP 28°, os valores do caule do coentro nos períodos de inverno e verão não são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, porém são estatisticamente diferentes daqueles encontrados nos cultivos de verão e outono. Apenas o desenvolvimento do caule do coentro cultivado na primavera não apresentou variação estatisticamente significativa do DAP 21° para o DAP 28°.

Tabela 11. Desenvolvimento do caule do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono

COENTRO	Caule (cm)		
	Dias após plantio (DAP)		
Estações	14°	21°	28°
Inverno	0,67 bB	1,83 aA	1,50 bA
Primavera	1,33 aB	1,83 aA	1,17 bB
Verão	0,60 bB	1,83 aA	2,00 aA
Outono	0,50 bB	1,50 aA	1,83 aA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

A Tabela 12 exhibe os valores da massa fresca da parte aérea (MFPA) do coentro durante as quatro campanhas experimentais. Observa-se que o coentro apresentou melhor desenvolvimento no período de outono, cujo MFPA é estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott daqueles valores encontrados para os cultivos de inverno, primavera e verão. Efetivamente, todos os valores MFPA no final do ciclo do coentro são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott nos quatro tipos de cultivos. A MFPA do coentro apresentou pouco desenvolvimento na estação do verão, assim como as demais variáveis fenométricas desta cultura, provavelmente devido apresentar sensibilidade as altas temperaturas e baixo índice pluviométrico neste período. As variações de massa fresca da parte área do coentro só ocorrem entre os DAP 21° e 28°, justamente no final do ciclo da cultura; entretanto, entre os DAPs 14° e 21° não ocorrem nenhuma mudança na massa fresca da cultura estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 12. Desenvolvimento da massa fresca da parte aérea (MFPA) do coentro durante as estações de inverno, primavera, verão e outono

COENTRO	Massa fresca da parte aérea (MFPA, g)		
	Dias após plantio (DAP)		
Estações	14°	21°	28°
Inverno	0,23 aB	1,20 bB	6,53 cA
Primavera	0,10 aB	3,23 bB	10,00 bA
Verão	0,43 aB	1,70 bB	4,93 cA
Outono	1,40 aC	6,37 aB	14,73 aA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($0,01 \leq p < 0,05$).

A produtividade da MFPA do coentro durante as quatro estações (campanhas experimentais) são exibidos na Tabela 13. A análise de variância mostrou que no verão o coentro obteve a menor produtividade, de $2.715,17 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto no outono esta olerácea apresentou a sua maior produção, de $8.103,33 \text{ kg ha}^{-1}$, que é estatisticamente diferente das produtividades das demais estações de acordo com teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Esse valor se assemelha ao obtido por Tavella *et al.* (2010) em estudo de sistema de plantio direto do coentro sob diferentes tipos de cobertura, com maiores produtividades com o plantio direto de resteva morta ($8.004,67 \text{ kg ha}^{-1}$) e com preparo convencional do solo ($7.218,76 \text{ kg ha}^{-1}$), em Rio Branco, estado do Acre.

Tabela 13. Produtividade da massa fresca da parte aérea do coentro durante as estações inverno, primavera, verão e outono

COENTRO	Produtividade MFPA (kg ha^{-1})
Inverno	3.597,00 ab
Primavera	5.500,00 ab
Verão	2.715,17 b
Outono	8.103,33 a
CV (%)	36,25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($0,01 \leq p < 0,05$).

4.4. Calibração da sonda

Os valores de frequência relativa (FR) e os correspondentes valores de umidade volumétrica do solo (θ_v), para as três condições de umidade aplicadas (seco, úmido e saturado) são exibidos na Figura 10. Foram realizados os cálculos e submetidos à análise estatística básica, cálculo da média e análise de regressão linear, os quais apresentaram-se significativos para as seis camadas de solo avaliadas. A variação de θ_v ocorreu a partir do menor valor de umidade do solo, $0,1787 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, na condição seca na profundidade de 40 cm, e o maior valor de $0,3580 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ também na condição seca na profundidade 60 cm. O erro padrão encontrado foi 0,0205 (Tabela 12) em que o modelo representou 88% da variação de θ_v (R^2) na área de estudo. Neste sentido, autores como Morgan *et al.* (1999) e Fares *et al.* (2004) relatam as diferenças dos valores de θ_v encontrados em relação a calibração do fabricante, que são relacionados às diferenças como tipo, granulometria e estrutura do solo, em que observa-se a importância da realização de calibração específica para a área em estudo.

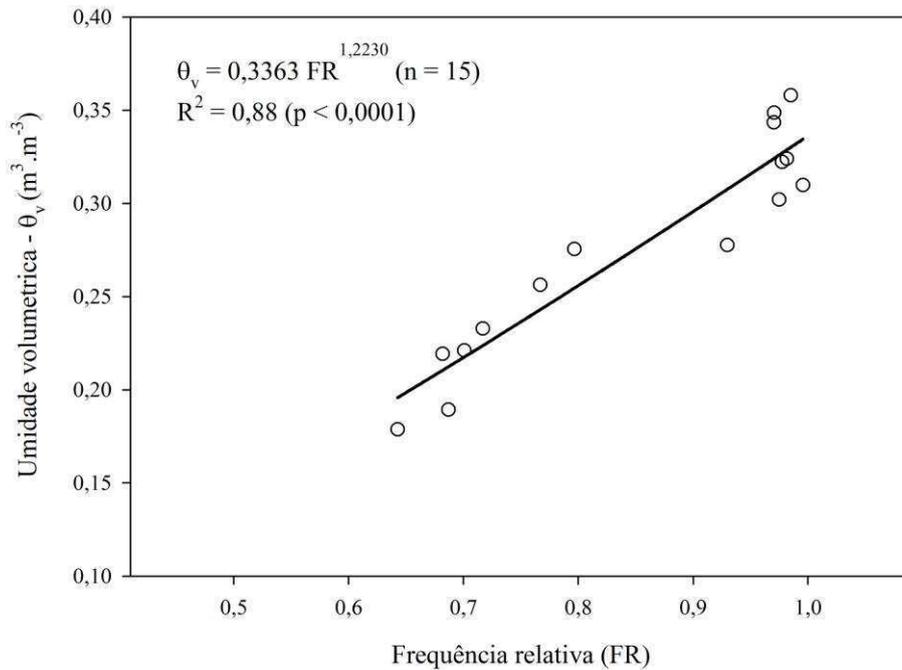


Figura 10. Curva de calibração da sonda capacitiva (Diviner 2000[®]) para um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com alface e coentro, em Itabaiana, no Agreste sergipano

A Figura 11 exibe a correlação entre os valores de umidade volumétrica do solo, obtidos com a sonda utilizando a equação de calibração local, realizada em campo, e a equação de calibração do fabricante. O teor de água medido pela sonda de capacitância, com a calibração do fabricante, foi superestimado em comparação aos valores adquiridos com a calibração local em boa parte da faixa de umidade avaliada, como indica a dispersão dos dados ajustados entre os valores do fabricante e os valores adquiridos em campo, ocorridos acima da reta 1:1. De tal forma, observa-se com base no coeficiente determinístico (R^2) que a calibração local representou 78% da variação da umidade estimada pela calibração do fabricante.

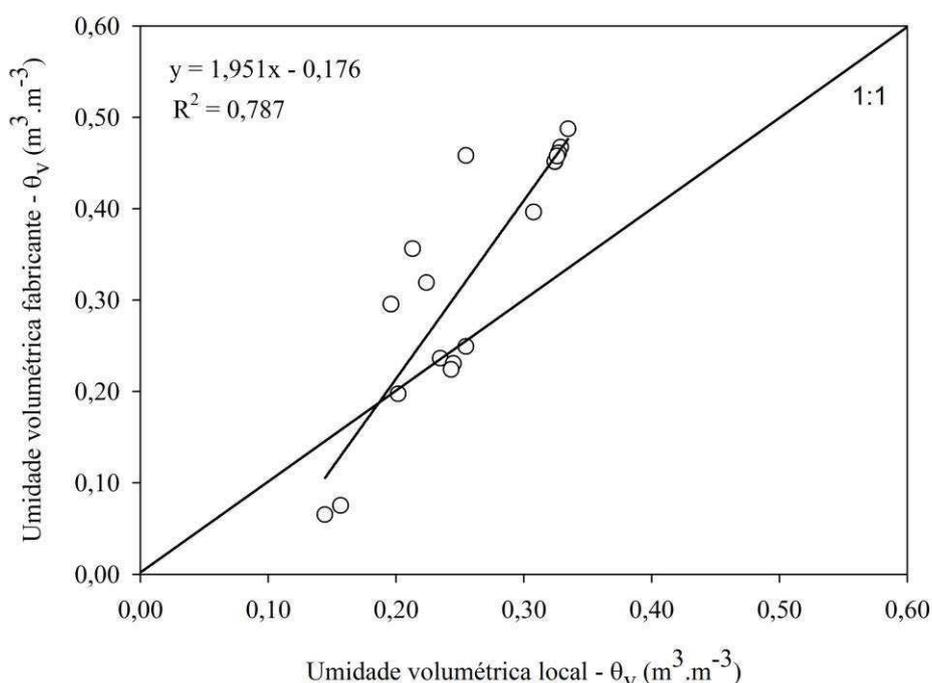


Figura 11. Correlação entre as umidades volumétricas de calibração local e do fabricante para um Argissolo Vermelho-Amarelo em Itabaiana, SE

Comparando-se os resultados deste estudo com a calibração do fabricante e de outros experimentos de campo, encontrados na literatura (Tabela 14), a curva de calibração local apresentou uma boa correlação com aquela recomendada pelo fabricante ($R^2 = 0,88$). Estudo realizado por Primo *et al.* (2015), em Serra Talhada, PE, para um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com clones de palma forrageira, mostraram que as curvas de calibração das três sondas capacitivas ficaram próximas da recomendada pelo fabricante. O mesmo ocorreu com equação proposta por Andrade Junior *et al.* (2007), que também apresentou boa correlação, como é mostrada na Tabela 14. Os resultados obtidos por Ramos *et al.* (2014) representaram de forma mediana o modelo da calibração local, provavelmente por se tratar de um solo Neossolo Quartizarênico Órtico êutrico, o qual, segundo os mesmos, do ponto de vista de economia de água aplicada via irrigação não é adequado.

Tabela 14. Fonte de dados e equações de diferentes calibrações desenvolvidas com sondas de capacitância para o monitoramento de umidade do solo em condições de campo

Fonte de dados	Equação	R ²	Erro padrão	N
Fabricante	$\theta_v = 0,494.FR^{3,017}$	0,99	-	-
Groves e Rose (2004)	$\theta_v = 0,514.FR^{3,371}$	0,93	-	-
Fares <i>et al.</i> (2004)	$\theta_v = 0,440.FR^{1,549} - 0,040$	0,88	0,029	60
Andrade Júnior <i>et al.</i> (2007)	$\theta_v = 0,397.FR^{2,533}$	0,97	0,010	54
Ramos <i>et al.</i> (2014)	$\theta_v = 0,4291.FR^{1,5622}$	0,70	0,0358	80
Primo <i>et al.</i> (2015) (Sonda N0)	$\theta_v = 0,4279.FR^{2,5116}$	0,87	-	-
Primo <i>et al.</i> (2015) (Sonda N1)	$\theta_v = 0,4395.FR^{2,7350}$	0,89	-	-
Primo <i>et al.</i> (2015) (Sonda N2)	$\theta_v = 0,4453.FR^{2,9403}$	0,92	-	-
Calibração local	$\theta_v = 0,3363.FR^{1,2230}$	0,88	0,0205	15

4.5. Evapotranspiração das culturas da alface e coentro

Os valores da evapotranspiração média (ET_c) das três variedades da cultura da alface nas três campanhas experimentais estão exibidos na Tabela 15. Observa-se que os valores de ET_c não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre as alfaces lisa, crespa e roxa; entretanto, ocorrem diferenças significativas dos valores de ET_c entre as campanhas experimentais. Nesse aspecto, verifica-se que a alface apresenta maior demanda evaporativa no verão, alcançando valores médios de ET_c de 4,55; 4,53 e 4,78 mm, as alfaces lisa, crespa e roxa, respectivamente. Por outro lado, no período de outono os valores médios da ET_c dos tipos lisa, crespa e roxa são menores, de 2,74; 2,67 e 2,69 mm, respectivamente.

Tabela 15. Resultado da análise de variância dos valores médios de evapotranspiração dos três tipos de variedades da cultura da alface durante as três campanhas experimentais (inverno, verão e outono)

ALFACE	Evapotranspiração média (mm)		
	Lisa	Crespa	Roxa
Campanha 1 (Inverno)	2,74 bA	2,67 bA	2,69 bA
Campanha 2 (Verão)	4,55 aA	4,53 aA	4,78 aA
Campanha 3 (Outono)	3,07 abA	3,10 abA	3,05 bA

Médias seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula(s) nas linhas e minúsculas na(s) colunas(s) não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($0,01 \leq p < 0,05$).

A Tabela 16 exhibe as médias dos valores da ET_c do coentro nos quatro períodos experimentais. Percebe-se que o consumo hídrico (ET_c) da cultura do coentro é maior no verão ($5,19 \text{ mm d}^{-1}$), em que as temperaturas são mais elevadas e os índices pluviométricos mais baixos, seguido do período da primavera alcançando valor médio de $4,94 \text{ mm d}^{-1}$. O período que o coentro possui menor demanda hídrica é no inverno com $2,35 \text{ mm d}^{-1}$, provavelmente em resposta às temperaturas mais amenas e maiores totais pluviométrico neste período. A ET_c do coentro durante a campanha de inverno foi estatisticamente diferente dos valores encontrados para as campanhas de primavera, verão e outono, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, a ET_c ainda na campanha 1 foi em média inferior a metade daqueles valores encontrados nas campanhas 2 e 3; e 57% inferior aos valores da campanha 4. A razão disso está associado ao fato que os valores médios de temperatura (média, máxima e mínima), insolação e velocidade do vento foram menores na campanha 1 do que nas campanhas 2 e 3. Dessa forma, infere-se que além do teor de água no solo, a temperatura do ar e o número de horas em que a planta é submetida influenciam sobremaneira a evapotranspiração da cultura.

Tabela 16. Resultado da análise de variância dos valores médios de evapotranspiração da cultura do coentro tipo Tabocas, durante as quatro campanhas experimentais (inverno, primavera, verão e outono)

COENTRO	Evapotranspiração média (mm)
Campanha 1 (Inverno)	2,35 b
Campanha 2 (Primavera)	4,94 a
Campanha 3 (Verão)	5,19 a
Campanha 4 (Outono)	3,69 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($0,01 \leq p < 0,05$).

A Figura 12 exibe a evapotranspiração média diária da alface ao longo de seu desenvolvimento, bem como a precipitação e irrigação, durante as três campanhas experimentais da alface. Como os valores de ET_c não apresentaram diferença estatisticamente significativas entre as variedades, essa figura foi elaborada com base nos valores médios de ET_c das três variedades. A ET_c foi determinada pelo método do balanço hídrico no solo em períodos de sete dias, que de acordo com estudos realizados por Azevedo *et al.* (2003), esse período é ideal para ET_c com base no método do balanço hídrico do solo.

Na primeira campanha experimental (Fig. 12a), durante o inverno, em que ocorreram os maiores índices pluviométricos (total de 197,2 mm), o balanço hídrico do solo apresentou a precipitação acumulada de 52,6 mm, na primeira semana de cultivo. Ressalta-se que foram computados o escoamento e a drenagem, uma vez que o solo na área do plantio se encontrava bastante saturado, haja vista que além da precipitação ocorreram irrigações, apesar de desnecessárias. A cultura da alface, no início de seu ciclo, no estágio inicial de seu desenvolvimento, evapotranspirou em média 1,75 mm, alcançando o valor máximo de 4,29 mm no 21º dia após o transplantio (DAT).

Na segunda campanha experimental da alface (Fig. 12b), por se tratar do período de verão, cujo valor total de precipitação foi de 48,0 mm e insolação total de 320,8

horas como mostra a Tabela 3, a irrigação foi predominante, com valores máximos no 14° e 21° DAT de 39,5 mm. Percebe-se que a planta respondeu a esta variável, onde se obteve o valor máximo de evapotranspiração de 6,30 mm no 21° DAT e mínimo no 28° DAT de 4,02 mm. Observou-se, ainda, que neste período a ET_c da cultura da alface foi maior dentre os demais ciclos ou campanhas experimentais.

Como exibe a Figura 12c, que trata da terceira campanha experimental ocorrida durante o outono, os maiores valores acumulados de precipitação ocorreram no início e final do ciclo da alface com 51,7 mm (7° DAT) e 56,2 mm (42° DAT), respectivamente, apresentando o pico máximo de evapotranspiração de 4,92 mm no 21° DAT, e mínimo no 42° DAT de 1,02 mm.

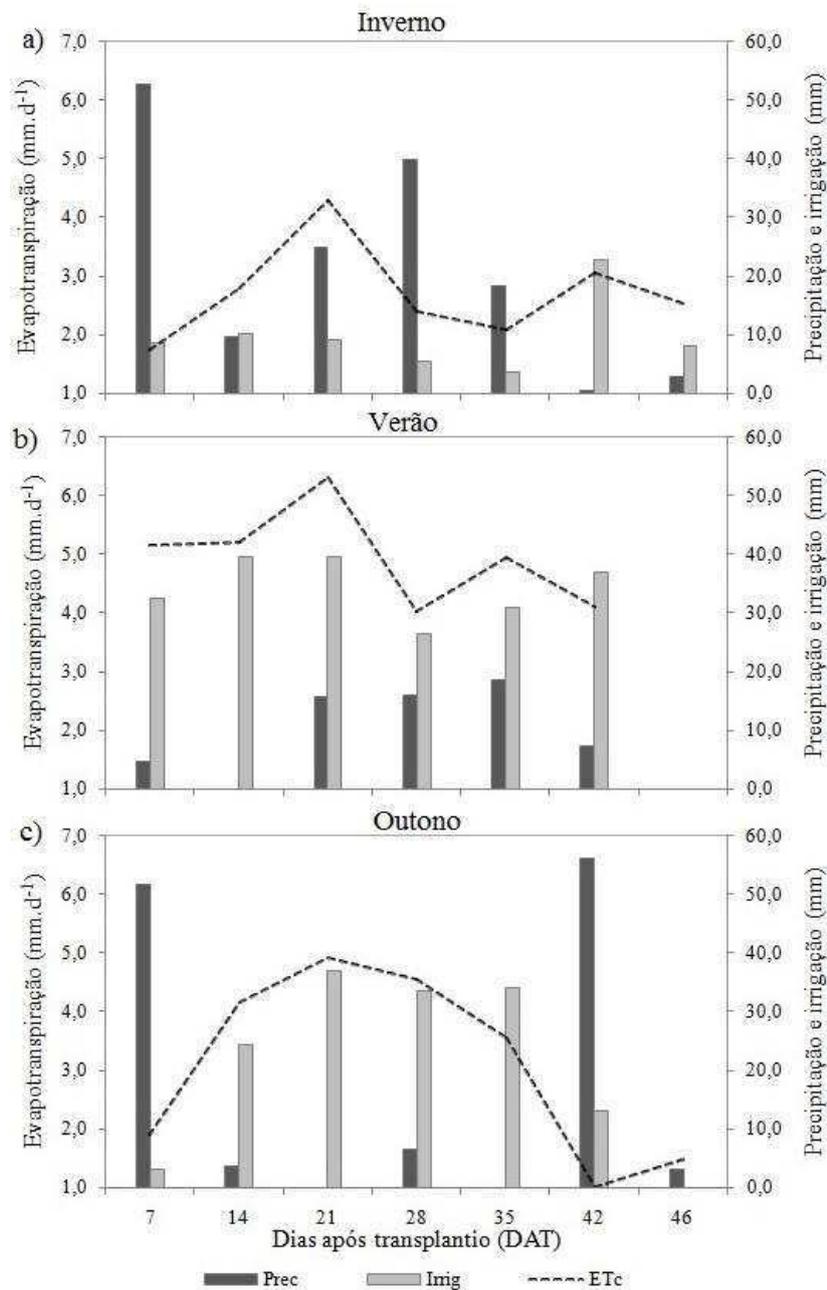


Figura 12. Evapotranspiração média diária (ET_c), precipitação (Prec) e irrigação (Irig) para as três variedades da cultura da alface, durante: a) primeira (inverno); b) segunda (verão); c) terceira (outono) campanhas experimentais

As ET_c médias diárias, precipitação e irrigação para a cultura do coentro durante as quatro campanhas experimentais são exibidas na Figura 13. Durante a primeira campanha experimental do coentro (Figura 13a), no período do inverno, ocorreu o

maior total pluviométrico, justamente quando o balanço hídrico apresentou o valor da precipitação de 47,7 mm no 7º dia após plantio (DAP). O maior valor da ET_c do coentro no período chegou a 3,30 mm (21º DAP), enquanto a precipitação acumulada chegou ao valor de 40,1 mm. Devido à maior quantidade de chuvas neste período, houve pouca irrigação na área de plantio do coentro, com a maior lâmina de irrigação de 7,09 mm no 14º DAP. Isso indica que a ET da cultura respondeu o excesso de umidade de água no solo.

No período da segunda campanha experimental (Figura 13b) a ET_c do coentro alcançou 5,77 mm no 28º DAP, com pouca precipitação e conseqüente maior irrigação, com lâminas de irrigação de 38,0 e 35,5 mm nos DAP's 21º e 28º, respectivamente. O mesmo ocorreu durante a terceira campanha experimental (Figura 13c), sendo a ET_c da cultura do coentro a maior dentre os demais períodos, com poucas chuvas e muita irrigação. Nesse caso, a ET_c do coentro alcançou os maiores valores de 6,53 mm no 14º DAP e 6,28 mm no 35º DAP. Durante o quarto período experimental (Figura 13d), houveram os maiores valores pluviométrico no início e fim do período, de 53,1 e 56,2 mm nos DAP's 7º e 40º, respectivamente. As maiores lâminas de irrigação aplicadas na área foram de 38,5 mm no 21º DAP e 32,9 mm no 35º DAP.

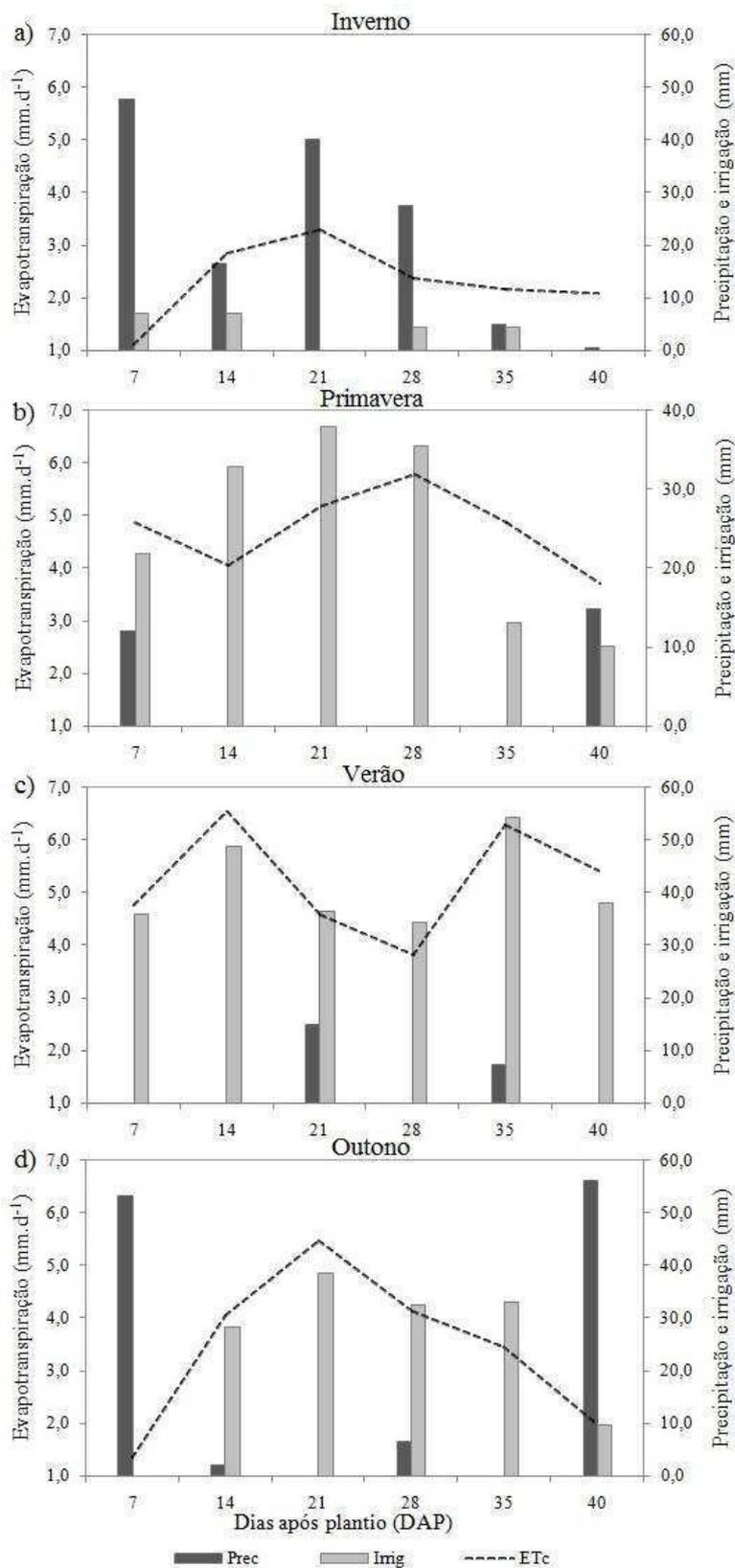


Figura 13. Evapotranspiração média diária (ET_c), precipitação (Prec) e irrigação (Irig) para a cultura do coentro, durante: a) primeira (inverno); b) segunda (primavera); c) terceira (verão); d) quarta (outono) campanhas experimentais

Os valores acumulados e médios da evapotranspiração e coeficiente de cultivo das culturas da alface e coentro são exibidos na Tabela 17. Observa-se que as necessidades hídricas tanto da cultura da alface quanto do coentro são maiores no período de verão, alcançando valores de 208,08 e 203,47 mm, respectivamente. Já no período de inverno suas demandas hídricas foram as menores dentre os demais períodos para as duas culturas, apresentando diferenças percentuais, entre os períodos verão e inverno, inferiores de 66% da ET_c acumulada da alface, e 150% do coentro.

Tabela 17. Valores acumulados ($ET_{c\ ac}$ - mm) e médios ($ET_{c\ méd}$ - mm d^{-1}) da evapotranspiração e coeficiente de cultivo (K_c) das culturas da alface e coentro

	ALFACE			COENTRO			
	$ET_{c\ ac}$ (mm)	$ET_{c\ méd}$ (mm. d^{-1})	K_c	$ET_{c\ ac}$ (mm)	$ET_{c\ méd}$ (mm. d^{-1})	K_c	
Camp. 1 (Inverno)	124,82	2,70	0,71	Camp. 1 (Inverno)	81,28	2,35	0,65
Camp. 2 (Verão)	208,08	4,62	1,04	Camp. 2 (Primavera)	133,26	4,94	0,97
Camp. 3 (Outono)	142,65	3,07	0,72	Camp. 3 (Verão)	203,47	5,19	1,02
-	-	-	-	Camp. 4 (Outono)	141,06	3,69	0,79
Média	158,52	3,46	0,82	Média	139,77	4,04	0,86

Os valores médios das necessidades hídricas da cultura da alface e do coentro, para a região, são de 158,52 e 139,77 mm, respectivamente. Neste contexto, em estudo realizado por Nunes *et al.* (2009) com alface nos períodos de inverno e outono, no município de Pato Branco-PR, mostraram que nos ensaios de inverno o consumo hídrico foram de 160 e 163 mm, cerca de 13% inferior aos obtidos no outono (181 mm). Já no município de Araras - SP, o consumo hídrico da alface, obtido através de lisímetro de pesagem, foi de 166 mm em solo descoberto, com média diária de 4,17 mm (Gonçalves *et al.*, 2005).

4.6. Coeficientes de cultivo das culturas da alface e do coentro

Os valores do coeficiente de cultivo da alface, obtido pelo método balanço hídrico no solo em função dos dias após o transplântio (DAT) são apresentados na Figura 14. Observa-se que a exigência de água da alface pode ser calculada pelo coeficiente de cultivo (K_c) obtido como uma função do DAT pela relação: $K_c = 0,3521 + 0,0594 \text{ DAT} - 0,0013 \text{ DAT}^2$ com grande precisão, $R^2 = 0,95$. O coeficiente médio de cultivo para a alface para a região de Itabaiana, SE é $K_c = 0,82$, com valores de 0,80; 1,07 e 0,70 para os estádios inicial, médio e final, respectivamente. Esses valores se assemelham aos recomendados pela FAO para a cultura da alface, que são 0,70; 1,00 e 0,95, respectivamente, para os estádios inicial, médio e final (Allen *et al.*, 1998). Em estudos realizados por Fernández- Pacheco *et al.* (2014), para a validação do método computacional utilizando imagens de fotografias digitais, através da metodologia de Doorenbos e Pruitt (1977) e os dados obtidos empregando a razão de Bowen de uma estação meteorológica localizada na parcela experimental, no Sudeste da Espanha, obtiveram valores de K_c da alface dos estádios inicial, médio e final de 0,61; 1,03 e 0,98, respectivamente.

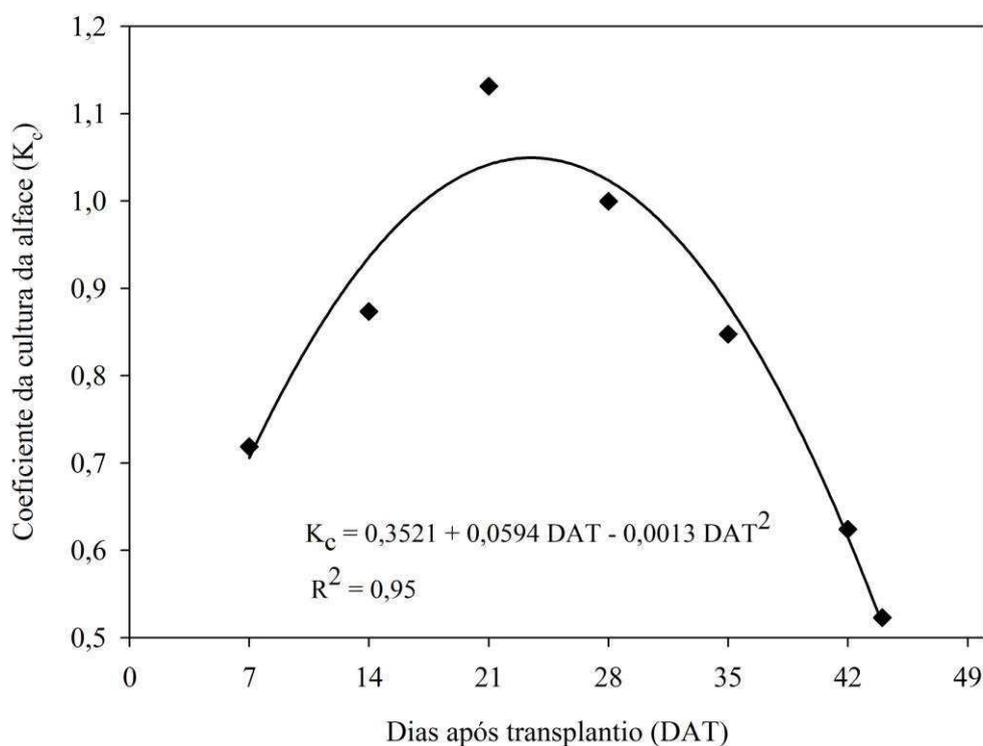


Figura 14. Curva do coeficiente de cultivo da alface (linha sólida) e valores médios semanais (losangos preenchidos) ao longo de seu desenvolvimento fenológico no município de Itabaiana, SE

Já os valores do coeficiente de cultivo do coentro, também obtido pelo método balanço hídrico no solo em função dos dias após o plantio (DAP) são apresentados na Figura 15. Nesse caso, o K_c do coentro pode ser obtido pela equação: $K_c = 0,3523 + 0,0564 \text{ DAP} - 0,0012 \text{ DAP}^2$ com $R^2 = 0,94$. Por outro lado, o coeficiente médio de cultivo é de 0,86, assumindo valores nos estádios inicial, médio e final, respectivamente, 0,80; 1,00 e 0,80. Utilizando a metodologia do coeficiente de cultivo dual, Silva *et al.* (2013) encontraram K_c do coentro em seus estádios fenológicos de 0,82 (inicial); 1,03 (desenvolvimento); 1,07 (médio) e 0,93 (final).

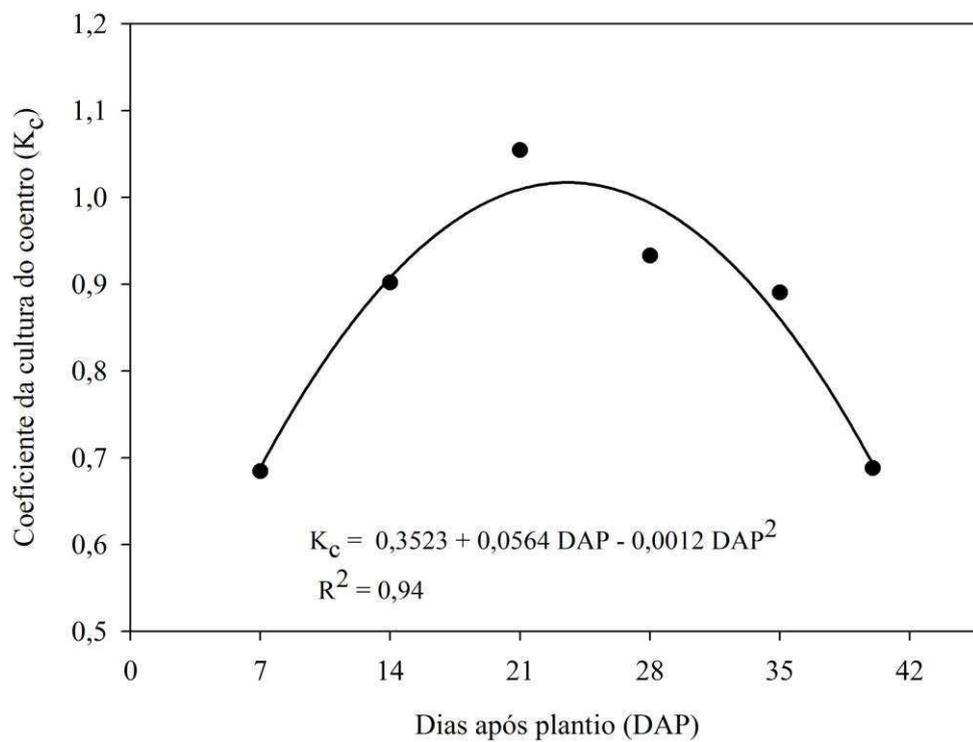


Figura 15. Curva do coeficiente de cultivo do coentro (linha sólida) e valores médios semanais (círculos preenchidos) ao longo de seu desenvolvimento fenológico para o município de Itabaiana, SE

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

1. O coeficiente de cultivo médio do coentro é 0,86, com valores médios nos estádios inicial, médio e final de, respectivamente, 0,80; 1,00 e 0,80;
2. O coeficiente de cultivo médio da alface é 0,82, com valores médios de 0,80; 1,07 e 0,70 para os estádios inicial, médio e final, respectivamente;
3. Os valores médios das necessidades hídricas do coentro e da alface pelo método do balanço hídrico do solo são, respectivamente, 139,8 e 158,5 mm, com valores médios diários de 3,46 mm d⁻¹ para a alface e 4,04 mm d⁻¹ para o coentro;
4. A cultura da alface e do coentro possui maior demanda hídrica no período do verão, em face das altas temperaturas e baixo total pluviométrico;
5. A variedade de alface crespa apresentou o melhor desenvolvimento de suas variáveis fenométricas, e a roxa foi a que obteve menor desenvolvimento ao longo dos seus ciclos.
6. O resultado da interação da cultura do coentro e da alface com a atmosfera no período de outono proporciona melhor desenvolvimento das variáveis fenométricas, bem como das suas produtividades, sendo este o melhor período para o cultivo dessas culturas na região de Itabaiana, SE.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCSEM – Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças. Pesquisa de Mercado de sementes de hortaliças 2009. Disponível em <http://http://www.abcsem.com.br/dados-do-setor>. Acessado em 05/07/2013.
- ABCSEM – Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças. Dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2011. Disponível em http://http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Hortalicas. Acessado em 30/10/2014.
- ABCSEM – Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2014. http://www.abcsem.com.br/imagens_noticias/Apresentação. Acessado em 15/11/2015.
- Abedi, T., Pakniyat, H. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech J. Genet. Plant Breed* 46 (1), 27–34, 2010.
- Albuquerque, F. S.; Silva, E. F. F.; Albuquerque Filho, J. A. C.; Lima, G. S. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. *Irriga, Botucatu-SP*, v. 17, n. , p. 481 - 493, 2012.
- Alencar, L. P.; Delgado, R. C.; Almeida, T. S.; Wanderley, H. S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife*, v.6, n.2, p.337-343, 2011.
- Allen, R. G.; Gichuki, F. N.; Rosenzweig, C. CO₂-induced climatic changes and irrigation-water requirements. *J. Water Resour. Planning Mgt.*, n. 117, p. 157-178, 1991.

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, 300p. 1998.
- Allen, R. G. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. *Journal of Hydrology*, v.229, n.1, p. 27-41, 2000.
- Allen, R. G.; Clemmens, A. J.; Burt, C. M.; Solomon, K.; O'Halloran, T. Prediction accuracy for project-wide evapo-transpiration using crop coefficients and reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation Drainage Engineering*, v.13, n.1, 2005.
- Aluko, R. E.; McIntosh, T.; Reaney, M. Comparative study of the emulsifying and foaming properties of defatted coriander (*Coriandrum sativum*) seed flour and protein concentrate. *Food Research International*, v.34 (8), p.733-738, 2001.
- Alves, E. U.; Oliveira, A. P.; Alcântara, R. L.; Sader, B. R.; Alves, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Sementes*, v.27, p.132-137, 2005.
- Andrade Júnior, A. S.; Silva, C. R. da; Daniel, R. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do Litoral Piauiense. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, p. 303-307, 2007.
- Arya, S. P.; Holton, J. Introduction to Micrometeorology, 2nd edition. San Diego-California: Academic Press, 2001.
- Assunção, P. E. V. Relações de preços na comercialização de alface em Goiânia. *Scientia Plena*, v.9, n. 7, 2013.
- Azevedo, P. V.; Silva, B. B.; Silva, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. *Agricultural Water Management*, v.58, p.241-254, 2003.

- Barboza Júnior, C. R. A.; Folegatti, M. V.; Rocha, F. J.; Atarassi, R. T. Coeficiente de cultura da lima-ácida tahiti no outono-inverno determinado por lisimetria de pesagem em Piracicaba – SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal-SP, v.28, n.4, p.691-698, 2008.
- Bastos, E. A.; Ferreira, V. M.; Silva, C. R.; Andrade Júnior, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, Piauí. *Irriga*, Botucatu-SP, v. 13, n. 2, p. 182-190, 2008.
- Bragança, R.; Reis, E. F.; Garcia, G. O.; Pezzopane, J. E. M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no estado do Espírito Santo. *Idesia*, Arica, v.28, n.2, p.21-29, 2010.
- Bernardo, S. *Manual de Irrigação*. 6 ed. Viçosa: UPF, Impr. Univ., p. 625, 1995.
- Bertini, C. H. M.; Pinheiro, E. A. R.; Nóbrega, G. N.; Duarte, M. L. Desempenho agrônômico e divergência genética de genótipos de coentro. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, CE. n.41, v.3, p.409-416, 2010.
- Bezerra, A. M. E.; Pinheiro, J.; Chaves, F. C. M. Hortaliças cultivadas no cinturão verde de Fortaleza e análise bacteriológica da água utilizada. *Horticultura Brasileira*, v.08, n.01, p.35, 1990.
- Bezerra, J. R. C.; Azevedo, P. V.; Silva, B. B.; Dias, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, v.14, n.6, p.625–632, 2010.
- Blat, S. F.; Sanchez, S. V.; Araújo, J. A. C.; Bolonhezi, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira* v. 29, n. 1, p. 135-138, 2011.

- Burdok, G. A.; Carabin, L. G. Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a good ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, v.47 (1), p.22-34, 2009.
- Burman, R. D., Nixon, P. R., Wright, J. L. O. Water Requeriments. In: Jensen, M.E. (ed.). *Design and operation of farm irrigation systems*. St. Joseph: ASAE, p.189-232, 1983.
- Caierão, E. Aplicação dos testes de comparação de médias em ensaios de cevada. *Pesq. Agrop. Gaúcha*, Porto Alegre-RS, v. 12, n. 1-2, p. 51-55, 2006.
- Campos, J. H. B. C.; Silva, V. P. R.; Azevedo, P. V.; Borges, C. J. R.; Soares, J. M.; Moura, M. S. B.; Silva, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.150 -156, 2008.
- Cardoso, G. G. G.; Klar, A. E. Potenciais de água no solo na produção de alface. *Irriga*, Botucatu-SP, v. 14, n. 2, p, 170-179, 2009.
- Carvalho, D. M.; Costa, J. E. A Intervenção do Estado em Infraestrutura e o Processo de Circulação de Hortifrutigranjeiro em Itabaiana/SE. *Scientia Plena*, v.6, n.3, 2010.
- Carvalho, L. G.; Rios, G. F. A.; Miranda, W. L.; Neto, P. C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.
- Cavalcante Jr., E.G.; Oliveira, A.D.; Almeida, B.M.; Espínola Sobrinho, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. *Semina*, Londrina, v.32, n. suplemento, p.1699-1708, 2011.
- Chithra, V., Leelamma, S. *Coriandrum sativum* - effect on lipid metabolism in 1,2-dimethyl hydrazine induced colon cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, v.71 (3), p.457-463, 2000.

- Cintra, F. L. D.; Libardi, P. L.; Saad, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, p.23-28, 2000.
- Costa, C. P.; Sala, F. C. A evolução da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 23, n. 1, 2005.
- Cruz, A. C. R.; Libardi, P. L.; Carvalho, L. A.; Rocha, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 29, n. 1, p. 1-10, 2005.
- Cunha, F. F.; Magalhães, F. F.; Castro, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. *Engenharia na agricultura*, Viçosa - MG, v. 21 n. 2, p. 159-172, 2013.
- Detomini, E. R. Técnicas de avaliação de água no solo baseadas no uso de refletômetro no domínio de frequência-FDR. Piracicaba, p. 49, 2007.
- Diamante, M. S.; Seabra Júnior, S.; Inagaki, A. M.; Silva, M. B.; Dallacort, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza-CE, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.
- Diederichsen, A. Coriander (*Coriandrum sativum L.*). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. p.83 , 1996.
- Diniz, M. T. M.; Medeiros, S. C.; Cunha, C. J. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. *Boletim Goiano de Geografia (Online)*. Goiânia, v. 34, n. 1, p. 17-34, 2014.
- Doorenbos, J.; Pruitt, W. O. Crop water requirements. FAO Irrigation Drainage. Paper No. 24, FAO, Rome, Italy, 1977.

- Duarte, A.; Luís, A.; Oleastro, M.; Domingues, F. C. Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential to control *Campylobacter* spp. Food Control. v. 61, p.115–122, 2016.
- Elgayyar, M., Draughon, F. A., Golden, D. A., Mount, J. R. Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *Journal of Food Protection*, v.64, p.1019-1024, 2001.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2531814/ana-e-embrapa-fazem-mapa-da-agricultura-irrigada-no-brasil>. Acessado em: 08/12/2105.
- Eyres, G.; Dufour, J. P.; Hallifax, G.; Sotheeswaran, S., Marriott; P. J. Identification of character-impact odorants in coriander and wild coriander leaves using gas chromatography-olfactometry (GCO) and comprehensive twodimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry (GOC x GC-TOFMS). *Journal of Separation Science*, v.28 (9-10), p.1061-1074, 2005.
- Fares, A.; Buss, P.; Dalton, M.; El-Kadi, A. I.; Parsons, L. R. Dual field calibration of capacitance and neutron soil water sensors in a shrinking-swelling clay soil. *Valdoso Zone Journal*, v.4, p.1390-1399, 2004.
- Fernandes, E. J.; Turco, J. E. P. Evapotranspiração de referência para o manejo de irrigação em cultura de soja. *Irriga, Botucatu*, v. 8, n. 2, p. 132-141, 2003.
- Fernández-Pacheco, D. G.; Escarabajal-Henarejos, D.; Ruiz-Canales, A.; Conesa, J.; Molina-Martínez, J. M. A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain. *Biosystems e Engineering*, v.117, p. 23-34, 2014.
- Filgueira, F. A. R. Manual de olericultura-Cultura e comercialização de hortaliças. v.2. São Paulo-SP, 1982.

- Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças. 2 ed. Viçosa: UFV, p. 240, 2000.
- Filgueira, F. A. R. Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, p. 319, 2008.
- Flumignan, D. L.; Faria, R. T. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo de cafeeiros em fase de formação. *Bragantia*, Campinas-SP, v.68, n.1, p.269-278, 2009.
- Folegatti, M. V.; Sánchez-Román, R. M.; Coelho, R. D. Frizzone, J. A. Gestão de recursos hídricos e agricultura irrigada no Brasil. São Paulo - SP: USP, 2007.
- Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; Bergamaschi, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.3, n.26, p.403-10, 1991.
- Francisco, J. P.; José, J. V.; Fernandes, R. D. M.; Diotto, A. V.; Marques, P. A. A.; Folegatti, M. V. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em um nitossolo vermelho distrofico e em um latossolo vermelho amarelo. II Inovagri International Meeting, Fortaleza-CE. 2014.
- Gallagher, A. M.; Flatt, P. R.; Duffy, G.; Abdel-Wahab, Y. H. A. The effects of traditional antidiabetic plants on in vitro glucose diffusion. *Nutrition Research*, v.23 (3), p.413-424, 2003.
- Ghiberto, P. J.; Libardi, P. L.; Brito, A. S.; Trivelin, P. C. O. Components of the water balance in soil with sugarcane crops. *Agricultural Water Management*, v.102, p.1-7, 2011.
- Gonçalves, A. O.; Fagnani, M. A.; Peres, J. G. Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 3, p. 622-631, 2005.

- Groves S. J. L.; Rose S. C. L. Calibration equations for Diviner 2000 capacitance measurements of volumetric soil water content of six soils. *Soil Use and Management*, v.20, n.1, p.96-97, 2004.
- Haag, H. P.; Minami, K. *Nutrição mineral em hortaliças*. 2 ed., Campinas: Fundação Cargill, p.28-29, 1998.
- Heikinheimo, M.; Kangas, M.; Tourula, T.; Venäläinen, A.; S. Tattari S. Momentum and heat fluxes over lakes Tämnaaren and Råksjö determined by the bulk-aerodynamic and eddy-correlation methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 98-99, p. 521-534, 1999.
- Hens, G. P. E.; Suinaga, F. *Tipos de alface cultivados no Brasil*. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico 75, Brasília, DF, 7p, 2009.
- Hidalgo, J.; Pastor, M.; Hidalgo, J. C. Evaluacion de una sonda FDR para la estimación de la evolución del contenido de agua en el suelo y para el control de riegos en olivar. *Estudios de la sonda no saturada del suelo*. 7: 171-175. 2003.
- Jabeen, Q.; Bashir, S.; Lyoussi, B.; Gilani, A. H. Coriander fruit exhibits gut modulatory, blood pressure lowering and diuretic activities. *Journal of Ethnopharmacology*, v.122 (1), p.123–130, 2009.
- Kubo, I.; Fujita, K.; Kubo, A.; Nihei, K.; Ogura, T. Antibacterial activity of coriander volatile compounds against *Salmonella choleraesuis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52 (11), p.3329-3332, 2004.
- Ledo, F. J. S.; Sousa, J. A.; Silva, M. R. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 18, p. 225-228, 2000.
- Libardi, P. L. *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Física e Meteorologia, 497 p, 1995.

- Lopes, E. S. A.; Costa, J. E.; Santana, M. C. S.; Carvalho, D. M.; Vieira, G. S. S.; Jesus, G.; Dantas, I. B.; Lopes, Z. A. Impactos do PRONAF B nos municípios de São Cristóvão e Itabaiana, Estado de Sergipe: para além da dimensão econômica, 2007. Disponível em: <http://www.campusitabaiana.ufs.br/npgeo/attachments/212>. Acesso em: 15 mai. 2011.
- Lima, J. R. S.; Antonino, A. C. D.; Soares, W. A.; Souza, E. S.; Lira, C. A. B. O. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife, PE, UFRPE, v.1, n.único, p.89-95, 2006.
- Lima, F. B.; Santos, G. O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.
- Lúcio, A. D.; Lopes, S. I.; Storck, L.; Carpes, R. H.; Lieberknecht, D.; Nicola, M. C. Características Experimentais das Publicações da Ciência Rural de 1971 a 2000. Ciência Rural, Santa Maria-SC, v. 33, n.1, p. 161-164, 2003.
- Mandal, S.; Mandal, M. Coriander (*Coriandrum sativum L.*) essential oil: Chemistry and biological activity. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v.5, ed.6, p. 421–428, 2015.
- Matasyoh, J. C.; Maiyo, Z. C.; Ngure, R. M.; Chepkorir, R. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. Food Chemistry, v.113 (2), p.526-529, 2009.
- McCuen, R. H. Hydrologic Design and Analysis. Upper Saddle River, New Jersey:Prentice Hall, 1998.

- Melo, R. A.; Menezes, D.; Resende, L. V.; Wanderley Júnior, L. J. G.; Santos, V. F.; Mesquita, J. C. P.; Magalhães, A. G. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de coentro. *Horticultura Brasileira*, v.27, n.3, p.325-329, jul-set, 2009a.
- Melo, R. A.; Menezes, D.; Resende, L. V.; Wanderley Júnior, L. J. G.; Melo, P. C. T.; Santos, V. F.; Caracterização morfológica de genótipos de coentro. *Horticultura Brasileira*, v.27, p. 371-376, 2009b.
- Mendonça, E. A.; Dantas, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.14, n.2, p.196–202, 2010.
- Michalczyk, M.; Macura, R.; Tesarowicz, I.; Banaś, J. Effect of adding essential oils of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) on the shelf life of ground beef. *Meat Science*, v.90, p.842-850, 2012.
- Miranda, F. R.; Gomes, A. R. M.; Oliveira, C. H. C.; Montenegro, A. A. T.; Bezerra, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza-CE, v.38, n.2, p.129-135, 2007.
- Mocelin, A. F. B.; Figueiredo, P. M. S. Avaliação Microbiológica e Parasitológica das Alfaces Comercializadas em São Luís – MA. *Revista de Investigação Biomédica do Uniceuma*, v.1, n.1, p.97-107, 2009.
- Mogharbel, A. D. I.; Masson, M. L. Perigos associados ao consumo da alface, (*lactuca sativa*), in natura. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara - SP, v. 16, n. 1, p. 83-88, 2005.
- Morgan, K.T.; Parsons, L.R.; Wheaton, T.A.; Pitts, D.J.; Obreza, T.A. Field calibration of a capacitance water content probe in fine sand soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.63, p.987-989, 1999.

- Moser, B. R.; Vaughn, S. F. Coriander seed oil methyl esters as biodiesel fuel: Unique fatty acid composition and excellent oxidative stability. *Biomass and bioenergy*, v.34, p. 550-558, 2010.
- Msaada, K.; Hosni, K.; Ben Taarit, M.; Chahed, T.; Hammami, M.; Marzouk, B. Effects of growing region and maturity stages on oil yield and fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, v.120 (4), p.525–531, 2009.
- Murphy, D. J. Designer oilseed crops: genetic engineering of new oilseed crops for edible and non-edible applications. *Agro-Industry Hi-Tech*, v.2, p.5-9, 1991.
- Narayanan, K. B.; Sakthivel, N. Coriander leaf mediated biosynthesis of gold nanoparticles. *Materials Letters*, v.62, p.4588-4590, 2008.
- Nunes, A. L.; Bispo, N. B.; Hernandez, R. H.; Navarini, L. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alface para a região Sudoeste do Paraná. *Scientia Agraria, Curitiba-PR*, v.10, n.5, p. 397-402, 2009.
- Oliveira, A. P.; Melo, P. C. T.; Wanderley Júnior, L. J. G.; Alves, A. U.; Moura, M. F.; Oliveira, A. N. P. Desempenho de genótipos de coentro em Areia. *Horticultura Brasileira*, v.25, n. 2, p.252-255, 2007.
- Paltineanu, I. C.; Starr, J. L. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: laboratory calibration. *Soil Science Society of America Journal, Madison*, v.61, p.1576-1585, 1997.
- Paulino, J.; Folegatti, M. V.; Zolin, C. A.; Sánchez-Román, R. M.; José, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o CENSO agropecuário 2006. *Irriga, Botucatu-SP*, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.
- Peixoto Filho, J. U.; Freire, M. B. G. S.; Freire, F. J.; Miranda, M. F. A.; Pessoa, L. G. M.; Kamimura, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango,

- bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v.17, n.4, p.419-424, 2013.
- Pereira, A. R.; Villa Nova, N. A.; Sedyama, G. C. *Evapo(transpi)-ração*. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.
- Pereira, L. S.; Allen, R. G.; Smith, M.; Raes, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agricultural Water Management*, v.147 p.4–20, 2015.
- Pereira, R. S.; Muniz, M. F. B.; Nascimento, W. M. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.3, p.703-706, 2005.
- Pereira, M. F. S.; Linhares, P. C. F.; Maracajá, P. B.; Moreira, J. C.; Guimarães, M. C. D. Desempenho agrônômico de cultivares de coentro (*Coriandrum Sativum L.*) fertilizado com composto. *Revista Verde*, Mossoró- RN, v.6, n.3, p. 235 – 239, 2011.
- Pereira, M. F. S.; Linhares, P. C. F.; Maracajá, P. B.; Lima, G. K. L.; Medeiros, G. S. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. *Revista Verde*, Mossoró- RN, v. 7, n. 5, p. 01-05, 2012.
- Primo, T. A.; Silva, T. G. F.; Silva, S. M. S.; Moura, M. S. B.; Souza, L. S. B. Calibração de sondas capacitivas, funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um argissolo cultivado com palma forrageira. *Revista Ceres*, Viçosa - MG, v. 62, n.1, p. 020-029, 2015.
- Ramos, F. T.; Pivetta, F.; Matos, V. A. T.; Seixas, G. B.; Campelo Júnior, J. H. Acurácia e calibração de uma sonda de capacitância em um neossolo quartzarênico cultivado com caju. *Bioscience Journal*, Uberlândia - MG, v. 30, n. 6, p. 1631-1641, 2014.
- Ramadan, M. F.; Wahdan, K. M. M. Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum*) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, v.132, p.873–879, 2012.

- Rangahau M. K. Coriander. Crop & food research [Broad sheet], n. 30, p. 4. 2001.
Disponível em: <http://www.nzicfr.com.nz>.
- Reis, A.; Satelis, J. F.; Pereira, R. S.; Nascimento, W. M. Associação de *Alternaria dauci* e *A. alternata* com sementes de coentro e eficiência do tratamento químico. Horticultura Brasileira, v.24, n.1, p.107-111, 2006.
- Reis, L. S.; Souza, J. L.; Azevedo, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.13, n.3, p.289–296, 2009.
- Rossato, L.; Alvalá, R. C. S.; Tomasella, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.2, p. 113-122, 2004.
- Sala, F. C.; Costa, C. P. Pira Roxa: cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p.158-159, 2005.
- Sala F. C.; Costa, C. P. ‘Gloriosa’: cultivar de alface americana tropicalizada. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 26, p. 409-410, 2008.
- Sala F. C.; Costa, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- Santi, A.; Carvalho, M. A. C.; Campos, O. R.; Silva, A. F.; Almeida, J. L.; Monteiro, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. Horticultura Brasileira, DF, v. 28, n. 1, p. 87-90, 2010.
- Santos, T. E. M. dos; Montenegro, A. A. A.; Silva, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.7, p. 670-679, 2011.
- Santos, W. O.; Nunes, R. L. C.; Galvão, D. C.; Pereira, V. C.; Maniçosa, R. M.; Lima, J. G. A.; Viana, P. C. Evapotranspiração da cultura do milho verde, análise

- estatística. Revista ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido - PB, v. 9, n. 1, p. 75 - 81, jan - mar, 2013.
- Sarimeseli, A. Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum L.*) leaves. Energy Conversion and Management, v.52, p.1449-1453, 2011.
- Scott, A. J.; Knott, M. A cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- Secretaria de Estado da Comunicação Social de Sergipe, 2014. Disponível em: <http://www.agencia.se.gov.br/noticias/irrigacao/perimetros-irrigados-tem-colheita-recorde-de-115-mil-toneladas>- Acessado em 15/11/2015.
- Sentek. Diviner 2000[®]: user guide version 1.21. Stepney: Sentek Pty Ltd, 2000.
- Silva, A. P. N.; Souza, L. R. Estimativa de Evapotranspiração de Referência no Semiárido Pernambucano. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 003-022, 2011.
- Silva, C. R. da; Andrade Júnior, A. S. de; Souza, C. F. Aspectos práticos na utilização da técnica de capacitância: desafios e aprendizagem. In: II Workshop de Aplicações de Técnicas Eletromagnéticas para o Monitoramento Ambiental. Taubaté-SP, 2008. CD-ROM.
- Silva, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande-PB, v.4, n.1, p.71-78, 2002.
- Silva, V. P. R.; Campos, J. H. B. C.; Azevedo, P. V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. Scientia Horticulturae, v.102, p.467-472, 2009.
- Silva, V. P. R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, PB, 129p, 2000.

- Silva, V. P. R.; Filho, A. F. B.; Silva, B. B.; Campos, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.547-553, 2005.
- Silva, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments* n.58, p.575-596, 2004.
- Silva, V. P. R.; Tavares, A. L.; Sousa, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.
- Smith, M. Report on the expert consultation on produces for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. Rome, p.54, 1991.
- Sousa, I. F.; Silva, V. P. R.; Sabino, F. G.; Netto, A. O. A.; Silva, B. K. N.; Azevedo, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.14, n.6, p.633-644, 2010.
- Souza, A. L.; Seabra Júnior, S.; Diamante, M. S.; Souza, L. H. C.; Nunes, M. C. M. Comportamento de cultivares de alface americana sob clima tropical. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 123 – 129, 2013.
- Souza, A. P.; Pereira, J. B. A.; Silva, L. D. B.; Guerra, J. G. M.; Carvalho, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá-PR, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.
- Souza, C. F.; Matsura, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi- haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.1, p.63-68, 2002.

- Tagliaferre, C.; Silva, R.; Rocha, F.; Santos, L. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunapolis - BA. *Revista Caatinga* v.23, n.1. p.103-111, 2010.
- Tavella, L. B.; Galvão, R. O.; Ferreira, R. L. F.; Araújo Neto, S. E.; Negreiros, J. R. S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza-CE, v. 41, n. 4, p. 614-618, 2010.
- Thornthwaite, C. W. The Climates of North America: According to a New Classification. *Geog. Rev.* v. 21, n. 4, p. 633-655, 1931.
- Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v.38, p.55-94, 1948.
- Tol, C. van der; Gash, J. H. C.; Grant, S. J.; McNeil, D. D.; Robinson, M. Average wet canopy evaporation for a Sitka spruce forest derived using the eddy correlation-energy balance technique. *Journal of Hydrology*, v. 276, p. 12-19, 2003.
- Tosta, M. S. Borges, F. S. P.; Reis, L. L.; Tosta, J. S.; Mendonça, V.; Tosta, P. A. F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, UFCG – Patos – PB. v.05, p.30-35, 2009.
- Tucci, C. E. M. (organizador). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 943p., 2007.
- Wanderley Júnior, L. J. G.; Nascimento, W. M. Produção de sementes de coentro. 2008. Disponível em:<<http://www.abhorticultura.com.br>>. Acesso em: 10 Mai 2011.
- Wangensteen, H.; Samuelsen, A.B.; Malterud, K. E. Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chemistry*, v.88 (2), p.293-297, 2004.