

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CLÁUDIA SALIM LOZANO MENEZES

Alface consorciada com rabanete cultivado sob diferentes lâminas de água em
ambiente protegido

Maringá
2020

CLÁUDIA SALIM LOZANO MENEZES

Alface consorciada com rabanete cultivado sob diferentes lâminas de água em
ambiente protegido

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia do Departamento de Agronomia,
Centro de Ciências Agrárias da Universidade
Estadual de Maringá, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Dr. Roberto Rezende

Maringá

2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

L925a Lozano-Menezes, Cláudia Salim
Alface consorciada com rabanete cultivado sob diferentes lâminas de água em ambiente protegido / Cláudia Salim Lozano-Menezes. -- Maringá, PR, 2020.
89 f.color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Irrigação. 2. Lactuca sativa L.. 3. Manejo de água. 4. Olericultura. 5. Raphanus sativus. I. Rezende, Roberto, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 23.ed. 635.63

FOLHA DE APROVAÇÃO

CLÁUDIA SALIM LOZANO MENEZES

Alface consorciada com rabanete cultivado sob diferentes lâminas de água em ambiente protegido

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roberto Rezende (Presidente)
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dra. Reni Saath
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Telmo Antônio Tonim
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. André Ribeiro da Costa
Unicesumar - Maringá

Aprovada em: 16 de janeiro de 2020

Local da defesa: Bloco J45/ sala 102 A

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Suelena e Cláudio, a meu marido Michel, a minha avó Neide e ao meu irmão Wesley.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai e Criador, pelo dom da vida, saúde e força para lutar pelos meus sonhos.

Aos meus pais Suelena e Cláudio, minha avó Neide e meu irmão Wesley que sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me e encorajando nas minhas decisões.

Ao meu marido e grande amigo Michel Menezes, pela compreensão, ajuda e paciência durante toda trajetória acadêmica.

Ao meu orientador, professor Dr. Roberto Rezende, pela confiança, por todos os ensinamentos transmitidos, pela paciência, pelos conselhos e amizade construída durante todos esses anos.

Ao professor Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, por todos ensinamentos transmitidos.

À professora Dra. Reni Saath, por todos os ensinamentos transmitidos, conselhos e amizade.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGA) e ao Centro Técnico de Irrigação (CTI), pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus amigos Liliane Mioto e Tiago Hachmann por todo companheirismo, por dividir comigo momentos de alegria e tristeza, sem vocês a caminhada seria mais dura.

Aos meus amigos do CTI, André Andrean, Daniele Terassi e Daniele Mangarotti por toda ajuda na execução deste trabalho, pelas conversas e amizade.

Aos demais colegas do CTI, Álvaro Cândido, Cássio Seron, Daniel Nalin, Fernando Santos, Jean Rodrigues, Marcelo Lorenzoni e Anderson Takashi.

A todos os professores e funcionários do CTI e PGA que contribuíram para minha formação.

À Érika Cristina Takamizawa Sato, Secretária do PGA, pela amizade e disposição para ajudar ao longo do curso.

EPÍGRAFE

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Análise química do solo da camada 0 - 0,20 m da área experimental.....	28
Tabela 2. Valores médios dos coeficientes da cultura da alface e do rabanete irrigado por gotejamento em ambiente protegido, Maringá-PR, 2018	39

CAPÍTULO II

Tabela 1. Análise química do solo na camada de 0 – 0,20 m da área experimental	51
Tabela 2. Resumo da análise de variância para os resultados de altura de planta (ALT), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), área foliar (AF), produtividade (PROD) e eficiência da utilização da água (EUA) da cultura da alface em função dos sistemas de cultivos e de lâminas de água, Maringá – PR, 2018.....	55
Tabela 3. Resumo da análise de variância para os resultados de altura de planta (ALT), diâmetro de folhas (DF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do bulbo (MSB), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF), massa fresca total (MFT), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA), diâmetro de bulbo (DB), produtividade (PROD) e eficiência da utilização da água (EUA) da cultura do rabanete em função dos sistemas de cultivos e de lâminas de água, Maringá – PR, 2018	59
Tabela 4. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo referente à massa fresca total do rabanete, Maringá-PR, 2018	61
Tabela 5. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água para a massa fresca total do rabanete, Maringá-PR, 2018	62
Tabela 6. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo para a massa fresca da parte aérea da cultura do rabanete, Maringá-PR, 2018.....	64
Tabela 7. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água para a massa fresca da parte aérea do rabanete, Maringá-PR, 2018	64
Tabela 8. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo para o diâmetro de bulbo do rabanete, Maringá-PR, 2018	65
Tabela 9. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água em relação ao diâmetro de bulbo do rabanete, Maringá-PR, 2018.....	66

CAPÍTULO III

- Tabela 1. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura da alface em monocultivo em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018..... 79
- Tabela 2. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura da alface em sistema de consórcio em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018..... 79
- Tabela 3. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz comercial (MSRC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura do rabanete em monocultivo em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018..... 84
- Tabela 4. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz comercial (MSRC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura do rabanete em consórcio em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018..... 84

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 . Comparação da evapotranspiração da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo com consórcio de ambas as culturas em ambiente protegido, Maringá – PR, 2018.....35
- Figura 2. Variação da temperatura média do ar, umidade relativa média do ar e da evapotranspiração das culturas da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido durante o período experimental, Maringá - PR, 2018.....37
- Figura 3. Variação da radiação solar global e da evapotranspiração da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido durante o período experimental, Maringá - PR, 2018.....38

CAPITULO II

- Figura 1. Características da cultura da alface: altura de plantas (A), massa fresca da parte aérea (B), massa seca da raiz (C), área foliar (D), produtividade (E) e eficiência da utilização da água (F) em função das lâminas de água, Maringá-PR, 2018.....56
- Figura 2. Características da cultura do rabanete: massa fresca total (A), massa fresca do bulbo (B), diâmetro de bulbo (C), produtividade (D) e eficiência da utilização da água (E) em função das lâminas de água, Maringá-PR, 2018.....61
- Figura 3. Massa fresca total do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, Maringá-PR, 2018.....62
- Figura 4. Massa fresca parte aérea do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, Maringá-PR, 2018.....64
- Figura 5. Diâmetro de bulbo do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de monocultivo, Maringá-PR, 2018.....66

CAPITULO III

Figura 1. Área foliar da cultura da alface em função das lâminas de água aplicadas no sistema de monocultivo, 2018.....	80
Figura 2. Massa seca do caule (A), massa seca da parte aérea (B), massa seca total (C) e área foliar (D) da cultura da alface em sistema de monocultivo e consórcio em função das épocas de avaliação, 2018.....	81
Figura 3. Taxa de crescimento da cultura (TCC) da alface em sistema de monocultivo (A) e consórcio (B) submetidas a diferentes lâminas de água em ambiente protegido, Maringá - PR, 2018	82
Figura 4. Massa seca de raiz da cultura da alface em sistema de monocultivo, em função das lâminas de água aplicadas e épocas de avaliação, 2018	83

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
Aspectos gerais sobre a cultura da alface	3
Aspectos gerais sobre a cultura do rabanete	4
Cultivo consorciado de hortaliças.....	5
Irrigação.....	8
Manejo de irrigação.. ..	9
Ambiente protegido	10
Perdas de água no sistema solo-planta-atmosfera.....	12
Armazenamento de água no solo.....	13
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO I - Necessidade hídrica e coeficiente de cultura da alface e do rabanete em monocultivo e consórcio irrigados por gotejamento em ambiente protegido	
RESUMO.....	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	26
1.2 METODOLOGIA.....	28
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
1.4 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO II - Desempenho agrônômico de plantas de alface e rabanete em consórcio sob diferentes lâminas de água em ambiente protegido	
RESUMO	47
2.1 INTRODUÇÃO.....	49
2.2 METODOLOGIA.....	51
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
2.3.1 Cultura da alface.....	55
2.3.2 Cultura do rabanete.....	59

2.4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS	69

CAPÍTULO III - Crescimento da alface e do rabanete submetidos a diferentes lâminas de água em sistema de monocultivo e consórcio

RESUMO	74
3.1 INTRODUÇÃO.....	76
3.2 METODOLOGIA.....	77
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.4 CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS	87

RESUMO GERAL

LOZANO-MENEZES, C.S. Universidade Estadual de Maringá (UEM) janeiro de 2020.

Alface consorciada com rabanete cultivado sob diferentes lâminas de água em ambiente protegido. Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.

Este estudo foi conduzido no período de setembro a novembro de 2018, em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI), pertencente ao Departamento de Agronomia (DAG) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) no município de Maringá – PR. O objetivo foi quantificar o consumo de água, determinar os coeficientes das culturas, avaliar o crescimento e as características produtivas das culturas da alface e do rabanete submetidas a diferentes lâminas de água e sistemas de cultivo em ambiente protegido. No segundo capítulo o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições, sendo o primeiro fator quatro lâminas de água (60, 80, 100 e 120% da ETc) e o segundo fator dois sistemas de cultivo (monocultivo e consórcio). No terceiro capítulo, o delineamento também foi DBC em esquema fatorial 4 x 4, o primeiro fator foi constituído por lâminas de água (60, 80, 100 e 120% da ETc) e o segundo fator por épocas de avaliação (7; 14; 21 e 28 dias). O cultivo em consórcio de alface e rabanete apresentou consumo hídrico inferior ao monocultivo de alface. Os valores médios de Kc determinados para condições edafoclimáticas da região Norte do Paraná foram de 0,96; 1,85 e 1,50 para a alface e de 0,85; 1,28 e 1,10 para a cultura do rabanete nos estádios inicial, intermediário e final, respectivamente. A altura, massa fresca da parte aérea, área foliar e produtividade da cultura da alface, bem como, a massa fresca total, massa fresca dos bulbos e produtividade da cultura do rabanete aumentaram conforme o incremento das lâminas de água aplicadas. A eficiência da utilização da água das culturas da alface e do rabanete foi superior no sistema de monocultivo. A massa seca do caule, massa seca da parte aérea, massa seca total, área foliar, taxa de crescimento da cultura da alface e massa seca da raiz comercial da cultura do rabanete apresentaram valores semelhante no sistema de monocultivo e consórcio durante todo o ciclo das culturas.

Palavras-chave: Irrigação. *Lactuca sativa* L. Manejo de água. Olericultura. *Raphanus sativus*.

GENERAL ABSTRACT

LOZANO-MENEZES, C.S. Maringá State University (UEM) January 2020. **Radish lettuce intercropped under different water depths in the protected environment.** Adviser: Prof. Dr. Roberto Rezende.

This study was conducted from September to November 2018, in a protected environment at the Irrigation Technical Center (CTI), belonging to the Department of Agronomy (DAG) of Maringá State University (UEM) in Maringá - PR. The objective was to quantify the water consumption, determine the crop coefficients, evaluate the growth and yield characteristics of lettuce and radish crops under different water depths and protected systems. In the second chapter the experimental design was a randomized block design (DBC) in a 4 x 2 factorial scheme with four replications, the first factor being four water slides (60, 80, 100 and 120% of ETc) and the second factor. two cultivation systems (monoculture and intercropping). In the third chapter, the design was also DBC in a 4 x 4 factorial scheme, the first factor constituted by water slides (60, 80, 100 and 120% of ETc) and the second factor by evaluation times (7; 14; 21 and 28 days). The intercropping of lettuce and radish presented lower water consumption than lettuce monoculture. The mean Kc values determined for edaphoclimatic conditions in the northern region of Paraná were 0.96; 1.85 and 1.50 for lettuce and 0.85; 1.28 and 1.10 for the radish culture at the initial, intermediate and final stages, respectively. Height, shoot fresh mass, leaf area and lettuce crop yield, as well as total fresh mass, bulb fresh weight and radish crop yield increased as the applied water depth increased. Water efficiency of lettuce and radish crops was higher in the monoculture system. Stem dry mass, shoot dry mass, total dry mass, leaf area, lettuce crop growth rate and radish crop commercial root dry mass showed similar values in the monoculture and intercropping system throughout the crop cycle. cultures.

Keywords: Irrigation. *Lactuca sativa* L. Water management. Olericulture. *Raphanus sativus*.

INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea pertencente à família das asteráceas, assim como a chicória e o almeirão. A cultura é mundialmente conhecida, apresentando grande expressão econômica para o Brasil, sendo consumida principalmente na forma de saladas.

Enquanto, o rabanete (*Raphanus sativus*) pertence à família das Brassicáceas, assim como a couve-flor, repolho e a rúcula. Apesar desta cultura não figurar entre as olerícolas de grande importância econômica, o rabanete é cultivado como cultura intercalar pelo fato de apresentar ciclo reduzido e rusticidade. Além disso, essa cultura vem ganhando espaço no mercado por apresentar grande potencial de uso em dietas saudáveis devido aos inúmeros benefícios a saúde humana.

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é uma prática amplamente utilizada, apresentando maior controle dos fatores climáticos, aumento de produtividade, maior controle de pragas, melhoria na qualidade dos produtos e redução do efeito da sazonalidade, ou seja, favorecendo a oferta de produtos mais equilibrada ao longo do ano.

Porém, devido ao elevado custo dessas estruturas há necessidade de melhor aproveitamento da área de cultivo, surgindo o sistema de cultivo consorciado de hortaliças como excelente alternativa, pois consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, cultivadas ao mesmo tempo em uma área.

O sistema de cultivo consorciado tem como vantagem a maior eficiência do uso da terra; melhor cobertura do solo; melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes; diversificação de produtos colhidos e conseqüentemente aumento da renda do produtor.

Ao se tratar de ambiente protegido a técnica da irrigação se faz necessária, pois não há fornecimento de água às culturas por meio de precipitações, sendo a irrigação a única forma de repor a água consumida pela cultura e evaporada pelo ambiente. Entretanto, é muito comum observar a prática da irrigação sendo realizada de forma inadequada, ou seja, aplicações com falta ou excesso de água, resultando em distúrbios na produção e prejuízos ao produtor.

Diante da redução da disponibilidade hídrica e a busca por práticas sustentáveis na agricultura nos últimos anos, torna-se de extrema importância adotar sistemas de cultivo e manejo de irrigação adequado que viabilizem a obtenção de alta produtividade com menor consumo possível de água.

Em sistemas de cultivo consorciado pode ser observada a utilização mais eficiente da água quando comparado ao monocultivo, desde que as culturas apresentam complementaridade e fazem melhor uso combinado desse recurso.

Ainda não se têm bem definidas as vantagens do sistema de cultivo consorciado em relação ao consumo de água no cultivo de hortaliças. Diante do exposto este trabalho tem por objetivo quantificar o consumo de água, determinar os coeficientes das culturas, avaliar o crescimento e as características produtivas das culturas da alface e do rabanete submetidas a diferentes lâminas de água em monocultivo e consócio sob ambiente protegido.

REFERENCIAL TEÓRICO

Aspectos gerais sobre a cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça herbácea originária de espécies silvestres, que ainda encontram-se atualmente em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental, na qual as partes comerciáveis são as folhas. Estas crescem em roseta em volta de um caule diminuto, podem ser lisas ou crespas, formarem ou não uma “cabeça” e apresentarem coloração que podem variar de acordo com a cultivar, verde ou roxa. Seu sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo, quando a cultura é transplantada (FILGUEIRA, 2012).

Esta hortaliça é produzida e consumida no mundo todo, pelo seu valor nutricional pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, contém também vitaminas B1 e B2, vitamina C, cálcio e ferro (FERNANDES et al., 2002).

As cultivares de alface podem ser agrupadas considerando-se as características das folhas e a formação de “cabeça” da seguinte maneira: tipo repolhuda-crespa (americana), apresenta folhas crespas, consistentes, crocantes e formam uma “cabeça” compacta; tipo repolhuda-manteiga, folhas lisas, delicadas, aspecto amanteigado e formação de cabeça compacta; tipo solta-lisa, folhas macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça; tipo solta-crespa, folhas bem consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça; tipo romana, cujas folhas são alongadas e consistentes com nervuras protuberantes, formando cabeças fofas e o tipo mimosa que possui folhas delicadas e com aspecto arrepiado (FILGUEIRA, 2012).

Planta típica de inverno, resistente a baixas temperaturas e geadas leves, atualmente há cultivares de verão, com adaptação a temperaturas elevadas. A cultura possui ciclo anual, encerrando a fase vegetativa quando a planta atinge o maior desenvolvimento das folhas. Por se tratar de uma hortaliça de ciclo curto e crescimento rápido, torna-se exigente em relação às condições climáticas, a disponibilidade de água e de nutrientes para que ocorra incremento significativo na massa fresca (LIMA JUNIOR, 2008).

Quando utilizados cultivares não adaptadas para o verão, temperaturas acima de 25 °C e dias longos podem acarretar em redução da fase vegetativa e pendoamento precoce (RESENDE et al., 2007) tornando-se a hortaliça inadequada para o consumo, pois suas folhas ficam amargas devido à produção de látex (CARVALHO FILHO et al., 2009).

A adaptação da alface ocorre com um menor fluxo de energia radiante e quando exposta a uma variação ótima de luminosidade, associada aos outros fatores favoráveis, há elevação da fotossíntese e um alto acúmulo de matéria seca (BEZERRA NETO et al., 2005).

A cultura da alface é extremamente exigente em água, as irrigações devem ser realizadas com frequência e em quantidades adequadas, devido à ampla área foliar, evapotranspiração intensiva e elevada capacidade de produção (FILGUEIRA, 2012).

Devido a cultura da alface apresentar alta perecibilidade e baixa resistência ao transporte, o seu cultivo é realizado próximo aos grandes centros consumidores, nos chamados cinturões verdes (SILVA et al., 2008). A alface é tradicionalmente cultivada por pequenos produtores, conferindo em grande importância econômica e social, sendo um fator de grande importância para agregação do homem do campo (VILLAS BÔAS et al., 2004).

Vários são os trabalhos realizados com oleráceas que demonstram que a cultura da alface tem sido promissora no sistema de cultivo consorciado: alface e tomate (REZENDE et al., 2005), alface e rabanete (CECÍLIO FILHO & MAY, 2002), alface e beterraba (REIS et al., 2013).

Aspectos gerais sobre a cultura do rabanete

O rabanete é uma das hortaliças de cultivo mais antigo. Quanto a sua origem há controvérsias, alguns autores consideram provenientes da China, enquanto outros acreditam ser originário do oeste asiático ou sul da Europa (MINAMI & TESSARIOLI NETTO, 1997).

O rabanete (*Raphanus sativus*) é uma planta pertencente à família das Brássicas, tal como a couve flor, rúcula, repolho, nabo, agrião, rábano, couve-chinesa, entre outras espécies. O melhor período de plantio corresponde o outono-inverno, tolerando bem o frio e geadas leves. O desenvolvimento da raiz tuberosa é favorecido em solos com faixa de pH de 5,5 a 6,8 (FILGUEIRA, 2012).

Apesar de o rabanete ser considerado uma cultura de pequena importância em termos de área plantada, é cultivada em muitas propriedades pequenas dos chamados cinturões verdes das regiões metropolitanas. A vantagem desse cultivo é a possibilidade auferir ganhos durante o tempo transcorrido entre outras culturas de ciclo mais longo, pois o rabanete é considerado uma cultura rústica, de ciclo curto (25-35 dias) e com retorno rápido (CARDOSO & HIRAKI, 2001).

A parte comerciável da cultura do rabanete é a raiz, o tamanho é definido pelo mercado consumidor e como regra geral deve possuir coloração característica, ausência de danos físicos e de rachaduras proveniente de alguma desordem fisiológica (PEDÓ et al., 2010).

As cultivares mais aceitas de rabanete produzem raízes globulares de coloração escarlate brilhante e polpa branca. A tradicional cultivar Early Scarlet Globe vem sendo substituída por híbridos, com tolerância ao calor e resistência a rachaduras e “isoporização” (FILGUEIRA, 2012).

A cultura é exigente quanto à fertilidade do solo, apresentando necessidade de alta disponibilidade de nutrientes em curto período de tempo, em função disso, problemas nutricionais dificilmente podem ser corrigidos dentro do ciclo, principalmente para nitrogênio e potássio que são os nutrientes requeridos em maiores quantidades pela cultura (COUTINHO NETO et al., 2010).

O rabanete é uma cultura que não suporta o transplante, sendo necessário realizar a semeadura nos canteiros definitivos, em sulcos de 10 a 15 mm de profundidade, pois quando semeado em profundidades maiores há riscos de deformação. O desbaste deve ser feito quando as plantas atingirem 5 cm de altura, permanecendo as mais vigorosas (FILGUEIRA, 2012).

No aspecto de qualidade do produto comercial obtido, é importante ter atenção no que diz respeito ao manejo adequado de água no solo, pois como o produto de interesse localiza-se na camada subsuperficial, o rendimento produtivo pode ser diretamente influenciado pelas condições físicas e hídricas do solo (SILVA et al., 2012). Flutuações no teor hídrico do solo podem resultar em rachaduras, sendo indicado manter o teor de água útil no solo próximo a 100% (FILGUEIRA, 2012).

O rabanete é rico em vitamina C e B6, ácido fólico, potássio e possui grande quantidade de fibras alimentares, sendo considerável antioxidante e isotiocianatos (CARMARGO et al., 2007).

Cultivo consorciado de hortaliças

O sistema de cultivo consorciado é amplamente utilizado em regiões tropicais, o qual pode ser definido como o cultivo de duas ou mais culturas em uma mesma área, que apresentam ciclo ou arquitetura diferente, sendo que estas coabitam pelo

menos uma parte significativa do seu ciclo, porém, seus produtos não são colhidos necessariamente ao mesmo tempo (CHARTTERJEE; MANDAL, 1992). A eficiência desta prática depende diretamente do sistema de produção e das culturas envolvidas, sendo necessário que haja complementação entre ambas (BEZERRA NETO et al., 2003).

Cultivo em consórcio surgiu como uma alternativa ao crescente questionamento dos rumos da agricultura moderna, que tem demonstrado diversas correlações negativas, como por exemplo, nocividade à saúde humana pelo uso excessivo de diversos insumos sintéticos, redução da biodiversidade e desequilíbrio ambiental, quebra da resiliência das plantas, degradação dos solos, e até mesmo a exclusão socioeconômica dos pequenos produtores (JUNQUEIRA & LUENGO, 2000).

Plantas consorciadas se apresentam como um dos métodos mais adequados à prática da olericultura sustentável, em moldes agroecológicos, tendo uma série de vantagens no aspecto ambiental, produtivo e econômico. Consorciação de culturas busca a maior produção por unidade de área, pela combinação de plantas que irão utilizar melhor o espaço, nutrientes e luz solar (SOUZA & RESENDE, 2006).

No monocultivo as culturas apresentam diferença na utilização de recursos ambientais devido suas diferentes arquiteturas, mas quando consorciadas, elas podem complementar-se e fazer melhor uso combinado desses recursos do que quando cultivadas isoladamente. Essa complementaridade pode ser considerada como temporal, quando as culturas apresentam suas exigências por recursos em períodos diferentes, ou espacial, onde as diferenças na utilização dos recursos ambientais são devido às diferenças no dossel das plantas ou na dispersão das raízes (WILLEY, 1990).

As vantagens do cultivo consorciado em comparação ao monocultivo são a maior diversidade biológica, maior cobertura do solo, diminuição da incidência de plantas daninhas, maior eficiência do uso da terra, diversificação de produtos colhidos, redução de problemas fitossanitários, melhores rendimentos com baixo custo de produção (BEZERRA et al., 2007), melhor utilização da água, melhor aproveitamento da luz e aumento da diversificação da renda do produtor (MULLER et al., 2000). Em relação às desvantagens do cultivo em consórcio encontra-se o aumento da mão de obra e maior competição entre as espécies consorciadas quando mal distribuídas espacialmente (BAUMANN et al., 2001).

A escolha das culturas que irão compor o sistema consorciado e da época de suas respectivas instalações é de suma importância para que possa propiciar exploração máxima

das vantagens do sistema de cultivo consorciado (GRANJEIRO et al., 2008). Porém, um dos desafios enfrentados é a falta de informações sobre as características das plantas mais interessantes e adequadas para esse tipo de sistema (COSTA et al., 2007).

Em função das vantagens oferecidas aos produtores, o cultivo consorciado torna-se uma tecnologia aplicável e acessível, sendo um sistema alternativo ao monocultivo, capaz de possibilitar um maior ganho seja pelo efeito sinérgico ou compensatório de uma cultura sobre a outra (REZENDE et al., 2006).

A competição por água pode ser um importante componente em qualquer combinação de plantas crescendo juntas (VANDERMEER, 1989). Em cultivos consorciados pode ser observada a utilização mais eficiente da água quando comparado ao monocultivo, desde que as culturas consorciadas não estejam submetidas a um severo déficit hídrico (MORRIS E GARRITY, 1993). Diante a presença de déficit hídrico a espécie dominante dentro de um sistema de consórcio eleva sua utilização eficiente da água por meio da absorção de parte da água disponível no período de convivência, reduzindo à disponibilidade de água as plantas dominadas (CHASTAIN; GRABE, 1989).

Souza et al. (2011) ao analisarem a eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado observaram que a produtividade de grãos das duas culturas em resposta ao volume de água aplicado foi menor nos plantios consorciados em relação ao monocultivo. Contudo, em termos econômicos, a adoção do consórcio foi mais vantajosa e, desta forma, sugerem que o plantio consorciado seja estimulado.

Negreiros et al. (2002) ao avaliarem cultivares de alface em sistema de monocultivo e consorciado com cenoura observaram que o consórcio de cenoura e alface “Regina” foi o mais viável agroeconomicamente, com índice de uso da terra maior que 1. Além de verificar também, que os rendimentos de raízes da cenoura não foram afetados pela competição das cultivares de alfaces estudadas.

Custódio et al. (2015) ao estudarem o desempenho agrônômico de consórcios entre rabanete e alface notaram que a cultura da alface não afetou o tamanho médio das raízes de rabanete e houve maior eficiência no uso da terra quando comparado ao monocultivo, apresentando grande potencial de utilização entre os olericultores.

Irrigação

A irrigação é uma técnica milenar que nos últimos anos tem se desenvolvido acentuadamente, tendo equipamentos e sistemas para as mais diversas condições (BERNARDO et al., 2006). Estima-se que a área irrigada no mundo ocupe 17% de toda a área agricultável e responde pela produção de mais de 40% de todo alimento consumido. A produção na área irrigada é equivalente a 2,5 vezes a produção de alimentos das áreas de sequeiro (PAULINO et al., 2011).

O alto teor de água das partes comerciáveis das hortaliças (80-95%), na sua maioria, faz com que haja demanda por solos férteis e com alta disponibilidade de água. Desta forma, a prática da irrigação é importante para o sucesso da olericultura, fundamentalmente em regiões com baixo índice pluviométrico ou com precipitação mal distribuída. Mesmo em regiões úmidas, a falta de água é frequentemente um fator limitante à obtenção de produções elevadas e de boa qualidade (MAROUELLI; CALBO, 2009).

Diante das inúmeras funções exercidas pela água no complexo vegetal, ressalta-se o adequado suprimento para a obtenção de máximas produtividades das culturas. A deficiência hídrica pode causar desde uma simples paralisação temporária do crescimento e do desenvolvimento do vegetal até a morte por secagem completa e incapacidade do vegetal em retomar as suas atividades fisiológicas após um período de seca severa. Plantas de ciclo curto, como é o caso das hortaliças, sofrem muito mais o efeito de um déficit hídrico quando comparado a espécies perenes (COELHO FILHO et al., 2011).

A irrigação quando utilizada de maneira correta pode proporcionar muitas vantagens, destacando-se a maior produção, sendo possível realizar mais de um plantio por ano; aumento de produtividade, devido a melhor condição de desenvolvimento da cultura; e também geração de empregos, que possibilita o aumento da renda, melhorando as condições de vida no meio rural (BERNARDO et al., 2006).

Em ambiente protegido a irrigação se torna de extrema importância por ser a única fonte de água, pois não há entrada de água por precipitação. O sistema de irrigação localizada se destaca neste sistema de cultivo, sendo muito empregado a irrigação por microaspersão em frutas e a irrigação por gotejamento na produção de hortaliças (GALLON et al., 2015).

Apesar da irrigação por gotejamento apresentar alto custo inicial, ela possui as seguintes vantagens: I) economia de água e energia; II) reduz a incidência de pragas e doenças; III) permite a quimigação; IV) otimização no uso de fertilizantes; V) excelente

uniformidade de aplicação de água; VI) possibilita o controle rigoroso da quantidade de água fornecida às plantas (FRIZZONE et al., 2012; MANTOVANI et al., 2009).

Manejo de irrigação

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) (2018) a distribuição percentual do volume de água consumido no Brasil entre os setores da sociedade é de aproximadamente 67,1% para a agricultura irrigada, 8,8% para o abastecimento urbano, 2,4% para o abastecimento rural, 11,1% para o abastecimento animal, 0,8% para a mineralização e 9,8% para a indústria. Porém, verifica-se que a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada em nosso país não emprega qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação (BONOMO et al., 2014).

A preocupação com a utilização eficiente da água na agricultura irrigada se intensifica a cada dia devido a escassez de água de boa qualidade, agravando a competição entre os diversos setores que dela dependem (MAROUELLI et al., 2011).

Embora a agricultura irrigada seja relacionada a um elevado nível tecnológico, é consenso que no Brasil esta atividade ainda é praticada de forma inadequada, tendo um elevado desperdício de água. Este problema ocorre em razão de três fatores principais: pouca utilização de critérios técnicos de manejo de água na maioria das áreas irrigadas; informações escassas de critérios para manejo de água e utilização de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação de água (MANTOVANI et al., 2009).

O manejo de irrigação pode ser considerado uma técnica de extrema importância do ponto de vista econômico e ambiental em uma área agrícola irrigada, pois pode proporcionar economia de água, energia, aumento de produtividade da cultura e melhoria na qualidade dos produtos (BONOMO et al., 2013).

A quantidade de água a ser aplicada por irrigação é comumente a necessária para que o solo retorne à capacidade de campo na camada correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. Podendo ser determinada a quantidade de água a aplicar através da avaliação da disponibilidade atual de água no solo ou da quantidade de água evapotranspirada pela cultura entre duas irrigações consecutivas (MAROUELLI et al., 2011).

O conhecimento da evapotranspiração se constitui em uma informação relevante para o dimensionamento de projetos de irrigação, principalmente em relação ao manejo eficiente desses equipamentos. A evapotranspiração pode ser considerada como a junção da

transpiração e evaporação. Existem atualmente vários equipamentos e métodos que podem ser utilizados para a determinação da evapotranspiração e da evaporação. Dentre esses, os lisímetros se destacam, sendo empregados para a obtenção direta dessa variável, com confiabilidade (CARVALHO et al., 2013).

Os lisímetros têm sido construídos de acordo com as necessidades específicas que dependem da cultura estudada, das características do solo e do clima. Esses equipamentos são constituídos por grandes caixas preenchidas com solo, de modo a reproduzir semelhantemente os horizontes existentes no ambiente, instalados em condições de campo, os quais possuem sistemas de pesagem ou controle de entrada e saída de água, podendo ser utilizados para determinar a evaporação do solo descoberto ou a evapotranspiração de uma cultura (CAMPECHE et al., 2011). Existem basicamente, três tipos de lisímetros, os de drenagem, de lençol freático constante e pesagem (PEREIRA et al. 2002).

Devem-se adotar alguns cuidados na instalação e manejo de um lisímetro, mantendo idênticas as condições dentro e fora do lisímetro para evitar o efeito “oásis”, ou seja, área úmida circundada por área seca, e o efeito “buquê” que consiste em plantas maiores no interior dos lisímetros (ALLEN et al., 1991).

Esses instrumentos são os únicos capazes de medir, diretamente, o fluxo de água de uma superfície vegetada para a atmosfera, porém a medida direta da evapotranspiração por lisímetria é difícil e onerosa. Difícil, porque exige instalações e equipamentos especiais e onerosa pelo fato de as estruturas serem geralmente de alto custo, justificando seu uso apenas em condições experimentais (SOUZA & SILVA, 2013).

O lisímetro de lençol freático constante permite boa precisão na medida da evapotranspiração, pois possui um sistema de alimentação contínua de água por meio do sistema de drenagem ou de um sistema auxiliar instalado na superfície do lisímetro. Possibilita medidas com o mesmo grau de precisão e em intervalos de tempo tão curtos quanto aos lisímetros de pesagem, porém possuem o custo de instalação e operação bem inferiores, sendo empregados para a determinação da evapotranspiração de cada fase de crescimento da cultura (BERNARDO et al., 2006).

Ambiente protegido

O termo internacional plasticultura é adotado para indicar a utilização de plásticos na agricultura, tendo por objetivo criar ambientes melhorados e controláveis, que proporcionam

o melhor desenvolvimento das plantas. Além de favorecer a potencialidade produtiva e econômica da cultura, protegendo de alguns fatores adversos que possam limitar o seu desenvolvimento, caracterizando o cultivo em ambiente protegido (MARTINS, 2012).

No Brasil, o cultivo em ambiente protegido é o nome dado à produção de oleráceas, sob algum tipo de estrutura metálica ou madeira coberta com filmes plásticos (TIVELLI, 1998).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido não é uma técnica recente no Brasil, pois existem trabalhos que registram seu início no final dos anos 60, porém, somente no fim dos anos 80, principalmente, no início da década de 90 que essa técnica ganhou impulso e passou ser amplamente utilizada (GRANDE et al., 2003).

O cultivo protegido mais conhecido é aquele realizado em casa de vegetação “estufas”, mas a utilização de túneis e ripados construídos com estruturas de madeira ou metálicas, também pode ser considerada como cultivo protegido (SILVA et al., 2014).

A casa de vegetação popularmente conhecida no Brasil como estufas compreende em um abrigo que viabiliza o cultivo de plantas de porte alto e a circulação de pessoas em seu interior. Enquanto, o tradicional túnel de cultivo é caracterizado por um abrigo baixo, em forma semicircular, recoberto com filme plástico sobre os arcos. Abriga canteiros ou linhas de plantio dos cultivos. No Brasil, a utilização de túneis é mais difundida na região sul, principalmente para o cultivo de hortaliças herbáceas, como por exemplo, a alface, e também para algumas hortaliças fruto, como morango e pimentão (MARTINS, 2012).

A produção de olerícolas é uma atividade agrícola muito vantajosa quando praticada em épocas adequadas, locais com boas condições climáticas e de mercado favorável para sua comercialização. Todavia, dificilmente é possível integrar em um determinado sistema de produção todas essas condições, sendo indispensável à busca por novas alternativas de cultivo e tecnologia que visam o aumento de produtividade e maior estabilidade de produção, tornando o setor agrícola competitivo e sustentável (ARAUJO et al., 2009).

Na agricultura moderna uma das técnicas amplamente utilizada para viabilizar o cultivo fora de época, diminuir custos e elevar a produtividade, é o cultivo protegido, que juntamente com a irrigação tem apresentado bons resultados (FACTOR et al., 2008).

Existem inúmeras vantagens do cultivo em ambiente protegido, como o aumento de produtividade, melhoria da qualidade dos produtos, diminuição na sazonalidade da oferta, melhor aproveitamento dos fatores de produção (adubos, defensivos e água), controle parcial

ou até mesmo total dos fatores climáticos, melhoria nas condições do ambiente de trabalho e opção de aumento da rentabilidade da empresa agrícola (MARTINS, 2012).

No interior do ambiente protegido a evapotranspiração geralmente é menor quando comparada ao cultivo a céu aberto, devido ao efeito da opacidade parcial da cobertura plástica à radiação solar e a redução da ação do vento, que são os principais fatores que impulsionam a demanda evaporativa da atmosfera. Embora a temperatura e a umidade relativa do ar, em alguns momentos, podem atingir valores maiores no interior do ambiente protegido, com estreita dependência com as condições meteorológicas (FARIAS, 1993; VÁSQUEZ et al. 2005).

Ao adotar o cultivo de hortaliças em ambiente protegido deve-se aproveitar ao máximo a área disponível, devido ao elevado custo de instalação das estruturas e o alto nível tecnológico aplicado. O espaçamento adotado e os tratos culturais devem resultar em densidade de plantas e sistema de condução que viabilizem a máxima produtividade dentro de padrões elevados de qualidade para o produto (HACHMANN et al., 2014).

Em relação ao cultivo protegido um ponto que deve ser considerado quando se adere a esse sistema, são os cuidados contínuos com o manejo do solo e da água, para que a ocorrência de problemas não inviabilize a produção (SILVA et al., 2014).

Apesar de ser uma técnica de cultivo que vem se expandindo cada vez mais no Brasil, ainda há precariedade de informações técnicas sobre o desempenho das plantas em ambiente protegido, tendo a necessidade de um número maior de pesquisas que possam dar suporte às recomendações (VIDA et al., 2004).

Perdas de água no sistema solo-planta-atmosfera

O vapor d'água presente na atmosfera sob determinadas condições meteorológicas condensa-se e forma as nuvens, podendo retornar à superfície na forma de chuva (estado líquido), granizo ou neve (estado sólido) (LACERDA, 2007).

A chuva consiste na principal forma de precipitação para o Brasil, quando a chuva atinge o solo com cobertura vegetal, parte do volume precipitado sofre interceptação pela vegetação e se evapora posteriormente. Excedendo a capacidade de armazenar água na superfície dos vegetais, ou por ação dos ventos, a água interceptada atinge o solo (TUCCI, 2012).

A água que atinge o solo é infiltrada, a partir do momento da saturação superficial, o solo vai sendo saturado a maiores profundidades, a infiltração desce até uma faixa residual, com o excesso não infiltrado da precipitação gera-se o escoamento superficial (TUCCI, 2012).

Da água retida no solo, apenas certa quantidade apresenta-se disponível para as plantas. Sendo essa parte compreendida como a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. As forças responsáveis pelo movimento de água no sistema solo planta e atmosfera são os gradientes de potencial gravitacional, pressão, matricial e osmótico, partindo-se sempre do maior potencial para o menor potencial (DURÃES E MAGALHÃES, 2013).

A água presente no solo e nos cursos de água evapora-se, sendo a taxa de evaporação dependente da energia solar disponível para conversão da forma líquida para o vapor. A água no solo é também retirada pelas raízes das plantas e depois evapora no interior das folhas, sendo posteriormente transferidas para a atmosfera pela transpiração. O processo conjunto que envolve a evaporação direta do solo e a transpiração das plantas é denominado evapotranspiração, sendo fundamental para realimentar a atmosfera com vapor de água. A taxa da evapotranspiração depende basicamente da demanda da atmosfera, da intensidade de radiação e da disponibilidade de água no solo (LACERDA, 2007).

A quantidade de água não aproveitada pela vegetação, percola para o lençol freático que normalmente contribui para o escoamento subterrâneo. A infiltração e a percolação no interior do solo são comandadas pelas tensões capilares nos poros e pela gravidade (TUCCI, 2012).

Armazenamento de água no solo

O armazenamento de água no solo compreende um dos componentes do ciclo hidrológico de maior importância para o estudo da resposta ecofisiológica das plantas submetidas à situação de déficit hídrico, como também, para o dimensionamento, planejamento e manejo de irrigação eficiente (FRIZZONE et al., 2005).

A retenção de água no solo pode ser expressa pela curva de retenção de água, que se baseia em relacionar o volume de água no solo com o potencial matricial (força de ligação entre as moléculas de água e partículas de solo). Da curva de retenção é possível determinar a

capacidade de campo, ponto de murcha e capacidade de água disponível do solo (ANDRADE JUNIOR et al., 2007).

Capacidade de campo (CC) consiste na capacidade máxima que um solo apresenta de reter água em seus poros contra a ação da gravidade, variando no espaço e no tempo. Ponto de murcha permanente (PMP) consiste no teor de umidade no solo abaixo do qual a planta consegue extrair água do solo na mesma intensidade que ela transpira. E a capacidade de água disponível (CAD) compreende o teor de água entre a CC e o PMP de um determinado solo, ou seja, a quantidade de água disponível para as plantas (REICHARDT & TIMM, 2012).

As propriedades físicas como a textura, a distribuição e diâmetro médio dos poros, e estrutura do solo são relacionadas de maneira direta com a variação da quantidade de água armazenada no solo (PETRY, 2007).

O intervalo hídrico ótimo (IOH) compreende o volume de água retido no solo no qual as limitações ao desenvolvimento de plantas associadas à aeração, água disponível e resistência do solo a penetração são mínimas (TORMENA et al.; 1999).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; HOWELL, T.A.; PRUITT, W.O. **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. 444 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2018. 85p.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; MACHIO, R.; SILVA, E. M. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Teresina: EMPRAPA, 2007.
- ARAUJO, J.S.; ANDRADE, A.P.; RAMALHO, C, I.; AZEVEDO, C.A.V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.152-157, 2009.
- BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek-celery intercropping system. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 764-774, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8ª edição, Viçosa: Editora UFV, 2006, 625 p.
- BEZERRA NETO, F. ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.C.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento, temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.
- BEZERRA NETO, F.; ANDRADE, F. V.; NEGREIROS, M. Z.; SANTOS JÚNIOR, J. J. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 635-641, 2003.
- BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; ROCHA, R. H.;

- BEZERRA, A.P.A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, F.J.A.F.; VIDAL NETO, F.C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.104-108, 2007.
- BONOMO, D, Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.2, p.157-169, 2013.
- BONOMO, D, Z.; BONOMO, R.; PEZZOPANE, J. R. M; SOUZA, J. M. Alternativas de manejo de água de irrigação em cultivos de conilon. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.4, p.537-545, 2014.
- CAMARGO, G.A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I.C.S.; MIELI, J.; SASSAKI, E.K. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 1, n.2, p. 181-195, 2007.
- CAMPECHE, L.F.M.S.; AGUIAR NETTO, A.O.; SOUSA, I.F.; FACIOLLI, G.G.; SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V. Lisímetro de pesagem e grande porte. Parte I: desenvolvimento e calibração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.519-525, 2011.
- CARDOSO, A.I.I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.196-199, 2001.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies f4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.1, p.37-42, 2009.
- CARVALHO, H. P.; MELO, B.; ATARASSI, R. T. Desenvolvimento de lisímetros de pesagem na cultura do café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6 , p. 1750-1760, 2013.

CECÍLIO FILHO, A.B; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.3, p. 501-504, 2002.

CHASTAIN, T.G.; GRABE, D. F. Spring establishment of orchard grass weed crops with cereal companion crops. **Crop Science**, Madison, v.29, p.466-471, 1989.

CHATTERJEE, B. N.; MANDAL, B. K. Present trends in research on intercropping. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 62, n.8, p. 507-18, 1992.

COELHO, E.F.; OR, D.; SOUSA, V.F. Aspectos básicos em fertirrigação. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 235-251.

COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARBOSA, J.C.; GRANGEIRO, L.C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 034-040, 2007.

COUTINHO NETO, A.M.; ORIOLI JUNIOR, V.; CARDOSO, S.S.; COUTINHO, E.L.M. Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.2, p.105-114, 2010.

CUSTÓDIO, A. M.; ALVES, E. M.; PAIM, T.P.; CARNEIRO, H.A.; LIMA JUNIOR, A.F. Desempenho agrônômico de consórcios entre rabanete e alface no Oeste goiano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.10, n.5, p. 56-60, 2015.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C. Transporte de água no sistema solo-planta - atmosfera. In: ALBULQUERQUE, P. E. P.; DURAES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 528p.

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

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.31-6, 1993.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012, 356p.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; SOUZA, J. L. M.; ZOCOLER, J. L. **Planejamento de irrigação análise e decisão de investimento**. Brasília: Embrapa, 2005. 627p.

GALLON, J. F.; GALLON, I.; BASEGGIO, N.; OLIVEIRA, F.G.; MENEGOTTO, M.L.A. **Irrigação por gotejamento uso da água com tecnologia para a produção**. I Simpósio internacional de inovação em cadeias produtivas do agronegócio, 2015.

GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. O cultivo protegido de hortaliças em Urbelândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.241-244, 2003.

GRANJEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS, A.P. ; COSTA, L.M.; SILVA, A.R.C.; LUCENA, R.R.M. Crescimento e produtividade do coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciencia Agrotécnica**, Lavras, v.32, n.1, p.55-60, 2008.

HACHMANN, T.L.; ECHER, M.M.; DALASTRA, G.M.; VASCONCELOS, E.S.; GUIMARÃES, V.F. Cultivo de tomateiro sob diferentes espaçamentos entre plantas e diferentes níveis de desfolha das folhas basais. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.4, p.399-406, 2014.

JUNQUEIRA, A. H.; LUENGO, R. F. A. Mercados diferenciados de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.95-99. 2000.

LACERDA, C. F. **Relações solo-água-plantas em ambientes naturais e agrícolas do nordeste brasileiro**. Recife: Universidade Federal do Ceará, 2007, 78 p.

LIMA JUNIOR, J. A. **Análise técnica e econômica da produção de alface americana irrigada por gotejamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de água e solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.

MARQUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Circular técnica, 69).

MARQUELLI, W. A. OLIVEIRA, A. S. de
COELHO, E. F. NOGUEIRA, L. C. SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Editores Técnicos.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 774p.

MARTINS, G. Cultivo em ambiente protegido - o desafio da plasticultura. In: FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. Viçosa. Editora UFV, 2012.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete**: Cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argiloso. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p. (Série Produtor Rural, 4).

MORRIS, R.A.; GARRITY, D.P. Resource capture and utilization in intercropping water. **Fields crop research**, Amsterdam, v.34, p. 303-317, 1993.

MULLER, A. M.; PAULUS, G.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada**: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 86p.

NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; PORTO, V. C. N.; SANTOS, R. H. S. Cultivares de alface em sistemas solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 162-166, 2002.

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, v.16, n.2, p. 163-176, 2011.

PEDÓ, T.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de.; AUMONDE, T, Z.; SACCARO, E. L. Crescimento de três cultivares de rabanete (*Raphanus sativus*) ao longo da ontogenia das plantas. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.3, p.17-21, 2010.

PEREIRA, A. R.; SANTIAGO, A. S.; MAGGIOTO, S. R.; FOLEGATTI, M. V. Problemas operacionais com lisímetro de pesagem durante a estação chuvosa e em dias secos com rajadas de vento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, p.51-56, 2002.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistema de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência e Solo**, Viçosa, v.31, p.531-539, 2007.

REIS, J.M.R.; RODRIGUES, J.F.; REIS, M.A. Adubação em consórcio de beterraba com alface. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.41-48, 2013.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. V. Cultivo de alface em sistema orgânico de produção. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. (Circular Técnica, 56).

REZENDE B.L.A.; CECÍLIO FILHO A.B.; FELTRIM A.L.; COSTA C.C.; BARBOSA J.C. Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula, alface e rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 36-41, 2006.

REZENDE B.A; CECÍLIO FILHO A.B; CANATO G.H.D; MARTINS M.I.E.G. Análise econômica de consórcios de alface x tomate, em cultivo protegido, em Jaboticabal (SP). **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 9-14, 2005.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**. 2 ed. Barueri: Manole, 2012, 500 p.

SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, F. A.; TARGINO, I. S. O.; SILVA, M. L. N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 25-33, 2012.

SILVA, B.A.; SILVA, A.R.; PAGIUCA, L.G. **Cultivo protegido**: em busca de mais eficiência produtiva. Hortifruti Brasil, p. 10- 18, 2014.

SILVA, E.A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; OLIVEIRA, A.C.; REIS, L.L.; BARDIVIESSO. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina**, v. 29, n.2, p.245-254, 2008.

SOUZA, I.F.; SILVA, B. B. Monitoramento do tempo para cômputo da evapotranspiração. In: AGUIAR NETTO, A.O.; BASTOS, E.A (Editores Técnicos). **Princípios agrônômicos de irrigação**. Brasília: Embrapa, 2013.

SOUZA, L. S. B.; de MOURA, M.S.B.; SEDIYAMA, G.C.; SILVA, T.G.F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.715-721, 2011.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Cultivo orgânico de hortaliças**. Manual de horticultura orgânica. 2ª edição. Atualizada e ampliada. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 843p.

TIVELLI, S, W. **A cultura do pimentão**. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.) Produção de hortaliças em ambiente protegido. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998. p.225-256.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. **Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para a avaliação da qualidade física do solo e manejo de água n agricultura irrigada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, n.3, p. 286-292, 1999.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2013, 944p.

VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237p.

VÁSQUEZ, M. A. N; FOLEGATTI, M. V; DIAS, N. S; SILVA, C. R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.137-143, 2005.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p. 355-372, 2004.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, 28-34, 2004.

WILLEY, R. W. Resource use in intercropping system. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 17, n. 1 - 3, p. 215 - 231, 1990.

CAPÍTULO I

NECESSIDADE HÍDRICA E COEFICIENTE DE CULTURA DA ALFACE E DO RABANETE EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

Com o aumento da escassez da água de boa qualidade, torna-se de grande importância para a agricultura a adoção de mecanismos e técnicas que aumentem a utilização eficiente da água. A determinação da necessidade de água, bem como dos coeficientes de cultura são informações imprescindíveis para o manejo adequado de água e conseqüentemente obtenção de elevadas produtividades. O presente trabalho teve por objetivo determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido sob as condições edafoclimáticas da região Norte do Estado do Paraná. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro técnico de irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no município de Maringá (PR). A cultivar de alface utilizada foi a Vanda e para o rabanete utilizou-se o híbrido 19. A irrigação foi realizada diariamente via gotejamento. A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Penman-Monteith utilizando dados de uma estação meteorológica automática instalada no interior do ambiente protegido e a evapotranspiração das culturas foi determinada pelo método direto utilizando lisímetros de lençol freático constante. A demanda hídrica da alface e do rabanete no sistema de consórcio foi de 170 mm, sendo inferior ao monocultivo de alface que foi de 190 mm e superior ao monocultivo de rabanete que foi de 121 mm. Os valores médios determinados de coeficiente de cultura para a região foram de 0,96; 1,85 e 1,50 para a alface e de 0,85; 1,28 e 1,10 para o rabanete nos estádios inicial, intermediário e final, respectivamente, diferenciando dos valores oficiais da FAO.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Irrigação. Lisímetros. Manejo de irrigação. *Raphanus sativus*

ABSTRACT: WATER REQUIREMENT AND CROP COEFFICIENT OF LETTUCE AND RADISH IN DRIP IRRIGATED MONOCULTURE AND INTERCROPPING

With the increasing scarcity of good quality water, it is of great importance for agriculture to adopt mechanisms and techniques that increase the efficient use of water. Determining the need for water as well as the crop coefficients are essential information for the proper management of water and consequently obtaining high yields. The objective of the present work was to determine the evapotranspiration and lettuce and radish crop coefficients in a monoculture and intercropping system under protected conditions under the edaphoclimatic conditions of the northern region of Paraná State. The experiment was conducted in a greenhouse at the Technical Irrigation Center (CTI) of the State University of Maringá (UEM), in the city of Maringá (PR). The lettuce cultivar used was Vanda and the radish was used hybrid 19. Irrigation was performed daily via drip. Reference evapotranspiration was estimated by the Penman-Monteith method using data from an automatic weather station installed inside the protected environment and crop evapotranspiration was determined by the direct method using constant groundwater lysimeters. The water demand of lettuce and radish in the intercropping system was 170 mm, being lower than the lettuce monoculture of 190 mm and higher than the radish monoculture of 121 mm. The average values of culture coefficient determined for the region were 0.96; 1.85 and 1.50 for lettuce and 0.85; 1.28 and 1.10 for radish in the initial, intermediate and final stages, respectively, differing from the official FAO values.

Keywords: *Lactuca sativa* L. Irrigation. Lysimeters. Irrigation management. *Raphanus sativus*

1.1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é considerada a atividade que consome o maior volume de água quando comparada aos demais setores como a indústria e o abastecimento humano, por isso, se torna fundamental a adoção de mecanismos que favoreçam o aumento da eficiência da utilização da água, sem que a produtividade das culturas seja afetada. Associada ao uso racional deste recurso, a busca por manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem se tornado uma constante preocupação (SOUZA et al., 2011).

A produção de hortaliças em sistema de consórcio, sobre tudo para os pequenos produtores, é um sistema de cultivo com boa eficiência, podendo ser indicado como um modelo sustentável de produção, uma vez que apresenta melhor aproveitamento da água, luz e nutrientes quando há complementariedade entre as culturas (OLIVEIRA et al., 2010).

Independente do sistema de cultivo adotado, o conhecimento apenas da necessidade total de água exigida pela cultura não resulta em um manejo eficiente de irrigação, sendo de extrema importância estudos que procuram identificar as exigências hídricas das plantas em seus diferentes estádios de desenvolvimento (SOUZA et al., 2011).

No que se refere ao manejo de irrigação a base para a determinação da água a ser aplicada em determinada cultura está associada, comumente, à capacidade da superfície do solo e da vegetação de transferir água para a atmosfera. A maneira utilizada para quantificar a água a ser aplicada ao longo do ciclo da cultura é considerar os processos de evaporação de água do solo e de transpiração da planta, que conjuntamente é denominado evapotranspiração da cultura (ETc) (SILVA e RAO, 2006).

O coeficiente de cultura (Kc) também pode ser considerado um fator de grande relevância neste contexto, pois se caracteriza como componente importante no cálculo de estimativas das necessidades hídricas de culturas específicas às condições edafoclimáticas do local que a cultura se encontra inserida (SILVA et al., 2013).

Vários estudos tem reportado valores de Kc determinados em campo e sob ambiente protegido para a cultura da alface e rabanete em sistemas de monocultivo (SANTOS et al., 2015; NUNES et al., 2009; ALVES et al., 2017). Porém, devido às diferenças climáticas de um local para outro, os valores de Kc podem sofrer alterações e acarretar em superestimativa ou subestimativa do consumo de água das plantas, sendo recomendado sempre que possível utilizar valores locais (CARVALHO et al., 2006). Quando se trata de sistemas consorciados a

questão é complexa, pois são escassos os estudos para determinar o requerimento de água das culturas (GAO et al., 2009).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultura da alface e do rabanete cultivados em ambiente protegido, em sistema de monocultivo e consórcio nas condições edafoclimáticas da região Norte do Estado do Paraná.

1.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no período de setembro a novembro de 2018, no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), situado no município de Maringá – PR (23°25'S e 51°57'O com 542 m de altitude). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical com precipitação média de 1500 mm, mantendo temperatura média de 22 a 23° C, caracterizado por verões quentes, úmidos e invernos secos (CAVIGLIONE et al., 2000; ALVARES et al., 2014).

A condução do experimento foi realizada em ambiente protegido, a estrutura possuía 25 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de pé direito, tendo as laterais revestidas com tela branca antiafídeo e o teto em arco coberto com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura).

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2018). Para caracterização química do solo foi coletada amostra composta na profundidade de 0-0,20 m e enviada para laboratório de análise de solo, sendo os resultados apresentados na Tabela 1. A análise textural do solo apresenta granulometria de 122,60 g kg⁻¹ de areia, 120,60 g kg⁻¹ de silte, 756,80 g kg⁻¹ de argila e densidade média do solo de 1,34 Mg m⁻³ (TRINTINALHA, 2005).

Tabela 1. Análise química do solo da camada 0 - 0,20 m da área experimental

pH CaCl ₂	pH SMP	M.O (g dm ³)	C (g dm ³)	P (mg dm ³)	K (cmol _c dm ³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ³)
6,2	6,9	15,00	8,70	75,47	0,42	7,43
Mg ⁺² (cmol _c dm ³)	Al ⁺³ (cmol _c dm ³)	H ⁺ Al ⁺³ (cmol _c dm ³)	SB (cmol _c dm ³)	CTC (cmol _c dm ³)	V (%)	B (mg dm ³)
2,27	0,00	2,47	30,12	10,12	80,38	0,32
Cu (mg dm ³)	Zn (mg dm ³)	Fe (mg dm ³)	Mn (mg dm ³)			
16,80	11,88	102,42	124,86			

Após realizar o revolvimento do solo e incorporação da adubação de acordo com os resultados da análise química do solo e recomendações de Trani (1996), foram construídos 48 canteiros (3,00 x 0,60 m).

A alface que foi utilizada é a cultivar Vanda, que possui adaptações às condições tropicais de cultivo. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido, de 200 células, com substrato de fibra de coco e abrigadas em casa de vegetação até o

transplântio, que ocorreu quando as mesmas apresentaram quatro folhas definitivas. Foi semeado o rabanete híbrido 19 no mesmo dia do transplântio da alface, sendo realizado posteriormente um raleio quando as plantas apresentaram 0,05 m de altura (FILGUEIRA, 2012).

As culturas foram arrançadas nos canteiros nos espaçamentos de 0,30 x 0,25 m e 0,15 x 0,05 m para a alface e rabanete, respectivamente (FILGUEIRA, 2012). Os canteiros com monocultivo de alface eram constituídos de duas linhas com 12 plantas de alface cada, nos canteiros com monocultivo de rabanete haviam duas linhas com 60 plantas de rabanete cada, e no consórcio haviam duas linhas nas laterais com 12 plantas de alface e uma linha central com 60 plantas de rabanete.

No fornecimento de água para as plantas foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, tendo em cada canteiro uma saída dupla com duas linhas laterais de 16 mm de diâmetro, com 12 gotejadores autocompensantes espaçados em 0,20 m e vazão nominal de 2,1 L h⁻¹. O sistema era pressurizado por uma bomba centrífuga de 0,5 cv e foi utilizado um registro de gaveta de modo a controlar a pressão para operar com 10 mca.

Os valores de evapotranspiração das culturas (ETc) foram determinados por meio de três lisímetros de lençol freático constante. Para instalação dos lisímetros no interior do ambiente protegido foram abertas três trincheiras circulares, sendo enterradas caixas de PVC de 380 L de capacidade, 1,05 m de diâmetro e 0,65 m de profundidade. Na parte inferior das caixas foi colocada uma camada de brita de 0,05 m e uma manta geotêxtil para evitar a obstrução da entrada de água por partículas de solo. Posteriormente, as diferentes camadas de solo foram repostas obedecendo à ordem dos horizontes.

Ao lisímetro foi conectado um tanque intermediário composto por um tubo de PVC de 200 mm e 0,80 m de altura. Neste tanque intermediário, foi inserido um dispositivo juntamente com uma boia de filtro d'água que permitia alterar a altura da lâmina d'água, sendo que de acordo com o desenvolvimento das culturas a altura da lâmina foi sendo diminuída.

O tanque intermediário foi conectado a um sistema de alimentação de água de volume conhecido, por meio de uma tubulação flexível. Em um dos lisímetros foi transplantada somente a cultura da alface (monocultivo de alface), em um segundo lisímetro foi semeado somente a cultura do rabanete (monocultivo de rabanete) e em um terceiro lisímetro foi cultivado alface e rabanete (consórcio de alface e rabanete), de modo a

reproduzir semelhantemente as condições dos canteiros, sendo a água extraída pelas plantas reposta automaticamente pelo sistema, por capilaridade.

As leituras do volume de água evapotranspirado e reposições de água no tanque de alimentação dos três lisímetros foram realizadas todos os dias, às oito horas da manhã.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pelo método climático, tendo os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente medidos utilizando-se uma estação meteorológica da marca DAVIS instalada no interior do ambiente protegido. O cálculo da ET_o foi obtido pela equação 1 de acordo com a metodologia de Penman-Monteih parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o : evapotranspiração de referência ($mm\ d^{-1}$);

Δ : declividade da curva de pressão de vapor ($kPa^\circ\ C^{-1}$);

Rn : saldo diário de radiação ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$);

G : fluxo diário de calor no solo ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$);

γ : constante psicométrica ($kPa^\circ\ C^{-1}$);

T_{med} : temperatura média diária do ar ($^\circ\ C$);

u_2 : velocidade média diária do vento a 2 m de altura ($m\ s^{-1}$);

e_s : pressão de saturação do vapor d'água média diária (kPa);

e_a : pressão de vapor d'água média diária (kPa).

A declividade da curva de pressão de vapor (Δ) foi obtida pela equação 2.

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(T_{med} + 237,3)^2} \quad (2)$$

A pressão de saturação do vapor d'água média diária (e_s) foi obtida por meio da equação 3.

$$e_s = 0,6108 \exp \frac{17,27 * T_{med}}{T_{med} + 237,3} \quad (3)$$

A constante psicrométrica (γ) foi calculada utilizando a equação 4.

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (4)$$

Em que:

P: pressão atmosférica local (kPa);

λ : calor latente de vaporização (MJ Kg⁻¹)

A pressão atmosférica local (P) foi obtida por meio da equação 5.

$$P = 101,13 \left(\frac{293 - 0,0065 * H}{293} \right)^{5,2568} \quad (5)$$

Em que:

H: altitude local.

O calor latente de vaporização (λ) foi obtido pela equação 6.

$$\lambda = 2,501 - 0,0236 * T_{med} \quad (6)$$

A pressão de vapor d água média diária (e) foi expressa por meio da equação 7.

$$e = \frac{URA * e_s}{100} \quad (7)$$

Em que:

URA: umidade relativa do ar (%).

O fluxo diário G de calor no solo (MJ m⁻²d⁻¹) foi considerado nulo (G = 0), devido à variação de temperatura média do solo de um dia para o outro ser muito pequena. No caso de cálculo para cinco dias ou mais, a variável deverá ser considerada.

O saldo diário de radiação (R_n) foi obtido por meio da equação 8:

$$R_n = B_{oc} + B_{ol} \quad (8)$$

Em que:

B_{oc} : balanço de ondas curtas;

B_{ol} : balanço de ondas longas.

O B_{oc} e o B_{ol} foram obtidos utilizando a equação 9 e 10.

$$B_{oc} = |1 - \alpha| * R_s \quad (9)$$

Em que:

α : albedo;

R_s : radiação solar global.

$$B_{ol} = \left(1,35 * \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35\right) (0,34 - 0,14 * \sqrt{e}) 4,9 \times 10^{-9} (T_{\max}^4 + T_{\min}^4) \frac{1}{2} \quad (10)$$

Em que:

R_{so} : radiação solar para céu limpo.

A radiação solar para céu limpo (R_{so}) foi expressa utilizando a equação 11.

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} H) R_a \quad (11)$$

Em que:

R_a : radiação solar no topo da atmosfera.

A radiação solar no topo da atmosfera (R_a) foi obtida pela equação 12.

$$R_a = 37,60 * d_r * (\omega_s * \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s) \quad (12)$$

Em que:

dr: distância da terra ao sol;

ωs : ângulo horário.

A distância da terra ao sol (dr) foi expressa pela equação 13.

$$dr = 1 + 0,0333 \cos\left(2\pi * \frac{J}{365}\right) \quad (13)$$

Em que:

J: dia Juliano.

O ângulo horário (ωs) foi obtido a partir da equação 14.

$$\omega s = \arccos(-\tan \phi * \tan \delta) \quad (14)$$

Em que:

ϕ : latitude local (radianos);

δ : declinação solar (radianos).

A declividade solar foi obtida utilizando a equação 15:

$$\delta = 0,409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (15)$$

Os coeficientes das culturas (K_c) foram determinados mediante a posse dos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o), de acordo com a equação 16 a seguir:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (16)$$

A cultura da alface em sistema de monocultivo teve seus estádios fenológicos agrupados em períodos de sete dias (SANTANA et al., 2016; SANTOS et al., 2015). E o ciclo da cultura do rabanete em sistema de monocultivo foi dividido em quatro estádios

fenológicos: estágio I = semeadura à germinação; estágio II = desenvolvimento da cultura, estágio III = formação de fruto, e estágio IV = maturação (ALVES et al., 2017; DOORENBOS E PRUITT, 1977). Em relação aos estádios fenológicos do cultivo em consórcio foi considerada as fases da cultura principal, a alface.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sistema de monocultivo, as culturas de alface e rabanete receberam lâminas de água total iguais a 190 mm e 121 mm, respectivamente. Enquanto que no sistema de plantio consorciado de alface e rabanete a lâmina de água total aplicada foi de 170 mm, retratando que o consumo hídrico no sistema consorciado foi inferior ao consumo do monocultivo de alface.

A evapotranspiração da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e a ETC do consórcio de ambas as culturas durante todo período experimental estão apresentadas na Figura 1.

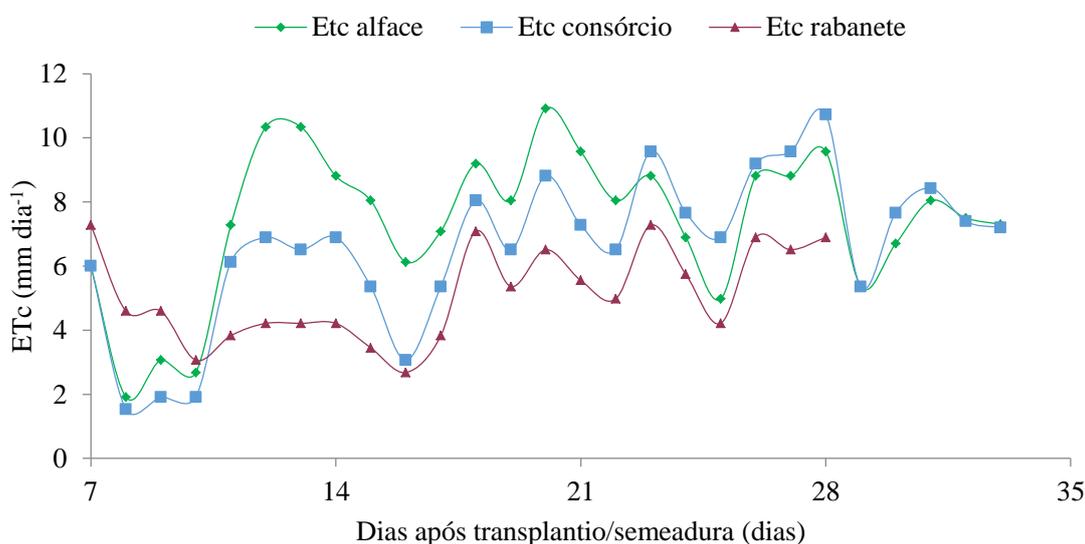


Figura 1 . Comparação da evapotranspiração da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo com consórcio de ambas as culturas em ambiente protegido, Maringá – PR, 2018.

Importante ressaltar que as medições iniciais de ETC para determinação dos coeficientes de uma cultura, estão sujeitas a efeitos de variações sendo indicado realizar um refinamento na fase inicial (ALLEN et al. 1998). Portanto, foram considerados os valores de ETC a partir da verificação da estabilização da cultura da alface após o transplântio e da cultura do rabanete após semeadura.

Nunes et al. (2009) ao determinarem a evapotranspiração da cultura da alface por meio de lisímetros de percolação na região sudoeste do Estado do Paraná verificaram um

consumo total de água de 160 mm durante o ciclo de inverno e 181 mm durante o ciclo de outono.

Slomp et al. (2011) verificaram que a evapotranspiração da cultura do rabanete determinada por meio de tanque classe A na região do Estado de Rio Grande do Sul foi de aproximadamente 90 mm.

A cultura do rabanete no sistema de monocultivo (Figura 1) apresentou os menores valores de ET_c, devido a menor exigência hídrica quando comparada com a alface. No entanto, a cultura da alface no sistema de monocultivo apresentou os maiores valores de ET_c até 24 dias após o transplântio (DAT), retratando que até este período o sistema de cultivo em consórcio apresentou menor demanda hídrica.

No final do ciclo houve uma inversão, os valores ET_c do sistema de consórcio passaram a ser ligeiramente maior do que da alface no sistema de monocultivo. Esse fato pode ter ocorrido em função do desenvolvimento simultâneo da cultura da alface e do rabanete, com conseqüente aumento da área foliar total responsável pela transpiração das culturas. Esse fato também foi observado por Souza et al. (2012) em que a evapotranspiração do milho em consórcio com mucuna-cinza passou a ser maior no final do ciclo.

Observa-se na Figura 1 que os menores valores de evapotranspiração da cultura da alface ocorreram na fase inicial, uma vez que o sistema radicular e a área foliar das plantas são incipientes, sendo a demanda hídrica em função da evaporação de água do solo, da umidade superficial, da demanda evaporativa da atmosfera do que em relação à transpiração pelas plantas (TEIXEIRA et al., 2007).

Os valores de ET_c da alface começaram a aumentar a partir da segunda semana após o transplântio, atingindo o valor máximo 20 DAT (Figura 1), esse fato pode ser justificado devido ao aumento de área foliar das plantas e também em relação as condições climáticas, podendo ser verificado aumento da temperatura média do ar e redução na umidade relativa do ar neste período.

Em relação à cultura do rabanete nota-se (Figura 1) que a ET_c máxima ocorreu durante o estágio III, que compreende a formação dos bulbos. Resultados semelhantes foram observados por Alves et al. (2017) ao determinarem a evapotranspiração da cultura do rabanete através de lisímetria de drenagem em Arapiraca-AL.

As variáveis climáticas que mais afetam a evapotranspiração são: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento (LEMOS FILHO et al.,

2010). Apontar a ação de cada um desses elementos meteorológico no processo de evapotranspiração é difícil, pois agem em conjunto.

Com base nos dados meteorológicos pode-se constatar que o período experimental foi marcado por temperaturas elevadas, tendo valores médios de 31,8; 23,6 e 18,3 ° C para temperatura máxima, média e mínima, respectivamente, conforme apresentado na Figura 4.

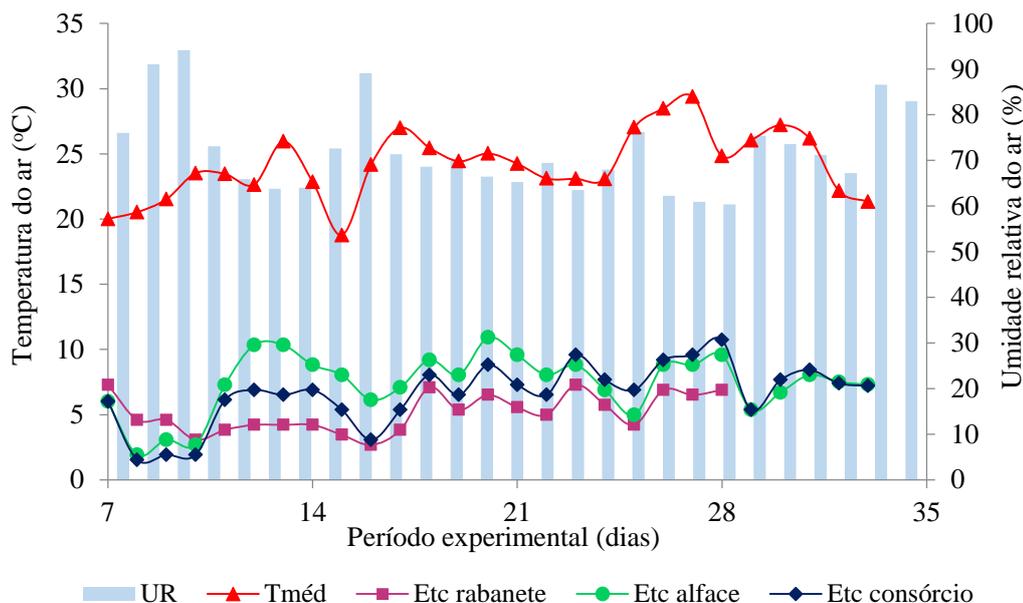


Figura 2. Variação da temperatura média do ar, umidade relativa média do ar e da evapotranspiração das culturas da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido durante o período experimental, Maringá – PR, 2018.

A temperatura adequada ao bom desenvolvimento para a cultura da alface varia de 15 a 25° C (MARTINEZ, 2006) e para o rabanete de 7 a 35° C (MINAMI & NETTO, 1997). No entanto, quando cultivadas em regiões de temperatura e luminosidade elevadas, as hortaliças deixam de desenvolver todo o seu potencial genético (SANTANA et al., 2009).

A temperatura do ar possui relação no processo de evapotranspiração, pois a radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela superfície cultivada aumentam a temperatura do ar. O ar aquecido ao redor das plantas transfere energia para a cultura na forma de fluxo de calor sensível, aumentando as taxas evapotranspiratórias (TEIXEIRA & LIMA FILHO, 2004).

De acordo com Martinez (2006) a umidade relativa do ar ideal para o cultivo de alface é de 60 a 80%. Conforme pode ser verificado na Figura 2 a UR variou de 64 a 94% estando a maior parte do período experimental dentro dos valores desejados.

A umidade relativa do ar pode afetar a evapotranspiração das culturas, pois o aumento da UR reduz a transpiração das plantas, devido à redução do gradiente de concentração de vapor entre a cavidade estomática e o ar adjacente à folha, mediada pelo déficit de saturação de vapor de ar (RIGUI, 2000).

O aumento de temperatura do ar implica em diminuição da umidade relativa do ar, o que representa um aumento no déficit de saturação. Quando há o aumento da temperatura do ar, aumenta o nível energético das moléculas e também a diferença entre a pressão atual de vapor e a pressão de saturação, resultando em maior evapotranspiração. Mais moléculas de água deixam a superfície evapotranspirante e se incorporam ao ar (PEREIRA et al., 1997).

A radiação solar global e a evapotranspiração das culturas apresentam a mesma tendência como pode ser observado na Figura 3.

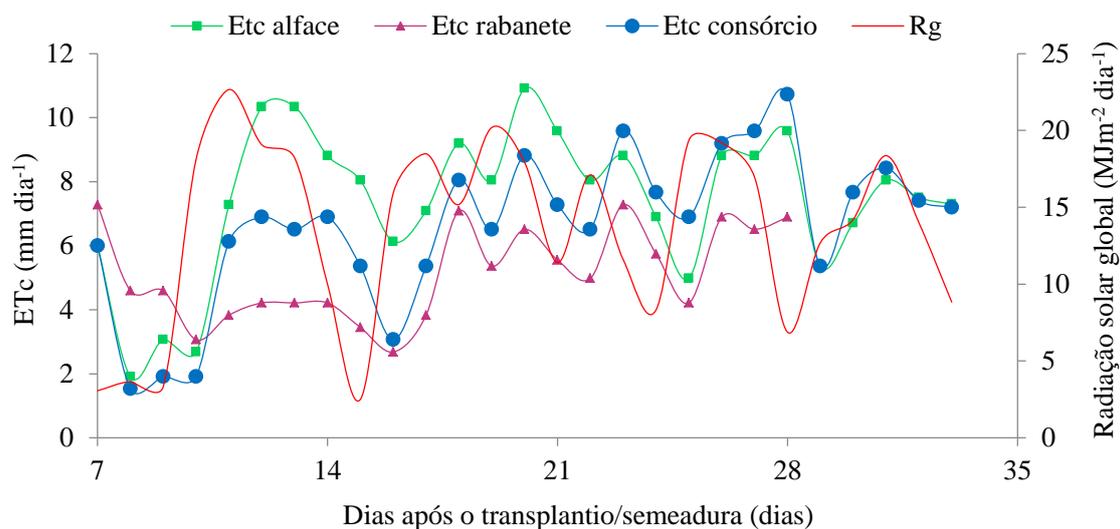


Figura 3. Variação da radiação solar global e da evapotranspiração da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido durante o período experimental, Maringá – PR, 2018.

Em ambientes protegidos a radiação solar é o elemento meteorológico que mais afeta a evapotranspiração das culturas, considerando que é a fonte de energia para as plantas (STANGHELLINI, 1993). Parte da energia é convertida em calor, impulsionando o processo de transpiração e alterando a temperatura dos tecidos vegetais com consequências para os processos metabólicos (JONES, 1992). Entretanto, pode induzir o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, devido à elevação do déficit de saturação do ar no interior da estufa se for fornecida em altos níveis (BAILLE, KITTAS e KATSOULAS, 1994).

A partir da relação entre a ET_c e a ET_o , foram calculados os valores médios de coeficiente da cultura (K_c) da alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio para cada estágio fenológico. Os valores de K_c da alface, como também do rabanete, determinados no presente estudo mostraram-se maiores em relação aos valores recomendados pelo boletim 56 da FAO em todos os estágios fenológicos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos coeficientes da cultura da alface e do rabanete irrigado por gotejamento em ambiente protegido, Maringá-PR, 2018

Estádio	Coeficientes da cultura			
	ALFACE		RABANETE	
	Determinado	FAO	Determinado	FAO
Inicial	0,96	0,70	0,85	0,70
Intermediário	1,85	1,00	1,28	0,90
Final	1,50	0,95	1,10	0,85

Observa-se a ocorrência dos menores valores de K_c no estágio inicial tanto para cultura da alface como para a cultura do rabanete, com o passar do tempo o K_c assumiu valores maiores que 1,0 sendo a ET_c maior que a ET_o , devido ao crescimento vegetativo das culturas.

Allen et al. (1998) afirma que em condições de umedecimento frequente do solo com irrigações ou chuva diária pode resultar em aumento substancial dos valores de K_c no estágio inicial, justificando os valores encontrados no presente estudo para cultura da alface e do rabanete.

No sistema de cultivo consorciado de alface e rabanete os valores médios de coeficientes da cultura foram: 0,94; 1,63 e 1,70 para os estágios inicial, intermediário e final, respectivamente. Nota-se na Figura 1 que os valores de ET_c da alface e do consórcio são menores na fase inicial quando comparado com a cultura do rabanete, esse fato pode ser justificado devido a menor área do solo descoberta, visto que a cultura da alface apresenta-se em maior desenvolvimento. Refletindo, dessa maneira, nos valores inicial de K_c da alface no sistema de monocultivo e consórcio serem semelhantes, pois nessa fase a demanda hídrica do consórcio foi mais influenciada pela alface.

Na fase final o valor médio de K_c do sistema de consórcio é maior em relação ao monocultivo da alface e do rabanete, pois neste período as culturas se apresentavam em pleno

desenvolvimento, com maior área foliar, refletindo na inversão de valores da ETc, que passa a ter um aumento no sistema de consórcio (Figura1).

Esse fato esta em conformidade com os resultados descrito por Bastos et al. (2013), o consórcio de milho com feijão-caupi apresentou valores de Kc superiores ao monocultivo no período de maior desenvolvimento das culturas, devido a maior área foliar e consequentemente aumento da ETc.

Nunes et al. (2009) verificaram que os valores de Kc variaram de 0,8 a 1,4 aproximadamente para a cultura da alface na região sudoeste do Paraná. Santos et al. (2015) ao determinarem o coeficiente de cultura da alface para região de Tangará da Serra – MT observaram valores que variou de 0,6 a 1,4. Santana et al. (2016) obteve valores médios de Kc da cultura da alface que variam de 0,54 a 1,21 para região de Uberaba – MG.

Alves et al. (2017) ao determinarem o coeficiente da cultura do rabanete utilizando lisímetros de drenagem obtiveram os seguintes valores: 0,45 para o estágio inicial, 0,75 para o estágio intermediário e 0,65 para o estágio final.

As divergências relatadas refletem a importância da determinação local de coeficiente da cultura. Além disso, a grande maioria dos trabalhos apresentam valores discrepantes quando comparados aos valores fornecidos como padrão pela FAO. Resultando desta maneira, na subestimativa ou superestimativa da quantidade de água que deve ser reposta no sistema.

Os valores tabelados de Kc pelo boletim 56 da FAO são úteis como um guia geral e para propósitos de comparação, devendo serem utilizadas sempre que possível observações local e considerar a cultivar, as condições climáticas, o solo, o sistema de irrigação e as práticas culturais (LOZANO-MENEZES et al., 2017).

Entretanto, mesmo que a metodologia da FAO no boletim 56 apresente boa acurácia na estimativa da evapotranspiração e coeficientes de ajustes para as diferentes regiões climáticas, atualmente o melhoramento genético e as práticas de cultivo sofreram uma grande evolução, justificando a necessidade de trabalhos regionais atuais para a determinação da evapotranspiração em condições locais, pois o uso de coeficientes gerais podem não refletir as condições de forma real (PEREIRA et al., 2015).

Analisando as informações geradas e disponíveis referente à evapotranspiração e coeficientes de cultivo, é possível verificar a necessidade do uso criterioso destas para planejamento e tomada de decisão. Estas informações podem subsidiar ações governamentais e particulares quanto ao uso dos recursos hídricos na agricultura e políticas de assistência

técnica para otimizar a produção agrícola e conseqüentemente contribuir para a segurança alimentar (ALI & TALUKDER, 2008).

1.4 CONCLUSÕES

1. O cultivo consorciado de alface e rabanete apresentou consumo hídrico inferior ao monocultivo de alface;
2. Os valores determinados de coeficiente da cultura nas condições edafoclimáticas da região Norte do Estado do Paraná foram 0,96; 1,85; 1,50 para a alface; 0,85; 1,28 e 1,10 para o rabanete e 0,94; 1,63 e 1,70 para o consórcio de alface e rabanete, nos estádios inicial, intermediário e final, respectivamente.
3. Os valores de coeficiente da cultura da alface e do rabanete em sistema de monocultivo foram superiores aos valores oficiais da FAO.
4. Estudos regionais permitem a otimização da utilização da água no cultivo de hortaliças.

REFERÊNCIAS

- ALI, M. H.; TALUKDER, M. S. U. Increasing water productivity in crop production-A synthesis. **Agricultural Water Management**, v.95, p.1201-1213, 2008.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, E.S.; LIMA, D.F.; BARRETO, J.A.S.; SANTOS, D.P.; SANTOS, M.A.L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisímetria de drenagem. **Irriga**, Botucatu, v.22, n.1, p. 194-203, 2017.
- BAILLE, M.; KITTAS C, KATSOULAS N. Microclimate and transpiration of greenhouse rose crops. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v.71, n.2, p.83-97, 1994.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; PIAUILINO, J. O.; SILVA, E. M. Coeficiente da cultura. In: AGUIAR NETTO, A.O.; BASTOS, E.A (Editores Técnicos). **Princípios agrônômicos de irrigação**. Brasília: Embrapa, 2013, 262 p
- CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; SILVA, W.A.; SOUZA, W.J.; SOBRINHO, T.A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.112-118, 2006.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 22 maio 2018.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2^a edição. Rome: FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5^a edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018, 356 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3^a edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.

GAO, Y. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip Intercropping. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 111, n. 1, p. 65-73, 2009.

JONES, H.G. **Plants and microclimate**. 2^a edição. Cambridge: University Press. 1992. 429p.

LEMO FILHO, L.C.; CARVALHO, L.G.; EVANGELISTA, A.W.P.; ALVES JÚNIOR, J. Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n.12, p.1294-1303, 2010.

LOZANO-MENEZES, C.S.; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; HACHMANN, T.L.; SANTOS, F.A. S; ANDREAN, A.F.B.A. Estimation of evapotranspiration and crop coefficient of melon cultivated in protected environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.11, p. 758-762, 2017.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete**: Cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argiloso. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p. (Série Produtor Rural, 4).

NUNES, A.L.; BISPO, N.B.; HERNANDEZ, R.H.; NAVARINI, L. Evapotranspiration and crop coefficient of lettuce in the southwest region of the state of Paraná, Brazil. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.397- 402, 2009.

OLIVEIRA, E.Q.; SOUZA, R.J.; CRUZ, M.C.M.; MARQUES, V.; FRANÇA, A. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.1, p. 28-36, 2010.

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, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

RIGHI, E.Z. **Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria, RS**. 2000. 83f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2000.

SANTANA, M.J.; MANCIN, C.A.; RIBEIRO, A.A. Evapotranspiração e coeficientes de cultura para o alface e a rúcula cultivadas em Uberaba-MG. **Revista Inova Ciência e Tecnologia**, Uberaba, n.2, p.7-13, 2016.

SANTOS, E.S.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; MELO, F.S.; FARIA JUNIOR, C. A. Coeficiente de cultura da alface para região de Tangará da Serra, MT. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, p. 566- 577, 2015.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, S. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do Submédio São Francisco - BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.4, n.3, p.1-6, 2009.

SILVA, L. C.; RAO, T. V. R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n.1, p. 128-131, 2006.

SILVA, V.P.R.; TAVARES, A.L.; SOUSA, I.F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p. 255-259, 2013.

SLOMP, J.J.; LEITE, J. A. O.; TRENTIN, A.; LEDESMA, G. S.; CECCHIN, D. Efeito de diferentes níveis de irrigação baseados em frações do tanque classe A sobre a produção de rabanete (*Raphanus Sativus L.*) variedade Crimson Giant. **Perspectiva**, Erechim, v. 35, n.131, p. 99-107, 2011.

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, v.33, n.1, p. 15-22, 2011.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.335, p.295-304, 1993.

TEIXEIRA, A. H. C., BASTIAANSSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the Sao Francisco river basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 94, n. 1-3, p. 31-42, 2007.

TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA FILHO, J. M. P. **Cultivo da Mangueira: Clima. Sistemas de Produção**. 2ª edição. Brasília: EMBRAPA, 2004.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (Editores Técnicos). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. p. 155-203. (Boletim Técnico, 100)

TRINTINALHA, M.A. **Distribuição espacial e estabilidade temporal do armazenamento de água em um Nitossolo, medido utilizando-se a técnica de tdr**. 2005. 126f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2005.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PLANTAS DE ALFACE E RABANETE EM CONSÓRCIO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho das culturas de alface e do rabanete em sistema de monocultivo e consórcio submetidos a diferentes lâminas de água. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, localizado no Centro técnico de irrigação (CTI) pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM) em Maringá – PR. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu de quatro lâminas de água (60, 80, 100 e 120% da ETc) e o segundo fator de dois sistemas de cultivo (monocultivo e consórcio). Para a cultura da alface utilizou-se a cultivar Vanda e para o rabanete foi utilizado o híbrido 19. O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento e o manejo foi efetivado via clima por lisímetros de lençol freático constante. As variáveis avaliadas de ambas as culturas foram: altura de plantas, número de folhas, diâmetro de plantas, massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca do caule, área foliar, produtividade, eficiência na utilização da água, eficiência na utilização da terra. Além disso, foi avaliado também o diâmetro de bulbo, massa fresca do bulbo e massa fresca total da cultura do rabanete. A altura, massa fresca da parte aérea, área foliar e produtividade da cultura da alface, bem como, a massa fresca total, massa fresca do bulbo e produtividade do rabanete aumentaram conforme o incremento das lâminas de água aplicadas. O diâmetro de folhas, massa fresca total, massa fresca do bulbo, massa fresca da parte aérea, diâmetro do bulbo e produtividade do rabanete foi superior no consórcio. A eficiência da utilização da água das culturas da alface e do rabanete foi superior no monocultivo. O índice uso eficiente da superfície da terra foi superior no sistema de consórcio.

Palavras-chave: Eficiência na utilização da água. Gotejamento. Produtividade. Uso eficiente da superfície da terra.

ABSTRACT: AGRONOMIC PERFORMANCE OF LETTUCE AND RADISH PLANTS IN INTERCROPPING UNDER DIFFERENT WATER DEPTHS IN PROTECTED ENVIRONMENT

The objective of this work was to evaluate the performance of lettuce and radish crops in a monoculture and intercropping system submitted to different water depths. The experiment was conducted in a protected environment, located at the Irrigation Technical Center (CTI) belonging to the Maringá State University (UEM) in Maringá - PR. The experimental design was randomized blocks in a 4 x 2 factorial scheme with four replications. The first factor consisted of four water slides (60, 80, 100 and 120% of ETc) and the second factor of two cultivation systems (monoculture and intercropping). For the lettuce crop the cultivar Vanda was used and for the radish the hybrid 19 was used. The irrigation system used was drip and the management was effected via climate by constant water table lysimeters. The evaluated variables of both crops were: plant height, number of leaves, plant diameter, shoot fresh and dry mass, root dry mass, stem dry mass, leaf area, yield, water use efficiency, efficiency in land use. In addition, bulb diameter, bulb fresh mass and total fresh mass of radish crop were also evaluated. Height, shoot fresh mass, leaf area and lettuce crop yield, as well as total fresh mass, bulb fresh mass and radish yield increased as the applied water depth increased. Leaf diameter, total fresh mass, bulb fresh mass, shoot fresh mass, bulb diameter and radish yield were higher in the intercropping. Water efficiency of lettuce and radish crops was higher in monoculture. The efficient land use rate was higher in the consortium system.

Keywords: Water use efficiency. Water use efficiency. Drip. Productivity.

2.1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a hortaliça folhosa mais consumida no mundo. No Brasil, figura entre as principais hortaliças, no que se refere à produção, a comercialização e ao valor nutricional (OLIVEIRA et al., 2010). A alface é a terceira hortaliça de maior produção no Brasil, perdendo apenas para melancia e tomate, tendo uma produção de mais de 1,5 milhões de toneladas ao ano (ABCSEM, 2016).

A produção brasileira de rabanete (*Raphanus Sativus* L.) é de aproximadamente 9.000 toneladas, cultivadas em cerca de 6.000 estabelecimentos agropecuários, sendo a produção concentrada a maior parte na região sul e sudeste (IBGE, 2017). Apesar de ser uma cultura de pequena importância em termos de área plantada, possui boa viabilidade financeira e vem ganhando destaque entre os olericultores podendo ser usado como cultura intercalar (PELLOSO et al., 2012).

Nos últimos anos foi verificado um crescente consumo de hortaliças, devido a maior conscientização da população por uma dieta alimentar mais rica e saudável. Diante disso, surge necessidade do desenvolvimento de sistemas de cultivo de hortaliças que assegure o equilíbrio do ambiente e seus recursos naturais, ampliando, desta maneira, o desafio em gerar soluções e práticas culturais ambientalmente desejáveis (TAVELLA et al., 2010).

O cultivo consorciado apresenta-se como um modelo sustentável de produção no Brasil, sendo amplamente empregado no cultivo de hortaliças, em áreas que sofrem intenso manejo e exposição do solo; uso intensivo de defensivos agrícolas, fertilizantes e irrigação; áreas com dificuldade no controle de plantas invasoras, entre outras práticas culturais que proporcionam considerável impacto ambiental (OLIVEIRA et al., 2010).

O consórcio de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas na mesma área em um mesmo período de tempo, sendo que não necessariamente tenham sido semeadas e colhidas juntas (PINTO et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012).

A interação entre as culturas em um sistema consorciado pode resultar em aumento de produtividade por unidade de área cultivada; melhor aproveitamento da mão de obra; maior eficiência do uso dos recursos disponíveis solo, água, luz e nutrientes; redução de plantas invasoras, pragas e doenças (SEDIYAMA et al., 2014). Além disso, o cultivo consorciado contribui para a estabilidade da atividade rural, garantindo colheitas escalonadas e proporcionando renda adicional ao produtor (CUSTÓDIO et al., 2015).

Foram avaliados os consórcios de hortaliças, como alface e rúcula (ALMEIDA et al., 2015), brócolis e alface (OHSE et al., 2012), beterraba e couve-chinesa (MELO et al., 2015), rabanete e alface (CUSTODIO et al., 2015), porém não há nenhum registro específico sobre o desempenho agrônômico dessas culturas no cultivo consorciado em relação ao consumo hídrico.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de dois sistemas de cultivo, o monocultivo e o consórcio das culturas de alface e rabanete, submetidos a diferentes lâminas de água em ambiente protegido.

2.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI), órgão vinculado ao Departamento de Agronomia (DAG) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) no município de Maringá - PR (23°25'S e 51°57'O com 542 m de altitude), cujo clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical (CAVIGLIONE et al., 2000; ALVARES et al., 2014).

O ambiente protegido que foi utilizado possui 25 m de comprimento, 7 m de largura, 3,5 m de pé direito, construído no sentido Norte-sul com teto em arco, coberto com filme de polietileno de 150 µm de espessura e com tela branca antiafídeo nas laterais.

As condições ambientais, com relação a temperaturas mínimas e máximas do ar e umidade relativa do ar ocorrida durante o período experimental, foram obtidas por meio de uma estação meteorológica da marca DAVIS instalada no interior do ambiente protegido.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu de quatro lâminas de água, L60 = 60% x ETc, L80 = 80% x ETc, L100 = 100% x ETc, L120 = 120% x ETc e o segundo fator de dois sistemas de cultivo, monocultivo alface/rabanete (MA/MR) e consórcio alface e rabanete (CAR). Combinando as lâminas de água com os sistemas de cultivo, as culturas foram submetidas a oito tratamentos sendo: MA-L60, MA-L80, MA-L100, MA-L120, CAR-L60, CAR-L80, CAR-L100, CAR-L120 para alface e MR-L60, MR-L80, MR-L100, MR-L120, CAR-L60, CAR-L80, CAR-L100, CAR-L120 para o rabanete.

A classe de solo da área experimental é Nitossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2018). A análise química do solo na camada de 0 – 0,20 m da área experimental esta apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo na camada de 0 – 0,20 m da área experimental

pH CaCl ₂	pH SMP	M.O (g dm ³)	C (g dm ³)	P (mg dm ³)	K (cmol _c dm ³)	Ca ⁺² (cmol _c dm ³)
6,2	6,9	15,00	8,70	75,47	0,42	7,43
Mg ⁺² (cmol _c dm ³)	Al ⁺³ (cmol _c dm ³)	H ⁺ Al ⁺³ (cmol _c dm ³)	SB (cmol _c dm ³)	CTC (cmol _c dm ³)	V (%)	B (mg dm ³)
2,27	0,00	2,47	30,12	10,12	80,38	0,32
Cu (mg dm ³)	Zn (mg dm ³)	Fe (mg dm ³)	Mn (mg dm ³)			
16,80	11,88	102,42	124,86			

Para o preparo do solo foi realizado o revolvimento com auxílio de enxada rotativa e posteriormente construído 48 canteiros com 3,0 m de comprimento e 0,60 m de largura. A adubação de base foi realizada a partir de interpretação dos resultados da análise de solo e as recomendações de Trani (1996).

A adubação de base para a cultura da alface foi de 32 g m² de nitrogênio (N), 200 g m² de fósforo (P₂O₅), 18 g m² de cloreto de potássio (K₂O) e 0,36 g m² de boro (B). Para a cultura do rabanete 24 g m² de N, 200 g m² de P₂O₅, 18 g m² K₂O e 0,72 g m² de B. O consórcio recebeu a adução com base na exigência da cultura principal (alface).

A adubação de cobertura para a cultura da alface foi realizada aos 9 e 21 dias após o transplântio (DAT) sendo aplicados 23 g m² de N em cada um nestes períodos. Para o rabanete houve a aplicação de 10 g m² de N aos 14 dias após a semeadura (DAS).

A cultivar de alface utilizada foi a Vanda, caracterizada por possuir adaptações às condições tropicais. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido, de 200 células, contendo substrato de fibra de coco e mantidas em casa de vegetação até o momento do transplântio, quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas. A semeadura do rabanete híbrido 19 foi realizada no mesmo dia do transplântio da alface, efetuando-se o raleio quando as plantas atingiram 0,05 m de altura.

A cultura da alface foi disposta no espaçamento de 0,30 x 0,25 m e a cultura do rabanete em 0,15 x 0,05 m (FILGUEIRA, 2012). Cada canteiro correspondeu a uma parcela experimental, os tratamentos de sistema de cultivo consorciados foram arranjados com duas linhas de 12 plantas de alface nas extremidades do canteiro e uma linha com 60 plantas de rabanete na parte central. Os tratamentos em sistema de monocultivo foram compostos por duas linhas com 12 plantas de alface por canteiro e duas linhas com 60 plantas de rabanete por canteiro.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, contendo em cada canteiro uma saída dupla para duas linhas laterais, constituídas de tubos gotejadores de polietileno com diâmetro de 16 mm, com 12 gotejadores autocompensantes e vazão de 2,1 L h⁻¹, espaçados em 0,20 m, operando a uma pressão de 10 mca.

A evapotranspiração das culturas (ETc) foi determinada utilizando três lisímetros de lençol freático constante instalados no interior do ambiente protegido, sendo que em um dos lisímetros foi transplântada somente a cultura da alface, no segundo lisímetro foi semeada somente a cultura do rabanete e no terceiro lisímetro foram transplântadas ambas as culturas em cultivo consorciado, de modo que os três lisímetros reproduzissem semelhantemente as

condições de cada tratamento nos canteiros, tendo a água extraída pelas plantas repostas automaticamente pelo sistema do lisímetro por capilaridade. As leituras do volume de água evapotranspirado e reposições de água foram realizadas diariamente, às oito horas da manhã.

Não foi necessário realizar nenhum trato cultural para o controle de pragas e doenças durante o período experimental, somente o controle de plantas daninhas por capina manual.

A colheita da cultura da alface foi realizada 35 DAT, para avaliação final foram medidas na área experimental a altura de plantas (cm) e o diâmetro de plantas (cm), utilizando régua graduada. Posteriormente foram retiradas quatro plantas da área útil da parcela experimental, cortando-se o caule das plantas na região rente ao solo. Após a colheita as plantas foram levadas para laboratório, nos quais foram mensuradas as seguintes características: número de folhas; massa fresca da parte aérea (g), utilizando-se balança digital; massa seca da parte aérea, massa seca do caule e massa seca das raízes (g), utilizando-se estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65° C até atingir peso constante; área foliar (cm² planta⁻¹), utilizando-se integrador modelo LI-3100 e produtividade (kg m⁻²).

Em relação à cultura do rabanete, foi realizada a colheita 28 DAS sendo avaliadas as características de produção, como: altura de planta (cm), utilizando-se régua graduada; diâmetro de folhas (cm), utilizando régua graduada; número de folhas; massa fresca da parte aérea (g), massa fresca do bulbo (g) e massa fresca total (g), utilizando-se balança digital; massa seca da parte aérea (g), massa seca do bulbo (g) e massa seca do caule (g) utilizando-se estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65° C até atingir peso constante; diâmetro de bulbo (mm), utilizando paquímetro digital; produtividade (kg m⁻²) e área foliar (cm² planta⁻¹), utilizando-se integrador modelo LI-3100.

A eficiência da utilização da água (EUA), em kg m⁻³, para os monocultivos de alface e rabanete e para o consórcio foram obtidas utilizando a equação 1 a seguir:

$$EUA = \frac{Y}{Li} \quad (1)$$

Em que:

Y = produtividade da(s) cultura(s) (kg m⁻²);

Li = lâmina de água aplicada (mm).

Para o cálculo do índice de uso eficiente da superfície da terra (UET), em função dos sistemas de cultivo, foi utilizada a equação proposta por Willey (1979):

$$UET = \frac{Y_{ar}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ra}}{Y_{rr}} \quad (2)$$

Em que:

Y_{ar} = produtividade da alface em consórcio com o rabanete (kg m^{-2});

Y_{ra} = produtividade do rabanete em consórcio com a alface (kg m^{-2});

Y_{aa} = produtividade da alface em monocultivo (kg m^{-2});

Y_{rr} = produtividade do rabanete em monocultivo (kg m^{-2}).

Após tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo que os efeitos individuais dos tratamentos e as interações entre os fatores foram comparados pelo teste de Tukey e análise de regressão ao nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico SISVAR, versão 5.4 (FERREIRA, 2014).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Cultura da alface

Na análise de variância das características de produção da cultura da alface (Tabela 2), verifica-se que não houve interação entre os fatores lâmina de água e sistema de cultivo para nenhuma das variáveis estudadas. O fator lâmina de água quando estudado isoladamente apresentou efeito para altura de plantas, massa fresca da parte aérea, massa seca da raiz, área foliar, produtividade e eficiência na utilização de água. Em relação ao fator sistema de cultivo foi possível verificar significância para a massa fresca da parte aérea e produtividade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os resultados de altura de planta (ALT), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), área foliar (AF), produtividade (PROD) e eficiência da utilização da água (EUA) da cultura da alface em função dos sistemas de cultivos e de lâminas de água, Maringá – PR, 2018

Fonte de variação	GL	Pr>Fc					
		ALT (cm)	DP (cm)	NF -	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)
Lâmina (A)	3	0,0111 [*]	0,1101 ^{ns}	0,4083 ^{ns}	0,0024 [*]	0,1212 ^{ns}	0,0284 [*]
Sistema (B)	1	0,4055 ^{ns}	0,4440 ^{ns}	0,3109 ^{ns}	0,0083 [*]	0,1526 ^{ns}	0,9713 ^{ns}
A*B	3	0,1046 ^{ns}	0,0853 ^{ns}	0,7088 ^{ns}	0,4056 ^{ns}	0,3157 ^{ns}	0,1324 ^{ns}
Bloco	3	0,6522 ^{ns}	0,8129 ^{ns}	0,6903 ^{ns}	0,5372 ^{ns}	0,4121 ^{ns}	0,0492 [*]
CV (%)		7,86	8,44	11,49	15,74	15,74	28,88

Fonte de variação	GL	Pr>Fc			
		MSC (g)	AF (cm ²)	PROD (kg m ⁻²)	EUA (kg m ⁻³)
Lâmina (A)	3	0,3782 ^{ns}	0,0035 [*]	0,0024 [*]	0,0021 [*]
Sistema (B)	1	0,3620 ^{ns}	0,5173 ^{ns}	0,0083 [*]	0,3719 ^{ns}
A*B	3	0,2617 ^{ns}	0,0946 ^{ns}	0,4056 ^{ns}	0,2885 ^{ns}
Bloco	3	0,2867 ^{ns}	0,7367 ^{ns}	0,5372 ^{ns}	0,6382 ^{ns}
CV (%)		20,36	14,11	15,74	16,97

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; ^{*} - significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; GL- graus de liberdade, CV- coeficiente de variação.

As variáveis altura de planta, massa fresca da parte aérea, área foliar e produtividade da cultura da alface foram influenciadas significativamente pelas lâminas de água aplicadas, sendo possível ajustar modelos de regressão linear crescente, ao nível de 5% de probabilidade para cada uma delas (Figuras 1).

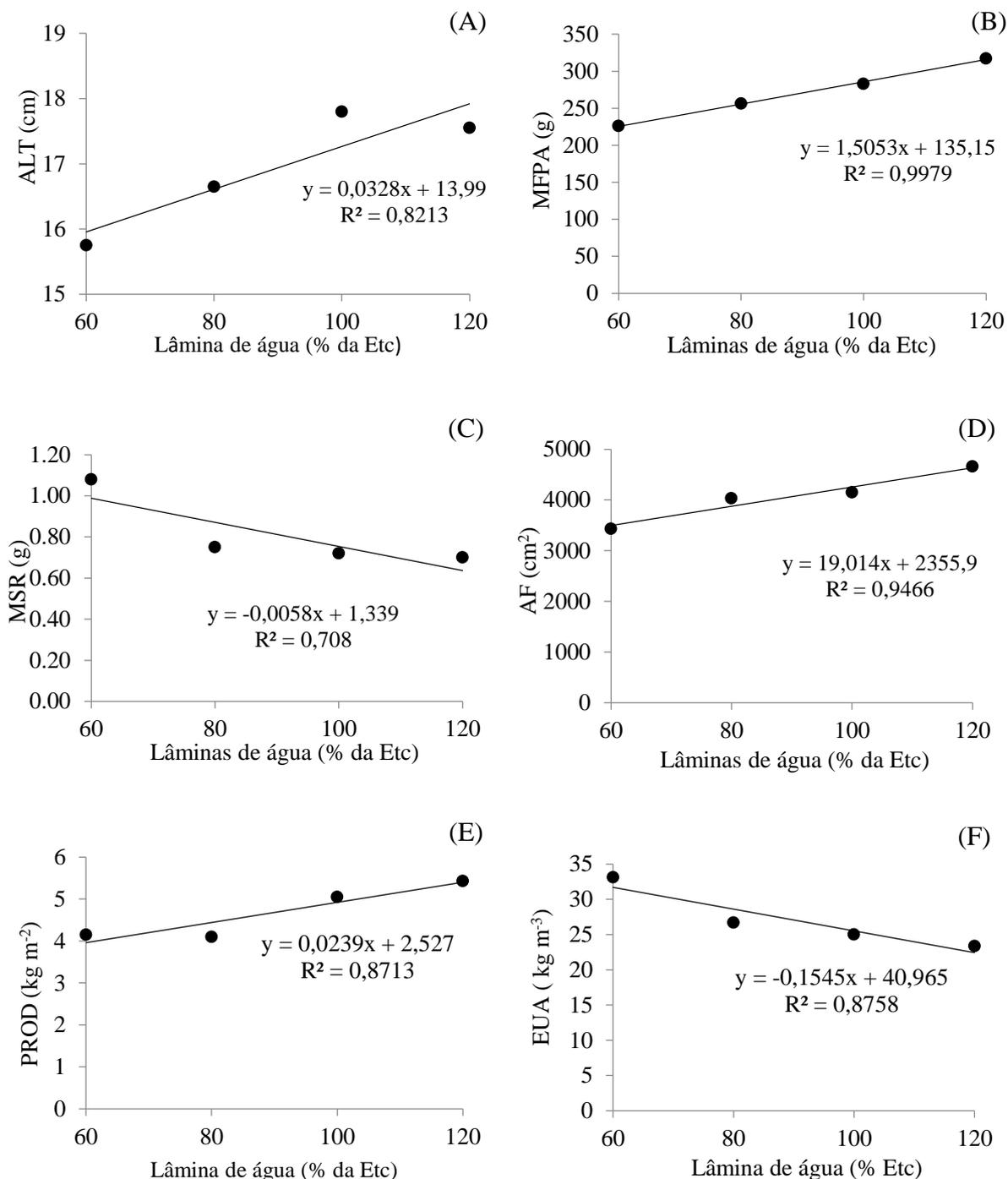


Figura 1. Características da cultura da alface: altura de plantas (A), massa fresca da parte aérea (B), massa seca da raiz (C), área foliar (D), produtividade (E) e eficiência da utilização da água (F) em função das lâminas de água, Maringá-PR, 2018.

A massa seca de raiz e a eficiência da utilização da água também foram influenciadas pelas lâminas de água aplicadas, porém foi possível ajustar modelos de regressão linear decrescente significativo ao nível de 5 % de probabilidade (Figura 1 C e F).

Conforme o aumento da aplicação de lâminas de água verificou a elevação da altura de plantas de alface (Figura 1 A). Resultados semelhantes foram encontrados por Magalhães

et al. (2015) quando aplicaram lâminas de irrigação variando de 50 a 125% da ETc, pois observaram efeito linear crescente sobre a altura das plantas de alface cultivar Rapids e Mônica.

O aumento das lâminas de água proporcionou aumento linear da massa fresca da parte aérea (Figura 1 B). Na lâmina de água referente a 120% da ETc ocorreu o maior acúmulo de biomassa, valor médio de 317,28 g, correspondendo ao incremento de 70% em relação a menor lâmina de água aplicada. Araújo et al. (2010) e Magalhães et al. (2015) observaram resultados semelhantes aplicando diferentes lâminas de irrigação na cultura da alface. As plantas tendem a diminuir o tamanho das folhas para evitar maior perda de água por transpiração quando submetidas à situação de déficit hídrico, refletindo conseqüentemente na redução da massa das plantas (FLOSS, 2004).

O sistema de cultivo também influenciou a massa fresca da parte aérea da alface, sendo possível observar que no monocultivo a MFPA apresentou valor médio de 292,84 g superando o sistema de consórcio que foi de 248,91 g. Provavelmente o sistema de monocultivo propiciou bom desenvolvimento para a cultura da alface, dado pela redução da competição entre plantas.

O valor médio de diâmetro das plantas de alface foi de 37,13 cm, essa característica apresenta grande importância, pois é usualmente utilizada como indicativo de seleção no momento da compra do produto (LIMA JUNIOR et al., 2012). Além disso, Sala & Costa (2012) afirmam que o DP apresenta informações quanto ao acondicionamento das plantas para o transporte em caixas plásticas ou de madeira.

Quanto ao número de folhas foi verificado o valor médio de 37 folhas por planta de alface, diferindo do valor encontrado por Vilas Boas et al. (2007) ao avaliarem o efeito de lâminas de água sobre o desenvolvimento de alface crespa que foi de 22 folhas por planta, porém deve-se considerar que o NF é uma característica que pode ser afetada pela cultivar utilizada e pelas condições experimentais e edafoclimáticas.

A massa seca da parte aérea da alface apresentou valor médio de 13,69 g. Oliveira et al. (2010) avaliando o consórcio de alface e rúcula não observaram diferença significativa da MSPA entre os sistemas de cultivo, fato este semelhante ao presente estudo.

Em relação à massa seca da raiz, verifica-se que o aumento das lâminas de água proporcionaram redução da MSR, sendo o maior valor observado na lâmina referente a 60% da ETc (Figura 1 C), possivelmente os tratamentos que receberam menor quantidade de água

estimulou a expansão e crescimento do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Observa-se na Figura 2 D que a área foliar da cultura da alface aumentou conforme a elevação das lâminas de água. Taiz & Zeiger (2004) afirmam que a limitação na área foliar pode ser considerada como uma primeira reação das plantas em relação ao déficit hídrico, pois afeta o alongamento das células, fazendo com que seja formada a parede celular secundária, caracterizando o tamanho definitivo (RAVEN et al. 2001).

A Figura 1 F indica que EUA reduziu linearmente com o aumento da lâmina de água, com valores que variam entre 33,12 e 23,38 kg m⁻³. Retratando desta maneira, que para produzir 1 kg de folha fresca de alface é necessário um volume de água que varia de 30 a 43 litros. Resultado semelhante foram observados por Magalhães et al. (2015) que ao aplicarem lâminas de água entre 50 a 125 % da ETc na cultura da alface tipo crespa cultivada a céu aberto, verificaram redução linear do EUA de 12,5 para 8,9 kg m⁻³.

Lima Júnior et al. (2012) observaram redução linear da EUA de 96,29 para 13,12 kg m⁻³ ao aplicarem lâminas de água variando de 30 a 150% da ETc em alface tipo americana cultivada em ambiente protegido.

O aumento das lâminas de água proporcionou aumento linear da produtividade (Figura 1 E). A maior PROD observada foi de 5,43 kg m⁻² obtido com a aplicação da lâmina referente a 120% da ETc correspondendo ao incremento de 75% em relação a lâmina de 60% da ETc.

O sistema de cultivo também influenciou a PROD da cultura da alface, sendo possível observar que no monocultivo a PROD foi em média de 4,68 kg m⁻² superando o sistema de consórcio que foi de 3,98 kg m⁻². Bezerra Neto et al. (2003) avaliaram o desempenho de cenoura e alface em sistema de consórcio e concluíram que a produtividade da alface foi maior em monocultivo. Esses autores afirmam que a redução da produtividade no sistema de consórcio se deve provavelmente a uma maior competição intraespecífica, relacionada ao maior adensamento das plantas, como também maior competição interespecífica que pode ser causada pelo sombreamento.

Quanto ao índice de uso eficiente da superfície da terra (UET) no sistema de cultivo consorciado de alface com rabanete verificou-se valor de 2,56 sendo superior a 1, indicando que no sistema em consórcio ocorreu melhor aproveitamento dos recursos ambientais, comparado com o monocultivo de alface. Correspondendo a produção de 156 % a mais de

alface e rabanete em um metro quadrado de consórcio em relação à mesma área em sistema de monocultivo.

2.3.2 Cultura do rabanete

O resumo da análise de variância das características de produção da cultura do rabanete esta apresentada na Tabela 3. Foi verificada interação entre os fatores lâminas de água e sistema de cultivo para massa fresca total, massa fresca da parte aérea e diâmetro de bulbo. O fator lâmina de água quando estudado isoladamente apresentou significância para massa fresca total, massa fresca do bulbo, diâmetro de bulbo, produtividade e eficiência na utilização de água. Quanto ao fator sistema de cultivo, verificou-se efeito para diâmetro de folhas, massa fresca total, massa fresca do bulbo, massa fresca da parte aérea, diâmetro de bulbo, produtividade e eficiência na utilização da água.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os resultados de altura de planta (ALT), diâmetro de folhas (DF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do bulbo (MSB), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF), massa fresca total (MFT), massa fresca do bulbo (MFB), massa fresca da parte aérea (MFPA), diâmetro de bulbo (DB), produtividade (PROD) e eficiência da utilização da água (EUA) da cultura do rabanete em função dos sistemas de cultivos e de lâminas de água, Maringá – PR, 2018

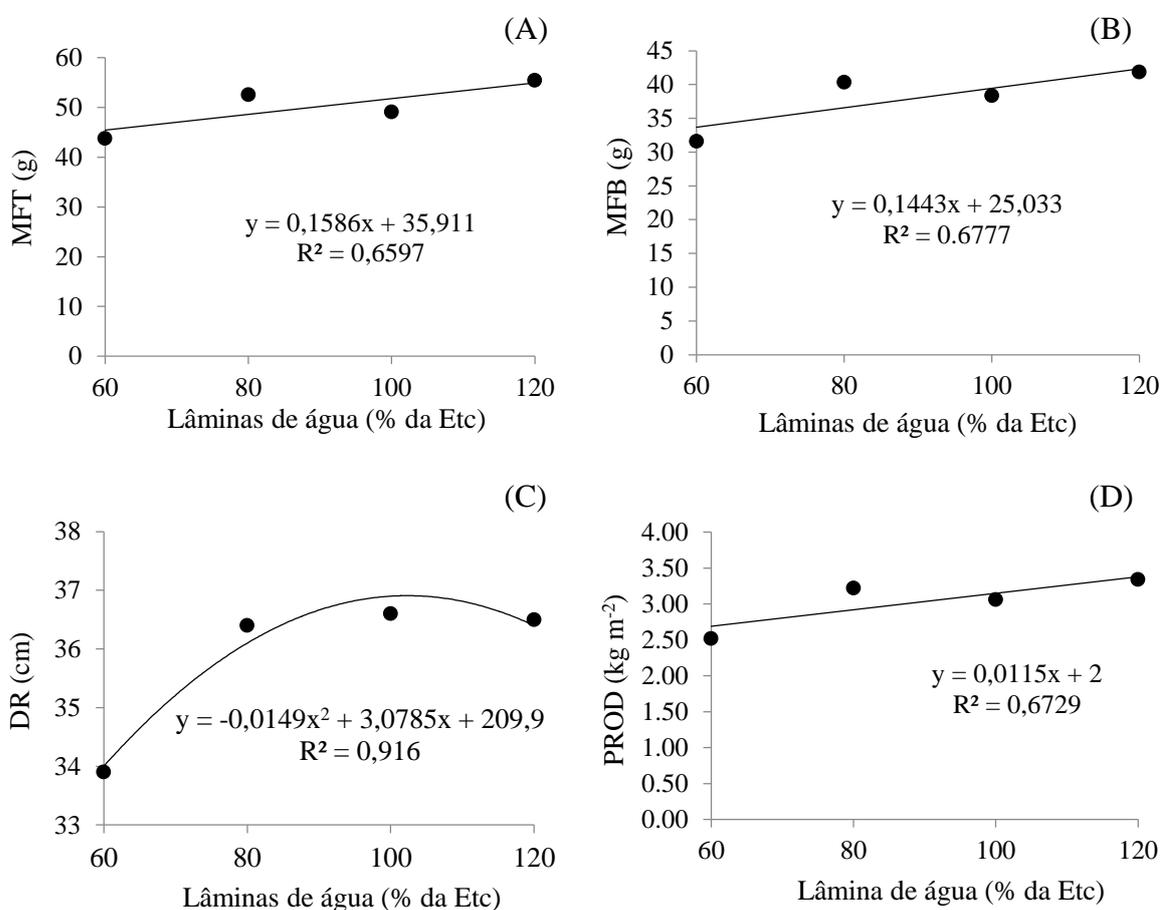
Fonte de variação	Pr>Fc							
	GL	ALT (cm)	DF (cm)	NF -	MSPA (g)	MSR (g)	MSC (g)	AF (cm ²)
Lâmina (A)	3	0,4627 ^{ns}	0,8038 ^{ns}	0,3862 ^{ns}	0,3789 ^{ns}	0,2926 ^{ns}	0,7008 ^{ns}	0,0835 ^{ns}
Sistema (B)	1	0,0700 ^{ns}	0,0210 [*]	0,8995 ^{ns}	0,7780 ^{ns}	0,5077 ^{ns}	0,3855 ^{ns}	0,6832 ^{ns}
A*B	3	0,9578 ^{ns}	0,7084 ^{ns}	0,8098 ^{ns}	0,2527 ^{ns}	0,1742 ^{ns}	0,1017 ^{ns}	0,0514 ^{ns}
Bloco	3	0,0685 ^{ns}	0,8893 ^{ns}	0,0085 [*]	0,0519 ^{ns}	0,0212 [*]	0,4247 ^{ns}	0,0740 [*]
CV (%)		19,02	13,06	20,77	21,79	24,61	29,62	19,32

Fonte de variação	Pr>Fc						
	GL	MFT (g)	MFB (g)	MFPA (g)	DB (mm)	PROD (kg m ⁻²)	EUA (kg m ⁻³)
Lâmina (A)	3	0,0129 [*]	0,0036 [*]	0,2044 ^{ns}	0,0021 [*]	0,0036 [*]	0,0000 [*]
Sistema (B)	1	0,0014 [*]	0,0009 [*]	0,0012 [*]	0,0107 [*]	0,0008 [*]	0,0170 [*]
A*B	3	0,0376 [*]	0,1188 ^{ns}	0,0305 [*]	0,0034 [*]	0,1189 ^{ns}	0,1677 ^{ns}
Bloco	3	0,2429 ^{ns}	0,1222 ^{ns}	0,1900 ^{ns}	0,3570 ^{ns}	0,1222 ^{ns}	0,0834 ^{ns}
CV (%)		13,29	13,57	14,33	3,83	13,57	13,19

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; ^{*} - significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F; GL- graus de liberdade; CV- coeficiente de variação.

As variáveis massa fresca total, massa fresca do bulbo e produtividade da cultura do rabanete foram influenciadas pelas lâminas de água aplicadas, sendo possível ajustar modelos de regressão linear crescente significativo ao nível de 5% de probabilidade para cada uma delas, conforme apresentado nas Figuras 2 A, B e D, respectivamente.

O diâmetro de bulbo do rabanete foi influenciado pelas lâminas de água, ajustando-se um modelo de regressão quadrático significativo ao nível de 5% de probabilidade (Figura 2 C). As lâminas de água influenciaram a eficiência da utilização da água do rabanete, sendo ajustado um modelo de regressão linear decrescente ao nível de 5% de significância (Figura 2 E).



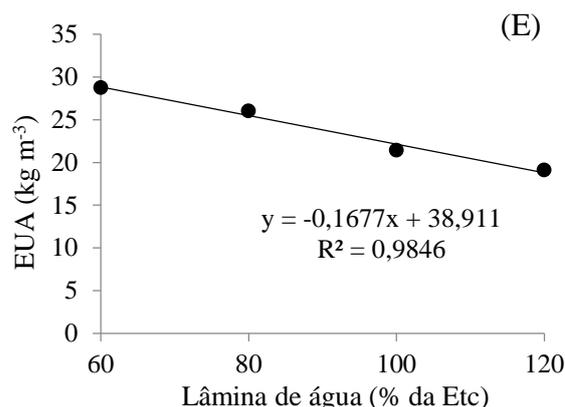


Figura 2. Características da cultura do rabanete: massa fresca total (A), massa fresca do bulbo (B), diâmetro de bulbo (C), produtividade (D) e eficiência da utilização da água (E) em função das lâminas de água, Maringá-PR, 2018.

O diâmetro das folhas do rabanete foi influenciado pelo sistema de cultivo, sendo que o consórcio apresentou valor médio de 35,84 cm superando o monocultivo com 31,93 cm, provavelmente esse fato foi devido a maior densidade de plantio, gerando competição por luz e conseqüentemente induzindo o crescimento de folhas da cultura do rabanete.

Verifica-se na Figura 2 A que o aumento das lâminas de água proporcionou aumento da massa fresca total da cultura do rabanete. Quanto ao sistema de cultivo também houve influência na MFT, sendo que o sistema de consórcio apresentou valor médio de 54,53 g superando o monocultivo que foi de 45,85 g, indicando dessa maneira que as plantas em sistema de consórcio tiveram boa adaptabilidade, apresentando eficiência na absorção de água, nutrientes e CO₂.

A MFT da cultura do rabanete apresentou diferença significativa para a interação entre os fatores lâminas de água e sistema de cultivo, indicando que os fatores agem de modo dependente sobre esta variável. Na tabela 4, apresenta-se a análise de variância do desdobramento da interação lâmina de água e sistema de cultivo para estudar o efeito das lâminas de água dentro de cada sistema de cultivo referente à MFT.

Tabela 4. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo referente à massa fresca total do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	SISTEMA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
Lâmina	Consórcio	3	758,95	252,98	0,0050*
Lâmina	Monocultivo	3	301,04	100,34	0,1102 ^{NS}
Resíduo		21	933,87	44,47	

Observa-se na Tabela 4 que há efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, sendo possível ajustar um modelo de regressão linear (Figura 3).

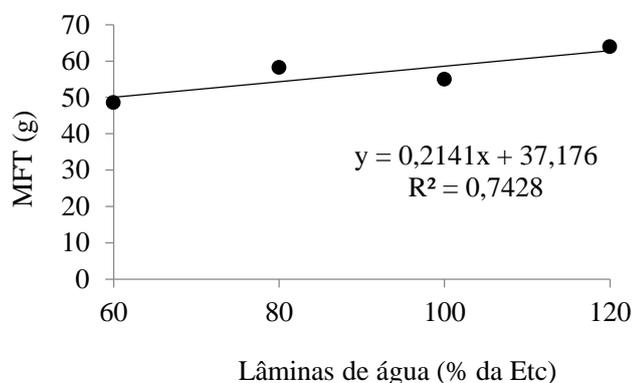


Figura 3. Massa fresca total do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, Maringá-PR, 2018.

É possível verificar na Figura 3 que no sistema de consórcio condições de déficit hídrico proporcionam redução da MFT da cultura do rabanete, indicando que as plantas apresentam maior competição por água quando há redução da disponibilidade hídrica no sistema de consórcio.

A competição se inicia quando há a existência de mais de uma espécie de planta em busca do mesmo recurso em uma mesma área, sendo que a competição por água pode influenciar na produção de biomassa da planta, na fotossíntese e também na taxa transpiratória (RAJCAN & SWATON, 2001).

A análise de variância do desdobramento da interação sistema e lâmina esta apresentada na Tabela 5 para estudar o efeito dos sistemas de cultivo dentro de cada lâmina de água, referente à MFT.

Tabela 5. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água para a massa fresca total do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	LÂMINA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
sistema	60	1	188,95	188,95	0,0519 ^{NS}
sistema	80	1	263,58	263,58	0,0239*
sistema	100	1	23,83	23,83	0,4722 ^{NS}
sistema	120	1	257,64	576,64	0,0017*
Resíduo		21	933,97	44,47	

Nota-se na Tabela 5 efeito significativo do sistema de cultivo para a lâmina de 80 e 120% da ETc, para ambas as lâminas a MFT do sistema de consórcio superou o monocultivo. Retratando que em condições de baixo estresse hídrico, como também em condições de maior disponibilidade de água o sistema de consórcio proporciona maior desenvolvimento da cultura do rabanete quando comparado ao monocultivo.

A massa fresca do bulbo do rabanete aumentou com a elevação das lâminas de água (Figura 2 B). Na lâmina referente a 120% de ETc o valor médio da MFB foi de 41,85 g resultando em um aumento de 75% em relação a menor lâmina de água aplicada. Resultados semelhantes foi encontrado por Lacerda et al. (2017) ao avaliarem as características produtivas do rabanete sob o efeito de lâminas de água que variaram de 50 a 125% da ETc.

O sistema de cultivo também influenciou a MFB de rabanete, sendo que o consórcio apresentou valor médio 41,57 g superando o monocultivo com 34,48 g. Resultados semelhantes foram observados por Salgado et al. (2006) pois a massa fresca do bulbo do rabanete e da raiz da cenoura em consórcio com alface crespa, como também com alface lisa, apresentaram valores superiores ao monocultivo. Ressaltando-se ainda, que os valores médios de MFB do rabanete encontrados no presente estudo foram próximos dos valores observados por esses autores, pois a MFR para o sistema de consórcio de alface com rabanete foi de 43,8 g e 35,2 g para o monocultivo de rabanete.

A massa fresca da parte área do rabanete foi influenciada somente pelo sistema de cultivo, sendo que o sistema de consórcio (13,05 g) foi superior estatisticamente o sistema de monocultivo (10,78 g).

Esses resultados de MFB e MFPA implicam que o sistema de consórcio apresenta maior potencial de acúmulo de massa quando comparado ao monocultivo. Provavelmente esse fato tenha ocorrido devido a maior eficiência da utilização dos recursos, sendo estes água, luz e nutrientes, tanto em relação à parte área quanto na região do sistema radicular (RADOSEVICH et al., 1997).

A interação entre os fatores também foi significativa para a MFPA, indicando que os fatores lâminas de água e sistema de cultivo agem de modo dependente. A análise de variância do desdobramento da interação lâmina e sistema para avaliar o efeito das lâminas de água dentro de cada sistema de cultivo referente à MFPA estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo para a massa fresca da parte aérea da cultura do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	SISTEMA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
Lâmina	Consórcio	3	38,46	12,82	0,0147*
Lâmina	Monocultivo	3	07,62	2,54	0,4698 ^{NS}
Resíduo		21	61,25	2,91	

Foi possível observar na Tabela 6 efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, sendo possível ajustar um modelo de regressão linear (Figura 4).

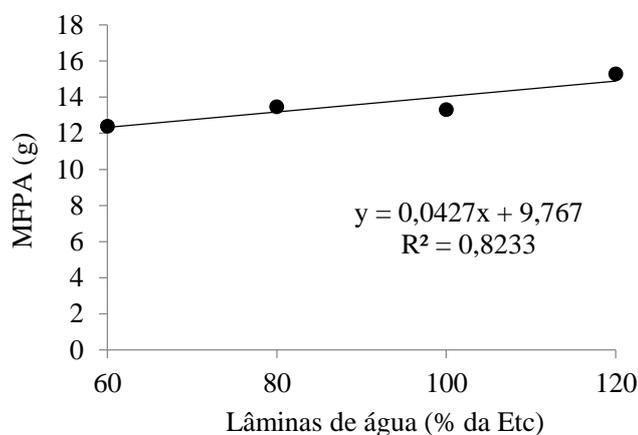


Figura 4. Massa fresca parte aérea do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de cultivo em consórcio, Maringá-PR, 2018.

A MFPA do rabanete aumentou conforme houve a elevação das lâminas de água aplicadas no sistema de consórcio (Figura 4). A análise de variância do desdobramento da interação sistema e lâmina de água esta apresentada na Tabela 7 para avaliar o efeito dos sistemas de cultivo dentro de cada lâmina de água, referente à MFPA.

Tabela 7. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água para a massa fresca da parte aérea do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	LÂMINA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
sistema	60	1	11,59	11,59	0,0593 ^{NS}
sistema	80	1	15,90	15,90	0,0295*
sistema	100	1	1,39	1,39	0,4969 ^{NS}
sistema	120	1	43,71	43,71	0,0009*
Resíduo		21	61,25	2,91	

Nota-se na Tabela 7 efeito significativo do sistema de cultivo para a lâmina de 80 e 120% da ETC, sendo que para ambas as lâminas o sistema de consórcio superou e diferiu a

MFPA do monocultivo, ou seja, as folhas de rabanete apresentaram melhor desenvolvimento no sistema de consórcio quando submetidas as condições de baixo estresse hídrico ou maior disponibilidade de água.

Quanto ao diâmetro de bulbo do rabanete, obteve-se o maior valor próximo a lâmina de 100% da ETc (Figura 2 C). O DB de rabanete também foi influenciado pelo sistema de cultivo, o consórcio apresentou valor médio de 36,53 mm superando o monocultivo com valor médio de 35,17 mm.

O déficit hídrico resulta em diminuição do DB de rabanete mais não afeta o comprimento das raízes. No sistema de consórcio com a cultura da alface que é a espécie que apresenta arquitetura dominante as variações de umidade e temperatura do solo diminuem, pelo fato de aumentar o sombreamento do solo na fase crítica da cultura do rabanete que apresenta arquitetura de menor porte, alterando a concentração de vapor de água, regulação osmótica das plantas e consequentemente reduz o estresse das plantas de rabanete melhorando o seu desempenho em relação ao monocultivo (SUGASTI et al., 2013).

A interação entre os fatores lâminas de água e sistema de cultivo foi significativa para o DB, indicando que os fatores agem de modo dependente sobre esta variável. Na Tabela 8, apresenta-se análise de variância do desdobramento da interação lâmina e sistema, para avaliar o efeito do fornecimento de água dentro de cada sistema de cultivo sobre ao DB.

Tabela 8. Análise de variância do desdobramento lâmina em cada sistema de cultivo para o diâmetro de bulbo do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	SISTEMA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
Lâmina	Consórcio	3	36,11	12,03	0,9782 ^{NS}
Lâmina	Monocultivo	3	7389,58	2463,19	0,0000*
Resíduo		21	3958, 83	188,51	

Verifica-se na Tabela 8 que há efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas de água para o monocultivo, sendo possível ajustar um modelo de regressão quadrático ao nível de 5% de significância (Figura 5).

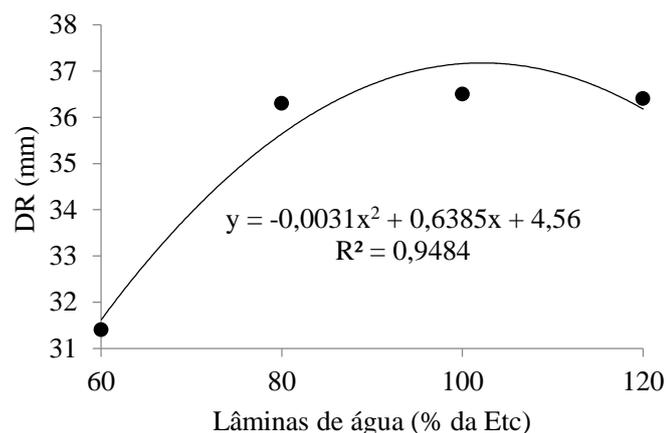


Figura 5. Diâmetro de bulbo do rabanete em função das lâminas de água para o sistema de monocultivo, Maringá-PR, 2018.

Nota-se na Figura 6 que no monocultivo o menor DB ocorreu na lâmina referente a 60% da ETc, indicando que a redução da disponibilidade hídrica mais severa afeta o diâmetro de bulbo do rabanete neste sistema de cultivo.

A análise de variância do desdobramento da interação sistema e lâmina esta apresentada na Tabela 9 para estudar o efeito dos sistemas de cultivo dentro de cada lâmina de água, referente ao DB.

Tabela 9. Análise de variância do desdobramento sistema de cultivo em cada lâmina de água em relação ao diâmetro de bulbo do rabanete, Maringá-PR, 2018

FV	LÂMINA	GL	SQ	QM	Pr>Fc
sistema	60	1	4968,54	4968,54	0,0000*
sistema	80	1	12,32	12,32	0,8007 ^{NS}
sistema	100	1	3,08	3,08	0,8994 ^{NS}
sistema	120	1	22,07	22,07	0,7356 ^{NS}
Resíduo		21	3958,83	188,51	

Observa-se na Tabela 9 efeito significativo do sistema de cultivo somente para a lâmina de 60% da ETc, o sistema de consórcio apresentou valor médio de 36,43 cm superando o monocultivo com 31,44 cm. Moreira et al. (2007) afirmam que o sistema de consórcio apresenta maior potencialidade para retirar água do solo quando comparado ao monocultivo, tendo em vista que duas espécies são cultivadas no mesmo espaço.

O aumento das lâminas de água proporcionou aumento linear da produtividade da cultura do rabanete (Figura 2 D). A PROD também foi influenciada pelo sistema de cultivo, o

sistema de consórcio apresentou PROD de 3,32 kg m⁻² sendo superior do monocultivo com 2,75 kg m⁻². Fato este que pode ser explicado pelo possível benefício que as plantas de rabanete receberam com a cobertura do solo pela a cultura da alface, diminuindo a oscilação térmica e hídrica na entre linha (CECÍLIO FILHO et al., 2007).

A eficiência na utilização da água reduziu com o aumento das lâminas de água de 28,75 para 19,10 kg m⁻³ (Figura 2 E). Slomp et al. (2011) ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de irrigação baseados em frações do tanque classe A sobre a produção do rabanete variedade crimson gigante observaram que a EUA diminuiu com o aumento das lâminas de água aplicadas.

Os sistemas de cultivo estudados também influenciaram a EUA, sendo esta maior no monocultivo com 25,26 kg m⁻³ quando comparado ao sistema de consórcio com EUA de 22,38 kg m⁻³, ou seja, tratando-se do cultivo do rabanete o sistema de consórcio requer maior consumo de água.

O melhor aproveitamento dos fatores ambientais disponíveis foi obtido no sistema de cultivo em consórcio de alface e rabanete (1,68), quando comparado ao monocultivo de rabanete (1,00), significando que são necessários 68% a mais de área para que a cultura no plantio isolado produza o equivalente à produção do consórcio em um metro quadrado. Fato esse que se destaca, pois ao se tratar de ambientes protegidos que requer elevado investimento, o consórcio apresenta-se como uma alternativa viável aos produtores, pois há melhor aproveitamento da área.

2.4 CONCLUSÕES

1. A altura, massa fresca da parte aérea, área foliar e produtividade da cultura da alface, bem como, a massa fresca total, massa fresca do bulbo e produtividade da cultura do rabanete aumentaram conforme o incremento das lâminas de água aplicadas;

2. O diâmetro de folhas, massa fresca total, massa fresca do bulbo, massa fresca da parte aérea, diâmetro do bulbo e produtividade do rabanete foi superior no sistema de consórcio;

3. A eficiência da utilização da água das culturas da alface e do rabanete foi superior no sistema de monocultivo;

4. O índice uso eficiente da superfície da terra foi superior no sistema de consórcio.

REFERÊNCIAS

- ABCSEM- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **O Mercado de Folhosas: Números e Tendências**, 2016 . Disponível em: http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/O_mercado_de_folhosas__Numeros_e_Tendencias_-_Steven.pdf . Acesso em: 16 jan. 2020.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J.M.A.; SILVA, A.A.; UCHÔA, S.C.P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n. 3, p. 532-538, 2012.
- ALMEIDA, A.E.S.; BEZERRA NETO, F.; COSTA, L.R.; SILVA, M.L.; LIMA, J.S.S.; BARROS JUNIOR, A.P. Eficiência agrônômica do consorcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n.3, p. 79-85, 2015.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ARAÚJO, W.F.; SOUZA, K.T.S.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; OLIVEIRA, G.A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função de lâmina de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p. 115-120, 2010.
- BEZERRA NETO, F.; ANDRADE, F.V.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS JÚNIOR, J.S. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 635-641, 2003.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 22 maio 2018.

CECILIO FILHO AB; REZENDE BLA; CANATO GHD. Produtividade de alface e rabanete em cultivo consorciado estabelecido em diferentes épocas e espaçamentos entre linhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 015-019, 2007.

CUSTÓDIO, A. M.; ALVES, E. M.; PAIM, T.P.; CARNEIRO, H.A.; LIMA JUNIOR, A.F. Desempenho agrônômico de consórcios entre rabanete e alface no Oeste goiano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.10, n.5, p. 56-60, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018, 356 p.

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

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

LACERDA, V.R.; GONÇALVES, B.G.; OLIVEIRA, F.G.; SOUSA, Y.B.; CASTRO, I.L. Características morfológicas e produtivas do rabanete sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.1, p. 1127-1134, 2017.

LIMA JR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; VILAS BOAS, R. C.; SILVA, W. G.; SILVA, A. L. P. Produtividade da alface americana submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.2681- 2688, 2012.

MAGALHAES, F.F.; CUNHA, F.F.; GODOY, A.R.; SOUZA, E.J.; SILVA, T.R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande, v.4, n.1, p.41-50, 2015.

MELO, F.S.; SANTI, A.; DALACORT, R.; ROCHA, R.P.; SANTOS, E.S.; FARIAS JUNIOR, C.A. Viabilidade do consócio entre beterraba e couve-chinesa sob diferentes dias de transplante. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.3, p.78-90, 2015.

MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. da; STONE, L. F. Armazenamento de água em um Latossolo Vermelho distrófico no sistema integração agricultura pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito da água na agricultura**: anais. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Embrapa Tabuleiro Costeiros, 2007. 1 CD-ROM

OHSE, S.; REZENDE, B.L.A.; SILVEIRA, L.S.; OTTO, R.F.; CORTEZ, M.G. Viabilidade agrônômica de consórcios de brócolis e alface estabelecidos em diferentes épocas. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 2, p. 29-37, 2012.

OLIVEIRA, E.Q.; SOUZA, R.J.; CRUZ, M.C.M.; MARQUES, V.; FRANÇA, A. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.1, p. 28-36, 2010.

PELLOSO, I. A.O.; VIEIRA, M.C.; ZÁRATE, N.A.; SANTOS, M.C. Produção e renda bruta da calêndula, alface e rabanete solteiros e consorciados com dois arranjos de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.459-470, 2012.

PINTO, C. M.; SIZENANDO FILHO, F.A.; CYSNE, J.R.B.; PITOMBEIRA, J.B. Produtividade e índices de competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.2, p.75-85. 2011.

RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. W. **Weed ecology**: implications for management. New York : John Willey, 1997, 217-301 p.

RAJCAN, I.; SWATON, C. J. Understanding maize–weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 905p.

SALGADO, A.S.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; SALGADO, J.A.A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1141-1147, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, I.C.; LIMA, P.C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, p. 829-837, 2014.

SLOMP, J.J.; LEITE, J. A. O.; TRENTIN, A.; LEDESMA, G. S.; CECCHIN, D. Efeito de diferentes níveis de irrigação baseados em frações do tanque classe A sobre a produção de rabanete (*Raphanus Sativus L.*) variedade Crimson Giant. **Perspectiva**, Erechim, v. 35, n.131, p. 99-107, 2011.

SUGASTI, J.B.; JUNQUEIRA, A.M.R.; SABOYA, P.A. Consórcio de rabanete, alface e quiabo e seu efeito sobre as características agrônômicas das culturas, produção e índice de equivalência de área. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.2, p. 214-225, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719p.

TAVELLA, L. B.; GALVÃO, R. DE O.; FERREIRA, R. L. F. ARAÚJO NETO, S. E. DE; NEGREIROS, J. R. DA S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 614-618, 2010.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (Editores Técnicos). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p. 155-203. (Boletim Técnico, 100)

VILAS BOAS, R.C.; CARVALHO, J.A.; GOMES, L.A.A.; SOUZA, K.J.; RODRIGUES, R.C.; SOUSA, A.M.G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.4, p.393-397, 2007.

WILLEY, R. W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO DA ALFACE E DO RABANETE SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE MONOCULTIVO E CONSÓRCIO

RESUMO

A análise de crescimento é empregada para realizar o acompanhamento do padrão de crescimento de uma planta ou de partes dela, possibilitando inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, sendo essencial para plantas sob diferentes condições de cultivo e ambientais. O presente trabalho teve por objetivo analisar o crescimento das culturas de alface e rabanete submetidas a diferentes lâminas de água nos sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido sob as condições da edafoclimáticas da região Norte do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por lâminas de água (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc)) e o segundo fator por épocas de avaliação (7; 14; 21 e 28 dias após o transplântio (DAT)) para a cultura da alface no sistema de monocultivo e consórcio. Para a cultura do rabanete o fator época de avaliação foi alterado para 7, 14 e 21 dias após a semeadura (DAS), tornando-se um fatorial 4 x 3. As variáveis de crescimento avaliadas da cultura de alface e rabanete foram: área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca de raiz (MSR) e massa seca da raiz comercial (MSRC). Foi calculada também a taxa de crescimento da cultura da alface (TCC). Os resultados obtidos mostraram que as lâminas de água não influenciaram as variáveis avaliadas, exceto a AF da cultura da alface no monocultivo e que a MSC, MSPA, MST, AF e TCC da cultura da alface e MSRC da cultura do rabanete apresentaram tendência semelhante no sistema de monocultivo e consórcio durante o ciclo das culturas.

Palavras-chaves: Hortaliças. Índices fisiológicos. Irrigação.

ABSTRACT: LETTUCE AND RADISH GROWTH UNDER DIFFERENT WATER DEPTHS IN MONOCULTURE AND INTERCROPPING SYSTEM

Growth analysis is used to follow the growth pattern of a plant or parts of it, making it possible to infer the contribution of different physiological processes to plant growth, being essential for plants under different cultivation and environmental conditions. The objective of the present work was to analyze the growth of lettuce and radish crops submitted to different water depths in the monoculture and intercropping system under protected conditions under the edaphoclimatic conditions of northern Paraná. The experimental design was a randomized complete block (DBC) in a 4 x 4 factorial scheme with four replications. The first factor consisted of water slides (60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration (ETc)) and the second factor by evaluation times (7; 14; 21 and 28 days after transplanting (DAT)). for lettuce crop in the monoculture and intercropping system. For the radish crop the evaluation time factor was changed to 7, 14 and 21 days after sowing (DAS), becoming a 4 x 3 factorial. The evaluated growth variables of lettuce and radish were: leaf area (AF), leaf dry mass (MSF), stem dry mass (MSC) and root dry mass (MSR) and commercial root dry mass (MSRC). The lettuce crop growth rate (TCC) was also calculated. The results showed that the water depth did not influence the evaluated variables, except for the lettuce crop AF in the monoculture and that the lettuce crop MSC, MSPA, MST, AF and TCC and the radish MSRC showed a similar tendency in the monoculture system and intercropping during the crop cycle.

Keywords: Vegetables. Physiological indices. Irrigation.

3.1 INTRODUÇÃO

A olericultura pode ser considerada uma atividade que proporciona considerável impacto ao ambiente devido ao uso intenso e inadequado de insumos e recursos naturais. O cultivo consorciado de culturas surge de forma incipiente, como tecnologia para reduzir danos ao ambiente, uma vez que devido o maior número de plantas por área, tem-se maior e mais rápida cobertura do solo, menor erosão e maior aproveitamento de água, fertilizantes e defensivos (CECILÍO FILHO & MAY, 2002).

A eficiência de um sistema de cultivo consorciado depende da complementaridade entre as espécies envolvidas, sendo maior à medida que é possível minimizar o efeito negativo estabelecido de uma cultura sobre a outra (CECILÍO FILHO et al., 2007).

Entre as hortaliças que se destacam no sistema de cultivo consorciado estão a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) e o rabanete (*Raphanus sativus* L.) por possuírem características complementares (DAMASCENO et al., 2016). A alface tem suas folhas comercializadas e apresenta raiz pivotante, com ramificação e ciclo de 60 a 90 dias, enquanto o rabanete tem como parte comerciável as raízes globulares, não apresenta ramificações e o ciclo varia entre 25 a 35 dias (FILGUEIRA, 2012).

Uma técnica que representa informações básicas da produção da cultura e pode ser obtida sem a utilização de equipamentos sofisticados, é a análise de crescimento, muito utilizada para verificar a adaptação da cultura a novos ambientes, competição interespecífica e efeitos de sistema de manejo (ANTONIAZZI & DESCHAMPS 2006, FALQUETO et al.; 2009).

O estudo da análise de crescimento é empregado para realizar o acompanhamento do padrão de crescimento de uma planta ou de partes dela, possibilitando inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, sendo considerada uma análise essencial em estudos de variações entre plantas geneticamente diferentes ou sob diferentes condições de cultivo e ambientais (AGUILERA et al., 2004; BRAGANÇA et al., 2010).

Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo analisar o crescimento das culturas de alface e rabanete submetidas a diferentes lâminas de água nos sistema de monocultivo e consórcio em ambiente protegido sob as condições edafoclimáticas da região Norte do Paraná.

3.2 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido, com dimensões de 25 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de pé direito, tendo as laterais revestidas de tela antiafídeo branca e teto em arco coberto com filme de polietileno com 150 µm de espessura. O ambiente protegido está situado no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) em Maringá-PR (23°25'S e 51°57'O com 542 m de altitude). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical (CAVIGLIONE et al., 2000; ALVARES et al., 2014).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por lâminas de água (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ET_c)) e o segundo fator por épocas de avaliação (7; 14; 21 e 28 dias após o transplantio (DAT)) para a cultura da alface no sistema de monocultivo e consórcio. Para a cultura do rabanete o fator época de avaliação foi alterado para 7, 14 e 21 dias após a semeadura (DAS) devido a duração do ciclo desta cultura ser menor, se tornando um fatorial 4 x 3.

O solo da área experimental é considerado Nitossolo Vermelho distroférico, conforme classificação da Embrapa (2018). Para a caracterização química foi coletada uma amostra composta de solo na profundidade de 0-0,20 m e encaminhada para laboratório de análise de solo.

Posteriormente foi realizado o revolvimento do solo e incorporado adubação de acordo com os resultados da análise química e recomendações de Trani (1996). Foram construídos 48 canteiros com dimensão de 3 m de comprimento e 0,60 m de largura que corresponderam às parcelas experimentais.

Foi utilizada a cultivar Vanda para a alface, caracterizada por adaptação a condições tropicais, sendo as mudas produzidas em bandejas de poliestireno expandido, de 200 células, com substrato de fibra de coco e mantidas em casa de vegetação até o transplantio, ou seja, quando apresentaram quatro folhas definitivas. Para o rabanete utilizou o híbrido 19, caracterizado por raízes vermelhas e formato redondo, sendo semeado no mesmo dia do transplantio da alface e posteriormente realizado raleio quando as plantas atingiram 0,05 m.

A cultura da alface foi disposta no espaçamento de 0,30 x 0,25 m e a cultura do rabanete no espaçamento de 0,15 x 0,05 m (FILGUEIRA, 2012), sendo que os canteiros com sistema de cultivo consorciado foi formado por duas fileiras de alface nas laterais e uma

fileira de rabanete na parte central. Os canteiros com monocultivo de alface foram formados por duas fileiras de alface e no monocultivo de rabanete também havia duas fileiras de rabanete, tendo ambas as culturas o mesmo espaçamento do cultivo consorciado, reproduzindo semelhantemente a condição de cultivo.

A irrigação foi efetuada diariamente por sistema de gotejamento e o manejo de irrigação realizado pela determinação da E_{Tc} utilizando lisímetros de lençol freático constante.

Para obtenção dos dados de crescimento foram amostradas quatro plantas de alface aos 7, 14, 21 e 28 DAT e cinco plantas de rabanete aos 7, 14 e 21 DAS. Após cada colheita, as plantas foram encaminhadas para o laboratório e divididas em parte aérea, caule e raiz.

As variáveis de crescimento avaliadas da cultura de alface e rabanete em cada coleta foram: área foliar (AF), utilizando-se integrador modelo LI-3100; massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do caule (MSC) e massa seca de raiz (MSR), utilizando-se estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65° C até atingir peso constante e balança digital (0,001 g).

Foi calculada a taxa de crescimento da cultura da alface (TCC) em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$, conforme equação 1, de acordo com metodologia descrita em Benincasa (2003):

$$TCC = \frac{W_{t_2} - W_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Em que:

W_{t_1} e W_{t_2} = matéria seca da planta ($g\ m^{-2}$), obtidas de duas amostragens sucessivas;

t_2 e t_1 = tempo (dias), obtido de duas amostragens sucessivas.

Os dados obtidos ao longo do período experimental foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente procedeu-se a análise de parcelas-subdivididas ao nível de 5 % de significância, utilizando o programa computacional estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). Quanto ao parâmetro fisiológico calculado na análise de crescimento, o TCC, não foi submetido à análise de variância, pois segundo Banzatto & Kronka (1989) não se pode afirmar que variáveis calculadas obedeçam às pressuposições básicas para esse tipo de análise.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 e 2 apresenta o resumo da análise de variância das características MSC, MSPA, MSR, MST e AF da cultura da alface em função das lâminas de água e épocas de avaliação, no sistema de monocultivo e consórcio, respectivamente. O fator época de avaliação foi significativo ao nível de 5 % de significância para todas as variáveis estudadas em ambos os sistemas de cultivo. As lâminas de água aplicadas apresentou efeito significativo somente para variável AF no sistema de monocultivo. A interação entre os fatores foi significativa para MSR no sistema de monocultivo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura da alface em monocultivo em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018

Fonte de variação	MSC (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	AF (cm ²)
Lâminas (L)	0,712 ^{NS}	0,464 ^{NS}	0,925 ^{NS}	0,552 ^{NS}	0,023*
Épocas (E)	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
L x E	0,135 ^{NS}	0,098 ^{NS}	0,029*	0,071 ^{NS}	0,076 ^{NS}
CV 1 (%)	32,940	20,650	30,380	21,080	22,010
CV 2 (%)	25,640	18,320	20,890	17,580	21,340

^{NS} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; * - significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; CV- coeficiente de variação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura da alface em sistema de consórcio em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018

Fonte de variação	MSC (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	AF (cm ²)
Lâminas (L)	0,254 ^{NS}	0,330 ^{NS}	0,554 ^{NS}	0,535 ^{NS}	0,088 ^{NS}
Épocas (E)	0,000*	0,000*	0,065 ^{NS}	0,000*	0,000*
L x E	0,076 ^{NS}	0,533 ^{NS}	0,393 ^{NS}	0,332 ^{NS}	0,125 ^{NS}
CV 1 (%)	29,270	32,720	224,790	37,980	31,120
CV 2 (%)	28,120	21,640	205,180	29,390	18,440

^{NS} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; * - significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F; CV- coeficiente de variação.

A área foliar foi influenciada pelas lâminas de água aplicadas no sistema de monocultivo, sendo possível ajustar um modelo de regressão linear crescente significativo ao nível de 5 % (Figura 1).

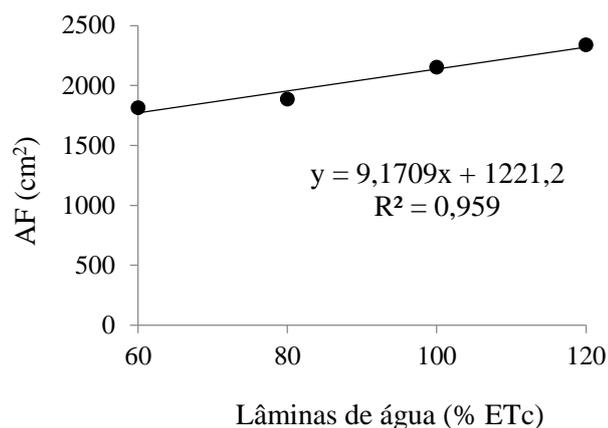
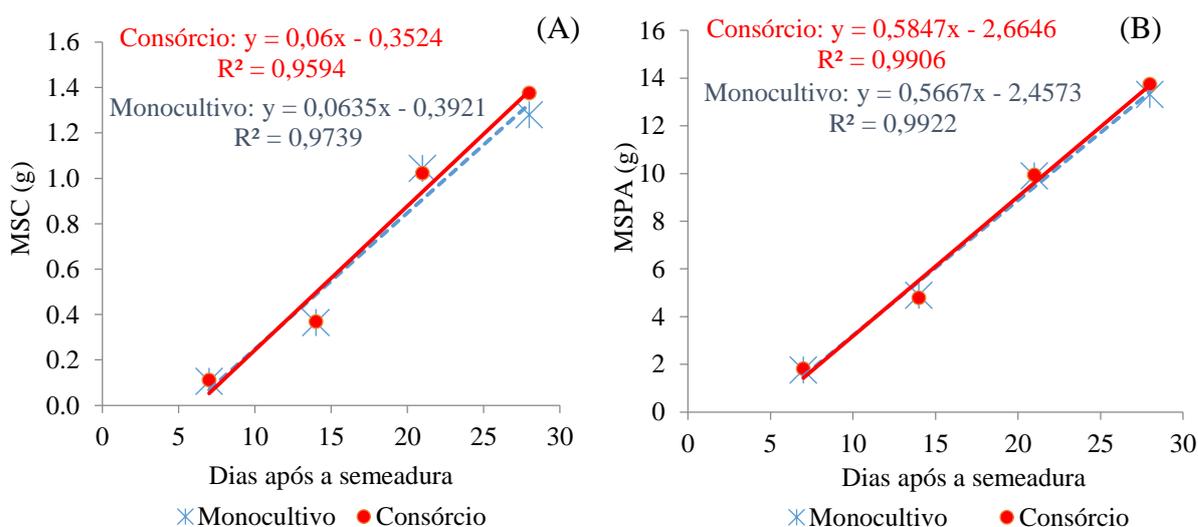


Figura 1. Área foliar da cultura da alface em função das lâminas de água aplicadas no sistema de monocultivo, 2018.

A área foliar da cultura da alface no sistema de monocultivo aumentou conforme a elevação das lâminas de água aplicadas. A expansão foliar apresenta sensibilidade em relação a deficiência hídrica, podendo ser completamente inibida quando a planta é submetida a níveis moderados de estresse. A redução da disponibilidade de água no solo provoca redução da absorção por parte das plantas, consequentemente, as células destas tem menor pressão de turgor, resultando em menor expansão (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A MSC, MSPA, MST e AF da cultura da alface em sistema de monocultivo e consórcio foram influenciadas pelas épocas de avaliação, sendo possível ajustar modelos de regressão linear crescente significativo ao nível de 5% (Figura 2 A, B, C e D).



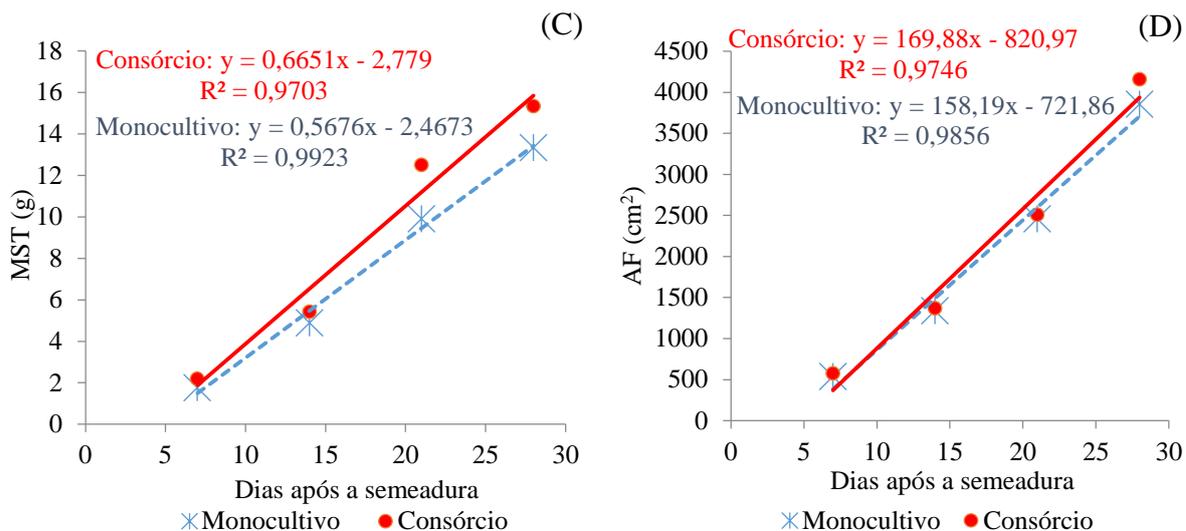


Figura 2. Massa seca do caule (A), massa seca da parte aérea (B), massa seca total (C) e área foliar (D) da cultura da alface em sistema de monocultivo e consórcio em função das épocas de avaliação, 2018.

Os coeficientes de correlação ajustados para os dados de MSC, MSPA, MST e AF em ambos os sistemas de cultivo e as épocas de avaliação foram acima de 0,99 indicando uma forte correlação entre os dados.

Nota-se na Figura 2 A, B, C e D que a MSC, MSPA, MST e AF da cultura da alface apresentaram valores semelhantes em ambos os sistemas de cultivo. Esses resultados indicam que as culturas da alface e do rabanete consorciadas apresentaram complementariedade entre si, não ocasionando diminuição do crescimento da cultura principal (alface).

A complementariedade pode ser temporal, quando o período de maior demanda pelos recursos naturais não é coincidente entre as culturas consorciada, ou espacial que ocorre quando a arquitetura das plantas favorece o melhor aproveitamento dos recursos (WILLEY, 1979). No entanto, para que o sistema de cultivo em consórcio seja eficiente depende diretamente das culturas envolvidas (BEZERRA NETO et al., 2003).

Segundo Ceretta (1986) a eficiência de um sistema de consórcio fundamenta-se na complementariedade entre as culturas envolvidas, sendo maior, à medida que é capaz de minimizar os efeitos negativos de uma cultura em relação à outra.

Os resultados do presente estudo demonstram que possivelmente o sistema de cultivo em consórcio apresenta aproveitamento dos recursos naturais como, a água, luz e nutrientes disponíveis para a produção de biomassa de ambas a culturas. Além da melhor exploração da área de cultivo no ambiente protegido. Nessas condições, o sistema de cultivo em consórcio

de alface e rabanete se torna uma opção para o aumento da diversificação da produção e consequentemente maior rentabilidade dos produtores.

A TCC para a cultura da alface sob os sistemas de monocultivo e consórcio é apresentado na Figura 3 A e B, respectivamente.

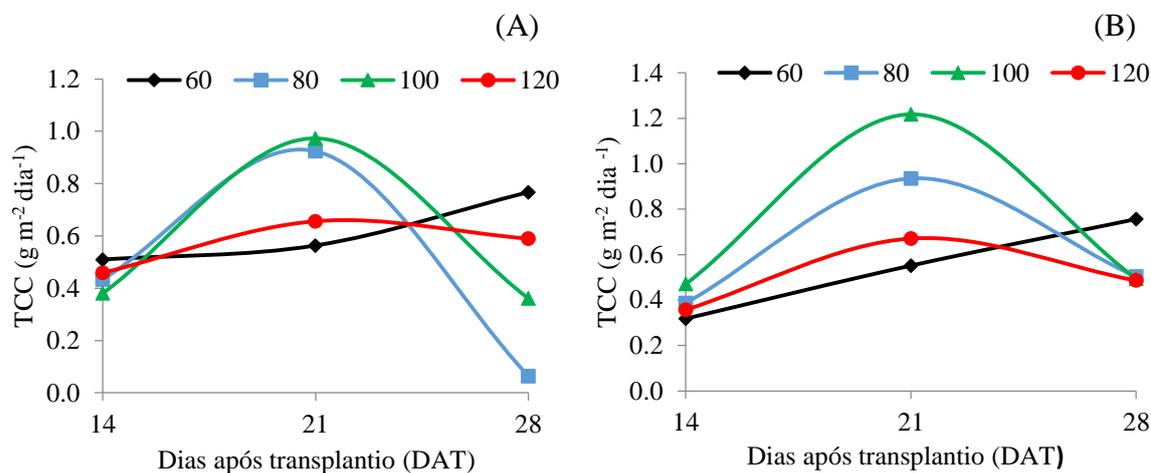


Figura 3. Taxa de crescimento da cultura (TCC) da alface em sistema de monocultivo (A) e consórcio (B) submetidas a diferentes lâminas de água em ambiente protegido, Maringá – PR, 2018.

Observa-se que a cultura da alface em ambos os sistemas de cultivo que receberam as lâminas de água referente a 80; 100 e 120% da ETc apresentaram três fases definidas, sendo a primeira caracterizada por apresentar um acúmulo lento de matéria seca, a segunda por um rápido crescimento e a terceira fase marcada por uma rápida diminuição da TCC. A redução pode ocorrer devido o aumento da atividade respiratória e também pelo autossombreamento, que se eleva conforme a idade da planta (MILTHORPE & MOORBY, 1974).

Zuffo et al. (2016) ao avaliarem a taxa de crescimento de diferentes cultivares de alface verificaram a mesma tendência, com redução da TCC dos 20 ao 28 DAS.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) das épocas de avaliação para cada lâmina de água aplicada na cultura da alface em monocultivo em relação a variável MSR. Sendo possível ajustar modelo de regressão linear para lâmina de água referente a 60% da ETc e modelo de regressão quadrático para as lâminas de água referente a 80; 100 e 120% da ETc (Figura 4).

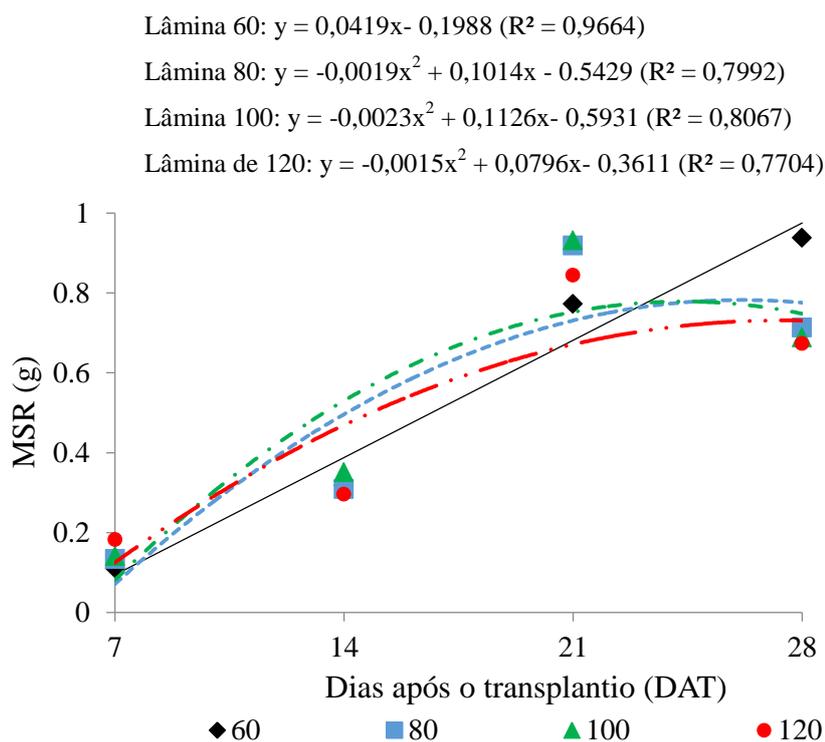


Figura 4. Massa seca de raiz da cultura da alface em sistema de monocultivo, em função das lâminas de água aplicadas e épocas de avaliação, 2018.

Verifica-se que a MSR da cultura da alface em sistema de monocultivo teve ajuste linear crescente, com aumento ao decorrer das épocas de avaliação somente na lâmina referente a 60% da ETc, indicando que a redução da disponibilidade hídrica estimula o crescimento da raiz.

Os hormônios vegetais, com destaque para o etileno e o ácido abscísico (ABA), estão relacionados às mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas sob estresse hídrico ou por hipoxia. O nível de ABA aumenta em plantas sob estresse, pois ocorre o estímulo para o fechamento dos estômatos e diminui a relação raiz/parte aérea, devido haver o crescimento da raiz por reduzir a síntese do etileno (SHARP, 2002). Esse fato pode estar relacionado a um mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, pois ocorre a priorização do crescimento das raízes, proporcionando maior capacidade de absorver água e nutrientes (CORREIA; NOGUEIRA, 2004).

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados o resumo da análise de variância das características MSC, MSPA, MSR, MST e AF da cultura do rabanete em função das lâminas de água e épocas de avaliação, no sistema de monocultivo e consórcio, respectivamente. Verificou-se que os parâmetros avaliados foram significativamente influenciados ($p < 0,05$)

pelas épocas de avaliação em ambos os sistemas de cultivo. Também foi possível verificar efeito significativo do fator lâminas de água e da interação entre os fatores lâminas de água e épocas de avaliação sobre a MSC no sistema de cultivo consorciado (Tabela 4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz comercial (MSRC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura do rabanete em monocultivo em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018

Fonte de variação	MSC (g)	MSPA (g)	MSRC (g)	MST (g)	AF (cm²)
Lâminas (L)	0,340 ^{NS}	0,399 ^{NS}	0,824 ^{NS}	0,596 ^{NS}	0,514 ^{NS}
Épocas (E)	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
7	0,012 B	0,221 C	0,078 C	0,312 C	67,837 B
14	0,103 A	0,438 B	0,573 B	1,114 B	123,178 A
21	0,138 A	0,728 A	2,052 A	2,918 A	123,568 A
L x E	0,249 ^{NS}	0,132 ^{NS}	0,963 ^{NS}	0,611 ^{NS}	0,687 ^{NS}
CV 1 (%)	98,770	27,980	45,180	34,630	32,700
CV 2 (%)	79,110	23,390	35,370	24,840	28,590

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; * - significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F; as médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; CV- coeficiente de variação.

Nota-se na Tabela 3 que MSC e AF do rabanete no sistema de monocultivo não diferiram aos 14 e 21 DAS, sendo superior aos valores encontrados na avaliação realizada 7 DAS. Enquanto que a MSPA, MSR e MST do rabanete em monocultivo avaliado aos 21 DAS superou e diferiu das avaliações realizadas aos 7 e 14 DAS.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os resultados de massa seca do caule (MSC), massa seca da parte área (MSPA), massa seca da raiz comercial (MSRC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da cultura do rabanete em consórcio em função das lâminas de água e épocas de avaliação, Maringá – PR, 2018

Fonte de variação	MSC (g)	MSPA (g)	MSRC (g)	MST (g)	AF (cm²)
Lâminas (L)	0,032*	0,750 ^{NS}	0,417 ^{NS}	0,377 ^{NS}	0,990 ^{NS}
Épocas (E)	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
7	0,067 C	0,267 B	0,079 C	0,387 C	75,620 C
14	0,105 B	0,608 A	0,815 B	1,528 B	118,171 B
21	0,153 A	0,736 A	1,915 A	2,805 A	166,595 A
L x E	0,040*	0,063 ^{NS}	0,269 ^{NS}	0,142 ^{NS}	0,455 ^{NS}
CV 1 (%)	36,260	36,920	40,400	33,900	30,370
CV 2 (%)	38,690	28,210	49,430	36,980	26,320

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F; * - significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F; as médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; CV- coeficiente de variação.

A MSC, MSR, MST e AF da cultura do rabanete em sistema de cultivo em consórcio avaliada aos 21 DAS superou e diferiu dos valores médios encontrados nas avaliações as 7 e 14 DAS.

Enquanto que MSPA da cultura do rabanete em sistema de cultivo em consórcio avaliada aos 14 e 21 DAS não diferiram entre si, sendo superior apenas a avaliação realizada aos 7 DAS.

A maior acumulação de MSPA da cultura do rabanete aos 21 DAS em ambos os sistemas de cultivo é reflexo da maior AF nesta mesma época de avaliação, pois o valor dessa variável está associado diretamente ao da área fotossintética da planta. Plantas com maior área fotossintética resultaram em maior produção de fotossimilados, resultando conseqüentemente, em desenvolvimento e crescimento.

A MSPA das plantas pode ser associada à capacidade de fixação de CO₂ atmosférico, apresentando maiores valores, conforme o aumento da AF. Porém, o ganho de massa das plantas não pode ser somente atribuído a AF, deve ser levado em consideração à capacidade de aproveitamento de energia luminosa, que envolve o mecanismo de fixação de carbono, que é o principal responsável por governar o crescimento e desenvolvimento vegetal (CARON et al., 2012).

Verifica-se que os valores médios do rabanete no sistema de monocultivo e consórcio tiveram a mesma tendência para a MSRC e MST em função das épocas de avaliação. Granjeiro et al. (2008) ao avaliarem o crescimento e produtividade de coentro e rabanete em monocultivo e consórcio, verificaram que a MSRC não diferiram entre os sistemas de cultivo.

3.4 CONCLUSÕES

1. As lâminas de água não influenciaram as variáveis avaliadas, exceto a área foliar da cultura da alface no monocultivo;
2. A área foliar, taxa de crescimento da cultura, massa seca do caule, parte aérea e total da cultura da alface e massa seca da raiz comercial da cultura do rabanete apresentaram tendência semelhante nos sistemas de monocultivo e consórcio durante o ciclo das culturas;
3. O sistema de cultivo em consórcio de alface e rabanete apresentou-se como uma alternativa viável de produção.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECON, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta daninha**, Viçosa, v.22, n.1, p.43-51, 2004.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, 2006.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: UNESP. 1989. 247p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2ª Edição. Jaboticabal: FUNEP. 2003. 41p

BEZERRA NETO, F.; ANDRADE, F. V.; NEGREIROS, M. Z.; SANTOS JÚNIOR, J. J. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 635-641, 2003.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G, SANTOS, L.P, LANI, J.A; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H. Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n. 1, p.48-52, 2010.

CARON, B.O.; SOUZA, V.Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 36, p.833-842, 2012.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas**

climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 22 maio 2018.

CECÍLIO FILHO, A.B; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.3, p. 501-504, 2002.

CECILIO FILHO AB; REZENDE BLA; CANATO GHD. Produtividade de alface e rabanete em cultivo consorciado estabelecido em diferentes épocas e espaçamentos entre linhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 015-019, 2007.

CERETTA, C.A. Sistema de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciada com girassol. 122 f. 1986. (Tese de mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul -UFRGS, Porto Alegre, 1986.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido ao déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.

DAMASCENO, A.S.V.; MASSAROTO, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, A.P.; MUNHOZ, E.M. Avaliação da produção de alface e rabanete em consórcio. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, n.1, p.76-81, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5^a edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018, 353 p.

FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M.; OLIVEIRA, A.C.; BACARIN, M.A. Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453- 461, 2009.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.

GRANJEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS, A.P. ; COSTA, L.M.; SILVA, A.R.C.; LUCENA, R.R.M. Crescimento e produtividade do coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciencia Agrotécnica**, Lavras, v.32, n.1, p.55-60, 2008.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. Cambridge: Cambridge University. 1974. 201p.

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, Columbia, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (Editores Técnicos). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1996. p. 155-203. (Boletim Técnico, 100)

WILLEY, R. W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L.M.A.; SILVA, L. R.; MENEZES, K. O. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições sul do Piauí. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.2, p.145-153, 2016.