

CRESCIMENTO DO TOMATEIRO E QUALIDADE FÍSICA DOS FRUTOS SOB ESTRESSE HÍDRICO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Graduanda em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq. UAGRA/CCTA/UFCG-58840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: laurispo@hotmail.com

Geovani Soares de Lima

Graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq. UAGRA/CCTA/UFCG -58840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

Marcos Eric. Barbosa Brito

DSc. Eng. Agr., Professor Adjunto I da UAGRA/CCTA/UFCG - 58.840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: marcoseric@ccta.ufcg.edu.br

Francisco Vanies da Silva Sá

Graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq. UAGRA/CCTA/UFCG -58840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: vanies_agronomia@hotmail.com

Tamires Tavares de Araújo

Graduanda em Agronomia, UAGRA/CCTA/UFCG-58840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: tt.araujo@hotmail.com

Resumo - Com o objetivo de avaliar o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases de desenvolvimento da cultura, foi conduzido um experimento em ambiente protegido da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), usando delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial (4 x 3), com quatro repetições, sendo distribuídos em blocos, com a unidade experimental composta por uma planta, totalizando 12 tratamentos e 48 parcelas. O primeiro fator foi composto por quatro lâminas (60, 80, 100 (testemunha) e 120% da Evapotranspiração real - ETr), o segundo constou de três fases de desenvolvimento (vegetativa, floração e produção de frutos), avaliando-se o crescimento em altura de planta, número de folhas, diâmetro de caule, a formação de fitomassa da parte aérea e das raízes e os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos, sendo os dados submetidos a análise de variância (teste F, $p < 0,05$) e de regressão polinomial para o fator lâminas. A lâmina de 120% da ETr promove o maior crescimento das plantas de tomateiro, independente da fase fenológica; O diâmetro de caule do tomateiro não é afetado pela redução da disponibilidade hídrica em nenhuma das fases fenológicas; Os maiores frutos são obtidos na maior lâmina estudada (120% da ETr) aplicada na fase de floração.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill, evapotranspiração, lâminas de água

GROWTH OF TOMATO AND PHYSICAL QUALITY OF FRUITS UNDER WATER STRESS IN GREENHOUSE

Abstract - In order to evaluate the growth and dry matter formation in tomato under water stress in the development stages of culture, an experiment was realized in greenhouse of Federal University of Campina Grande (UFCG), the experimental design was randomized block, in factorial design (4 x 3) with four replications, in blocks, with the experimental unit consisting of one plant, totaling 12 treatments and 48 plots. The first factor was composed of four water depths (60, 80, 100 (control) and 120% of actual evapotranspiration - ETR), the second consisted of three phases of development (vegetative, flowering and fruit production), evaluating the growth in plant height, leaf number, stem diameter and dry matter of shoot and root and the longitudinal and transverse diameters of the fruits; the data were submitted to analysis of variance (test F, $p < 0.05$) and polynomial regression for the factor water depths. The depth of 120% of ETR promotes increased growth of tomato plants, not considering of the phenological phase; the stem diameter of tomato is not affected by the reduction of water in any of the phenological phases; The largest fruits are produced in greater depth studied (120% of ETR) applied in the flowering phase.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill, evapotranspiration, water depth

INTRODUÇÃO

No Brasil, o tomateiro constitui uma das hortaliças de fruto mais importantes comercialmente, com uma produção anual de 3,2 milhões de toneladas, numa área plantada em torno de 63.000 ha e produtividade média de 54 Mg ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2008).

A produção desta hortaliça tem se destacado no Nordeste brasileiro, notadamente nos estados de Pernambuco e Bahia, maiores produtores de tomate industrial da região, no entanto, sua produtividade média é considerada baixa, cerca de 44 toneladas/ha (IBGE, 2010), devido à sua grande instabilidade climática e ocorrência de longos períodos secos, resultando em impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento da cultura.

Salienta-se que, incrementos em termos de produção, tanto de ordem quantitativa quanto qualitativa, poderiam ser maiores, caso fosse atendida a demanda hídrica da cultura, já que o tomateiro tem alta necessidade de água, fazendo-se necessário o uso da irrigação como prática normal de cultivo.

Conforme Alvarenga et al. (2004) a irrigação controlada é essencial para a obtenção de rendimento elevado porque a cultura é sensível tanto à irrigação excessiva quanto insuficiente; pois o déficit hídrico afeta o rendimento da cultura e é ainda maior em condições de temperaturas altas e umidade relativa baixa.

Porém, a severidade da deficiência hídrica dependem do genótipo, da duração e do estágio de desenvolvimento da planta (Ayers e Westcot, 1999) que, no tomateiro, pode ser dividido em três fases: vegetativa, que compreende o período entre o transplante das mudas até o início do florescimento, floração, que se inicia por ocasião do florescimento e termina no início da colheita dos frutos e frutificação vai do início ao final da colheita (Alvarenga, 2004). Assim, torna-se de grande valia identificar os níveis adequados de irrigação para cada fase de desenvolvimento, conhecendo-se em qual a planta tem maior resistência ao déficit hídrico.

Peixoto et al. (2006) ressaltam que o entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância, avaliando a variação do consumo de água da cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento, permitindo inferir sobre os aspectos fisiológicos envolvidos no processo, assim como sobre suas consequências. Neste sentido, deve-se ater quanto a aplicar a quantidade de água, sem, no entanto, proporcionar reduções significativas na produção, ressaltando-se a importância do conhecimento dos mecanismos de adaptação das plantas e formas de amenizar esse estresse.

Para permitir a mensuração das alterações no crescimento vegetal, notadamente sob estresse hídrico, o acúmulo de matéria seca é o parâmetro mais significativo, uma vez que resulta da associação de vários outros componentes. Com base no estudo das interações desses parâmetros com cada fator ambiental, em particular o estado hídrico da planta, pode-se conhecer a eficiência do

crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais de uma dada espécie ou variedade (REIS & MULLER, 1979; PEIXOTO et al., 2006).

Nesse contexto, objetivou-se estudar o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob condições de estresse hídrico nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, Estado da Paraíba-PB. As coordenadas geográficas locais de referência são 6°48'16" de latitude S e 37°49'15" de longitude W, a uma altitude de 175 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, com precipitação anual de 750 mm e amplitude térmica inferior a 5° C.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, por haver diferença na disponibilidade de radiação dentro do ambiente protegido, arranjado em esquema fatorial (4 x 3), com quatro blocos e a unidade experimental composta por uma planta, totalizando 12 tratamentos e 48 parcelas. O primeiro fator foi composto por quatro lâminas (60, 80, 100 (testemunha) e 120% da Evapotranspiração da real - ETr), e o segundo por três fases de desenvolvimento (vegetativa, floração e formação da produção).

Foram utilizadas sementes do cultivar Nemadouro, fornecidas pela Embrapa Hortaliças, sendo esta cultivar resultante do cruzamento entre a cultivar Rio Grande (suscetível ao nematóide das galhas) e a cultivar IPA-3 (resistente), apresentando hábito de crescimento determinado, ciclo de 110 dias após a emergência, resistência a nematóides e produtividade média entre 50 e 80 toneladas de frutos comerciais por hectare (EMBRAPA, 2011).

O cultivo foi dado em lisímetros/vasos, constando de recipientes plásticos de 40L de capacidade, perfurados na base para facilitar a coleta da água de drenagem, os quais receberam na base uma manta geotextil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo material de solo e, em seguida, uma camada de 4 kg de brita, 52 kg de solo franco-arenoso. No orifício perfurado se ajustou uma mangueira de condução com 10 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro interno, conectado a sua base a um recipiente plástico com capacidade de 2 litros para controle e coleta da água de drenagem.

Nos primeiros 15 dias após o transplante (DAT) todos os tratamentos foram mantidos com umidade próxima a capacidade de campo, sendo irrigados diariamente, usando-se de um sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensados de vazão igual a 6 L.h⁻¹.

Com o início dos tratamentos, as plantas passaram a ser mantidas sob as lâminas de 60, 80, 100 e 120% da ETr, distintas por meio do número de gotejadores

disponível em cada planta, sendo 3, 4, 5 e 6, respectivamente, destacando-se que o tempo de irrigação de cada tratamento foi mensurado através do consumo das plantas sob 100% da ETr, usando-se do método da lisimetria de drenagem, assim como descrito em Bernardo

et al. (2006). Tal volume consumido pôde ser convertido em Evapotranspiração real, pela divisão com a área do lisímetro. Assim, para irrigação dos outros tratamentos multiplicou-se o valor da ETr obtida pela percentual de evapotranspiração de cada tratamento (Quadro 1).

Quadro 1: Distribuição dos níveis de água a serem aplicados. Pombal, 2011

Nível	ETr (%)	Lâmina
1	60%	0,6 * ETr
2	80%	0,8 * ETr
3	100% (testemunha)	1,0 * ETr
4	120%	1,2 * ETr

Foram utilizadas sementes do cultivar Nemadouro, fornecidas pela Embrapa Hortaliças, sendo esta cultivar resultante do cruzamento entre a cultivar Rio Grande (suscetível ao nematóide das galhas) e a cultivar IPA-3 (resistente), apresenta hábito de crescimento determinado, ciclo de 110 dias após a emergência, resistência a nematóides e produtividade média entre 50 e 80 toneladas de frutos comerciais por hectare (EMBRAPA, 2011).

A adubação foi feita com base na análise química do solo, segundo recomendações de Marouelli & Silva (2002) para adubação de plantio e via fertirrigação. Sendo aplicados em pré-plantio 15% do nitrogênio e potássio, e 60% do cálcio, as quantidades restantes foram fornecidas semanalmente via fertirrigação, seguindo esquema de parcelamento apresentado em Marouelli & Silva (2002).

Durante a condução do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais conforme recomendações dispostas em Filgueira (2003).

Para análise do efeito dos tratamentos sobre o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro foram mensurados: o número de folhas (NF), considerando-se folhas que possuíam 50% de sua área fotossinteticamente ativa e comprimento mínimo de 3 cm; a altura de planta (AP) (cm), medindo-se a distância entre o colo e ápice caulinar, utilizando-se de trena; e o diâmetro do caule (DC) (mm), determinado a 5 cm do colo das plantas, com auxílio de um paquímetro digital, no início e final de cada fase de desenvolvimento; e, com o final do experimento, coletaram-se as plantas, separando-se a parte aérea das raízes, sendo o material levado a estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°, onde passou 72 horas, até se obter a massa seca da parte aérea (FSPA) (g) e a matéria seca das raízes (FSR) (g).

Com a colheitas dos frutos, procedeu-se à análises físicas, Obtendo-se, o diâmetro longitudinal (DL) (mm) e transversal (DT) (mm) dos frutos de tomateiro, sendo mensurados com uso de um paquímetro digital.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$), nos casos de significância do fator lâmina, realizou-se análise de regressão

polinomial linear e quadrática, já para as diferenças entre as fases, realizou-se teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 1, efeito significativo das lâminas de água aplicadas na altura de planta (AP) (cm) e da interação entre os fatores lâminas (L) e fases fenológicas (FF) para número de folhas (NF), sugerindo que a água é um fator essencial para o rendimento da cultura do tomateiro. Todavia, não houve efeito significativo de nenhum fator estudado quanto ao diâmetro caulinar (DC) (mm), o que pode estar relacionado à particularidade da variável, já que o caule das plantas de tomateiro, na verdade, não são cilíndricos, podendo-se inferir que o uso da circunferência de caule seja mais indicado em trabalhos.

Salienta-se que uma planta, quando submetida ao estresse hídrico, tem praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode modificar a anatomia e a morfologia, como também interferir em muitas reações metabólicas (NELSON, 1994). A falta de água reduz a pressão de turgor e, conseqüentemente, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (TAIZ & ZEIGER, 2009), fato que tende a diminuir o alongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Outros parâmetros do crescimento e desenvolvimento, como o número de folhas e altura do caule também são afetados pelo déficit hídrico, como é descrito em Richards (1995), corroborando com os resultados evidenciados neste trabalho.

De acordo com os resultados do teste F (Tabela1), as lâminas de água e fases fenológicas não interferiram na formação de fitomassa seca da raiz (FSR). Nos trabalhos de Bachelard (1986) e Ismael (2001) a matéria seca radicular também não diferiu em resposta ao potencial de água no solo. Contrários a esses resultados estão os obtidos por Farrell et al. (1996) e Lima et al. (1997).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC) e altura de planta (AP), fitomassa seca parte aérea (FSPA) e fitomassa seca raiz (FSR), em função das diferentes lâminas de água e fases fenológicas da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) aos 120 dias após semeadura. Pombal, PB, 2011

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio				
		NF	DC	AP	FSPA	FSR
Lâmina (L)	3	814,6944**	0,7998 ^{ns}	18,2720**	1277,6550 ^{ns}	106,5620 ^{ns}
Fases Fenológicas (FF)	2	1513,3611 ^{ns}	0,8616 ^{ns}	8,7569 ^{ns}	754,9125 ^{ns}	555,6692 ^{ns}
L x FD	6	3266,0648**	0,8676 ^{ns}	29,4189 ^{ns}	2680,0307*	238,6813 ^{ns}
Bloco	2	2483,3611 ^{ns}	0,6600 ^{ns}	57,3819 ^{ns}	1951,6229 ^{ns}	219,4474*
Resíduo	33	6679,2592	2,1976	132,4328	749,8383	299,5811
CV		10,92	6,91	5,28	19,21	32,18
Média		261,44	12,95	80,93	142,56	32,08

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Embora não tenha havido efeito dos tratamentos na Fitomassa do sistema radicular, este é fundamental na avaliação de plantas sob estresse hídrico, pois um sistema radicular bem desenvolvido pode proporcionar melhores condições de suprimento da demanda de água pela planta, principalmente nas primeiras semanas onde as condições adversas podem comprometer a sobrevivência das mesmas.

Com base nos resultados para o número de folhas e altura de plantas (Tabela 1), houve efeito ($p < 0,01$) das lâminas de água, nesta ocasião o aumento dos níveis de irrigação promoveu resposta linear crescente do número de folhas (Figura 1A), ocorrendo acréscimo na ordem de 6,10% por aumento de 20% da ETr, ou seja acréscimo de 18,29% no número de folhas das plantas irrigadas com 120% da ETr em relação ao menor lâmina 50%. Esta redução do número de folhas para a menor lâmina está relacionada, possivelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse hídrico consistindo no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e abscisão das folhas, limitando não só o tamanho de folhas individuais, mas também o número de folhas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O aumento das lâminas de irrigação proporcionaram incremento de 3,29% para cada incremento de 20% da ETr das lâminas, proporcionando aumento de 8,4 cm na altura das plantas submetidas a 120% ETr, com relação ao menor nível 60% da ETr (Figura 1B), podendo-se inferir que, nas plantas submetidas à deficiência hídrica, tem-se uma altura de plantas inferior àquelas que receberam maiores lâminas, que neste caso, favoreceu o crescimento da cultura. De acordo com Taiz & Zeiger (2009) a diferença de altura entre as plantas irrigadas com a maior e a menor lâmina é decorrente da insuficiência hídrica que provoca decréscimo na turgescência celular diminuindo o crescimento por alongamento. Estes resultados corroboram com os obtidos por Macêdo (2002), estudando os efeitos de lâminas de irrigação no tomateiro cultivado sem cobertura do solo, concluiu que, aos 60 DAT, cada incremento de 20% na irrigação proporcionou um aumento de 6,92 cm na altura da planta. Já aos 90 DAT, a variação de altura foi de 5,24 cm para cada 20% de incremento na lâmina de irrigação

Observa-se que o estresse hídrico proporciona redução da expansão foliar, altura e diâmetro das plantas, resultando em perda da biomassa vegetal, assim como atesta alguns autores (CHAVES, 2001; SILVA et al., 2001).

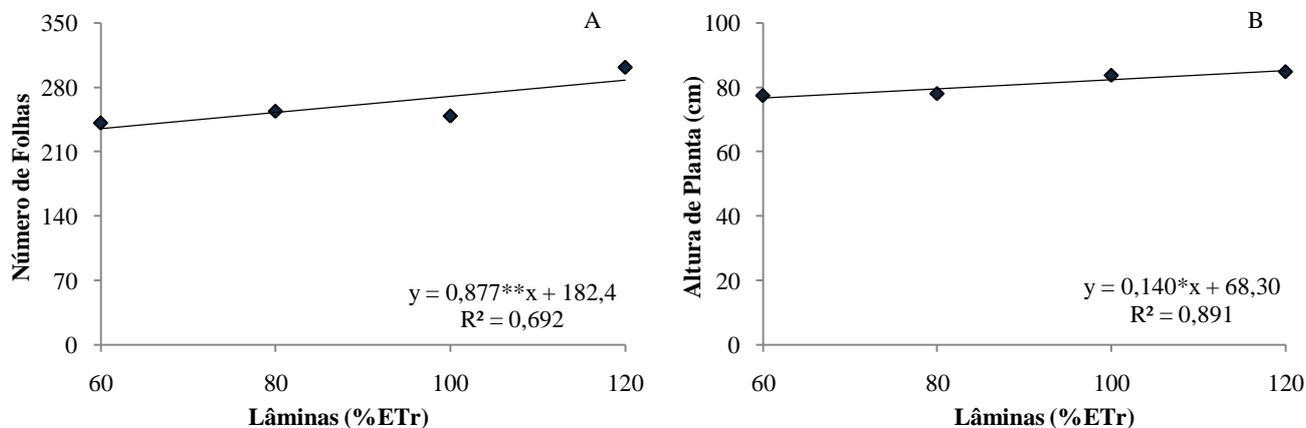


Figura 1. (A) Número de folhas e (B) Altura de plantas da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) aos 120 dias após semeadura, em função das lâminas de água. Pombal, PB, 2011.

Artigo Científico

Na Tabela 2 observa-se o teste de médias para os dados de número de folhas e fitomassa seca da parte aérea na interação entre as fases fenológicas da cultura do tomateiro em cada lâmina de irrigação. Verificando-se, para o número de folhas, a diferenciação entre fases nas lâminas 60 e 120% da ETr, observando-se as maiores médias para a fase de frutificação. Este resultado não corrobora com os obtidos por Bonet et al. (1981), pois, segundo estes autores a maior sensibilidade à deficiência de água no solo são observadas no início da frutificação e o início do desenvolvimento dos frutos na cultura do tomateiro.

Com relação a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), foram observadas as maiores médias na fase de floração, notadamente quando submetida à lâmina de 60% da evapotranspiração real (ETr). Sendo condizentes com os resultados obtidos por Cavalcanti et al. (2008), que não observaram efeito significativo do déficit hídrico sobre o crescimento e os aspectos fisiológicos do Cajueiro Anão Precoce durante os estádios iniciais e de floração. Tais resultados podem estar relacionados ao período limitado da floração, deste modo, a intensidade do estresse é baixa, não comprometendo a formação de fitomassa de maneira mais significativa.

Tabela 2 - Teste de média ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias do número de folhas de tomate e fitomassa seca da parte aérea do tomateiro, obtidas em função da interação entre as fases fenológicas da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) aos 120 dias após semeadura, e as lâminas de água estudadas. Pombal, PB, 2011

Fases Fenológicas	Evapotranspiração Real (%ETr)			
	NF			
	60	80	100	120
Vegetativa	245,00ab	251,66a	267,00a	284,66b
Floração	207,00b	254,00a	261,66a	264,33b
Frutificação	272,00a	256,33a	218,00a	355,66a
	FSPA			
Vegetativa	150,81 ab	134,87 a	97,81 b	171,88 a
Floração	161,04 a	134,44 a	149,74 ab	137,94 a
Frutificação	98,62 b	120,87 a	160,70 a	171,45 a

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna em uma mesma época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, compara os efeitos dos estresses hídricos dentro de cada fase fenológica.

Conforme equações de regressão (Figura 2) referentes ao número de folhas e a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), o modelo melhor ajustado foi o linear, em ambas as variáveis, significativos a 1 e 5%, respectivamente, conforme teste de Student. Analisando-se a equação de regressão para o número de folhas (Figura 2B) vê-se acréscimo de 6,92% por aumento de 20% da evapotranspiração real (ETr) das lâminas estudadas, ou seja, aumento de 20,75% no intervalo de 60 a 120% da ETr.

Hang & Miller (1986), ao observarem as respostas fisiológicas da cultura da Batata sob restrição hídrica, também contataram redução no tamanho das plantas, no número de folhas e na formação do tubérculo. Essa redução no crescimento acontece porque o estresse hídrico atua diretamente sobre as plantas, ocasionando a redução da turgescência das células, influenciando negativamente, sobretudo na fase inicial de expansão celular, na qual a presença da água faz-se fator limitante para a ocorrência dos inúmeros processos fisiológicos que levam a formação dos tecidos.

Em relação a produção de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) (g), houve resposta linear e crescente cp,

aumento da disponibilidade hídrica (Figura 2B), ocorrendo incremento de 14,62% a cada 20% da ETr incrementada. Assim, as plantas submetidas à maior lâmina de água 120% da ETr apresentaram aumento de 43,87% quando comparadas com o menor nível 60% da ETr. Estes resultados são iguais aos obtidos por Macêdo & Alvarenga (2005), os quais trabalharam com pimentão em ambiente protegido, e que constatou efeito da lâmina de irrigação, com maiores valores obtidos nas maiores lâminas (100 e 130% da ETr).

Segundo McMichael & Quisenberry (1993), o déficit hídrico pode mudar a partição de assimilados entre as raízes e parte aérea, o que pode causar grande efeito na produtividade da planta, diminuindo também acumulação de biomassa da parte aérea da planta. O estresse hídrico afeta o metabolismo quando o período é prolongado e a desidratação é severa, ocorrendo mudanças nas funções metabólicas e no comportamento da planta como um todo. Chaves (1991) afirmam que o efeito mais sério, considerado como uma adaptação, é a redução da superfície fotossintetizante e da matéria seca, causadas por um decréscimo no tamanho da parte aérea.

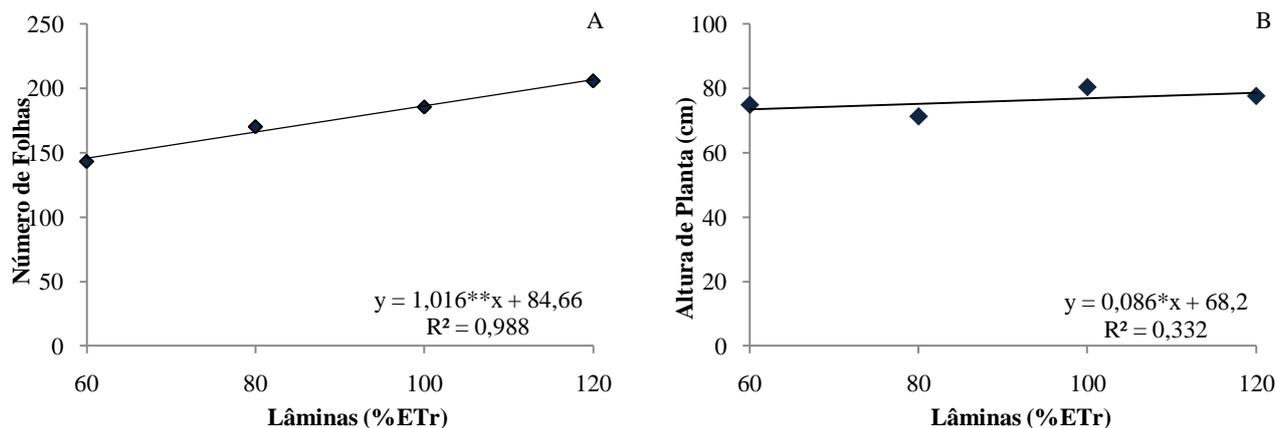


Figura 2 – (A) Número de folhas e Fitomassa seca da parte aérea (B) da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) aos 120 dias após semeadura em função da interação entre as lâminas aplicadas na fase de frutificação. Pombal, PB, 2011.

Verifica-se, na Tabela 3, efeito significativo dos fatores isolados lâminas de água e fases fenológicas, bem como da interação lâmina (L) x fases fenológicas (FF) para diâmetro longitudinal do tomate, todavia, para o diâmetro transversal, só ocorreu efeito da interação. A condição hídrica da planta tem influência sobre o

crescimento dos frutos, conforme relatam Johnson et al (1992). que o crescimento ou a redução do tamanho de um fruto de tomateiro são altamente relacionados com aumento e diminuição diária do potencial de água na planta que está intimamente relacionado com a quantidade de água no solo.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para o Diâmetro Longitudinal e Diâmetro Transversal dos frutos do tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill, em função das diferentes lâminas de água e fases fenológicas da cultura. Pombal, PB, 2011.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio	
		Diâmetro Longitudinal	Diâmetro Transversal
Lâmina (L)	3	101,912*	15,086 ^{ns}
Fases Fenológicas (FF)	2	118,234*	13,800 ^{ns}
L x FD	6	108,372**	25,131**
Bloco	3	25,688 ^{ns}	7,284 ^{ns}
Resíduo	33	30,496	5,865
CV		27,67	16,89
Média		19,95	14,34

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Como ocorreu efeito da interação dos fatores estudados (Lâminas e Fases fenológicas), dar-se-á ênfase a se estudar, por meio de teste de média as fases fenológicas da cultura, seguidas com a análise de regressão das lâminas em função da fase de desenvolvimento do tomateiro.

Para o diâmetro transversal, como já mencionado, não houve diferenças entre as fases, assim como ilustrado no teste de média disposto na Tabela 4, porém deve-se salientar que as maiores médias são observadas nas fases de floração e frutificação.

Segundo Makishima & Miranda (1995) o período crítico para o tomateiro ocorre do início da floração até o início da maturação, compreendendo, portanto, todo o

desenvolvimento do fruto, todavia, nestas fases, o tamanho dos frutos foi maior, o que pode estar relacionado ao menor período de estresse ao qual as plantas sob estes tratamentos foram submetidas.

Geralmente o déficit hídrico prolongado e severo limita o crescimento e reduz a produtividade. A demanda máxima de água ocorre durante o período de floração e crescimento dos frutos, entretanto, não pode haver água em excesso, a ponto de saturar o solo e expulsar o oxigênio da zona radicular. Essas oscilações do teor de umidade do solo podem provocar rachaduras nos frutos, podridão-apical, ocorrência de frutos ocos, queda de flores, além da redução no estabelecimento dos frutos (ALVARENGA, 2004).

Tabela 4 - Teste de média ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias do Diâmetro Longitudinal e Diâmetro Transversal, obtidas em função das fases fenológicas do tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill. Pombal, PB, 2011.

Fases Fenológicas	Diâmetro Longitudinal	Diâmetro Transversal
Vegetativa	17,50b	13,30a
Floração	22,88ab	15,09a
Frutificação	19,47ab	14,63a

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna em uma mesma época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As lâminas de água proporcionaram acréscimo linear do diâmetro longitudinal do fruto. Analisando as equações de regressão para o diâmetro longitudinal (DL) (Figura 3) vê-se acréscimo de 8,73% por aumento de 20% da ETr, ou seja, aumento de 26,18% no diâmetro longitudinal dos frutos, cujo as plantas foram irrigadas com 120% da ETr em relação ao menor lâmina 60%.

A disponibilidade hídrica interfere no crescimento dos frutos, de acordo com Taiz & Zeiger (2009) a expansão celular somente ocorre quando a célula possui um valor mínimo de pressão (turgidez). A deficiência hídrica diminui a turgidez afetando assim o processo de expansão. Durante o déficit hídrico processos fisiológicos, como o alongamento celular, as trocas de gases nas folhas, o

transporte pelo floema e vários outros transportes nas membranas, são alterados, o que limita a expansão e acelera a senescência foliar (Taiz & Zeiger, 2009). A diminuição da expansão foliar determina menor área foliar e, conseqüentemente, alteram a produção dos fotossintatos a serem alocados para os frutos, proporcionando menor crescimento e menor produtividade final.

Costa et al. (2004) ressaltam que, no início do crescimento do fruto, a ocorrência de estresse fisiológico interfere no período de fornecimento de fotossintatos aos frutos, afetando o tamanho e possivelmente seu formato, podendo estar associado à luminosidade, temperatura, disponibilidade hídrica, nutrição entre outros fatores.

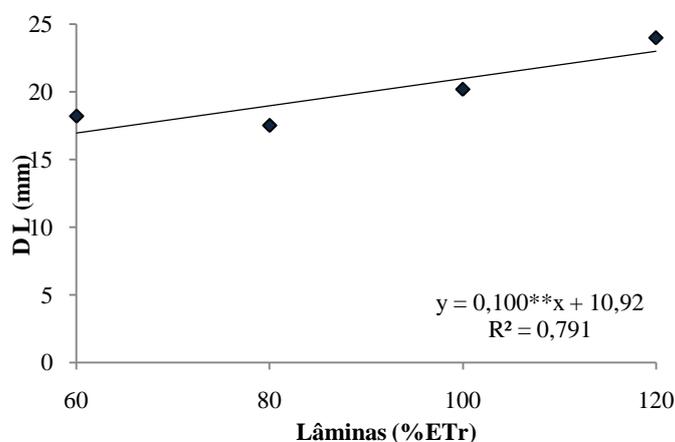


Figura 3 – Diâmetro Longitudinal, em função da das lâminas aplicadas na cultura do tomateiro *Lycopersicon esculentum*. Pombal, PB, 2011.

Estudando-se os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos por meio do teste de médias na interação entre as fases fenológicas da cultura e às lâminas de irrigação estudadas (Tabela 5), nota-se maiores médias nas plantas estressadas na fase de floração do tomateiro, principalmente quando submetida à lâmina de 120% da ETr; Tal fato evidencia que a qualidade física dos frutos esta relacionado a manutenção adequada da lâmina de água às plantas, sendo que a fase de menor efeito da redução do estresse é a de floração, fato relacionado, possivelmente, ao menor período de estresse

proporcionado às plantas, todavia, deve-se lembrar que os maiores frutos foram obtidos na maior lâmina aplicada na fase de floração. Em consonância com os resultados, tem-se as informações de Fageria & Gheyi (1997), os quais informam que a fase de maior demanda hídrica do tomateiro é a de floração, seguida pela fase de formação da produção, sendo a mais tolerante a vegetativa. Todavia, deve-se lembrar que, segundo Ayers & Westcot (1999), a intensidade do estresse dependerá do genótipo estudado e da fase de desenvolvimento da cultura, sendo intensificado pelas condições climáticas locais.

Tabela 5 - Teste de média a nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias do Diâmetro Longitudinal e Diâmetro Transversal, obtidas em função da interação entre as fases fenológicas da cultura do tomateiro *Lycopersicon esculentum* e as lâminas de água aplicadas. Pombal-PB, 2011.

Fases Fenológicas	Evapotranspiração Real (%ETr)			
	60	80	100	120
	Diâmetro Longitudinal			
Vegetativa	14,091a	17,231a	22,405a	16,309b
Floração	21,546a	18,056a	17,360a	34,569a
Frutificação	18,909a	17,194a	20,740a	21,073b

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna em uma mesma época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, compara os efeitos dos estresses hídricos dentro de cada fase fenológica.

A escassez de água um pouco antes e durante o período de floração reduz o tamanho de frutos. O efeito do déficit hídrico sobre o rendimento durante esse período é maior em condições de temperaturas altas e umidade relativa baixa, sendo a irrigação é essencial para a obtenção de rendimento elevado, fato relacionado às exigências hídricas da cultura, considerada sensível tanto ao excesso quanto a insuficiência de água (ALVARENGA, 2004).

Conforme equações de regressão (Figura 4) referente aos diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT), o modelo ao quais os dados se ajustaram melhor, em função da interação entre as lâminas aplicadas na fase de floração foi o linear, indicando acréscimo de 13,39 e 10,53% nos diâmetros longitudinal e transversal, respectivamente, por aumento de 20% da ETr, ou seja, aumento de 40,16 e 31,59% dos diâmetros na fase floração em relação à menor lâmina (60% ETr).

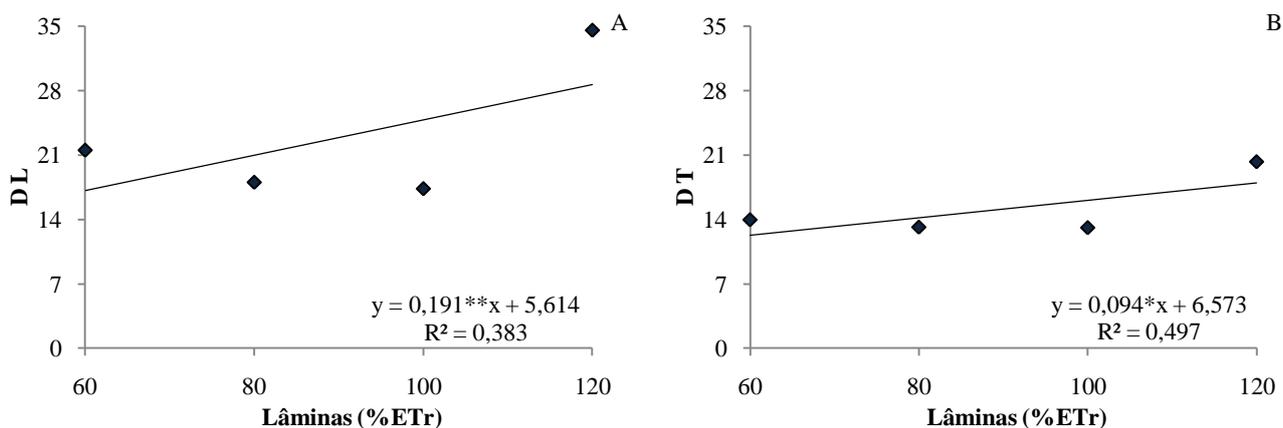


Figura 4 – (A) Diâmetro Longitudinal (DL) (mm) e (B) Diâmetro Transversal (DT) (mm) dos frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em função das lâminas aplicadas na fase de floração da cultura. Pombal, PB, 2011.

CONCLUSÕES

1. A lâmina de 120% da ETr promove o maior crescimento das plantas de tomateiro, independente da fase fenológica;
2. O diâmetro de caule do tomateiro não é afetado pela redução da disponibilidade hídrica em nenhuma das fases fenológicas, sendo mais indicado usar a circunferência do caule;
3. Quanto aos aspectos de qualidade dos frutos, o estresse é menos danoso na fase de floração;
4. Os maiores frutos são obtidos na maior lâmina estudada (120% da ETr) aplicada na fase de floração.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa PIBIC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. FNP. Consultoria e comércio. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2008. 502p.
- ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

Artigo Científico

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- BACHELARD, E.P. Effects of soil moisture stress on the growth of seedlings of three eucalypt species. II growth effects. Australian Forest Research, Camberra, East Melbourne, v.16, p.51-61, 1986.
- BERKOWITZ, A. R. Competition for resources in weed-crop mixtures. In: ALTIERI, M. A.; LIEBMAN, M. Weed management in agroecosystems: ecological approaches. Boca Raton: CRC, 1988.
- BONET, C.; SOTOLONGO, B.; CORCHADO, I. Resquestra del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) al agua en las distintas fases de su desarrollo. Ciencia y tecnica en la agricultura, Riego y Drenage, v.4, n.1, p.5-17, 1981.
- CAVALCANTI, M.L.F.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; BARROS JÚNIOR, G. Fisiologia do Cajueiro Anão precoce submetido à estresse hídrico em fases fenológicas. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 8, 2008.
- CHAVES, J. H. Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos. 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany, v. 42, p. 116, 1991.
- COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. CAVARIANNI, R.L. et al. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.1, p.23-27. 2004.
- FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.363-383.
- FARRELL, R.C.C., Morphological and physiological comparisons of clonal lines of *Eucalyptus camaldulensis*. I. Responses to drought and waterlogging. Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, v.23, n. 4, p. 497-507, 1996.
- FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: agrometeorologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003.
- HANG, A.N.; MILLER, D.E. Yield and physiological responses of potatoes to deficit, high frequency sprinkler irrigation. Agronomy Journal, Madison, v.78, p.436-440, 1986.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2010, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>. > acesso em: 26 de jun. 2011.
- ISMAEL, J.J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimatação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W.(Hill ex Maiden). 2001.
- JOHNSON, R.W. et al. Water relations of the tomato during fruit growth. Plant and Cell Environment, Oxford, v. 18, p. 947-953, 1992.
- LIMA, P.C, et al. Alterações morfológicas, fisiológicas e partição de matéria seca em mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a deficiência hídrica no solo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings... Colombo: Centro Nacional de Pesquisa de Florestas/ Embrapa, 1997. p.30-37.
- MACÊDO, L.S. Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL) em ambiente protegido. Lavras, 2002. 34p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2002.
- MACÊDO, L.S.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 2, 2005.
- MAKISHIMA, N.; MIRANDA, J.E.C. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Brasília: EMBRAPA-CNPH, 1995. 22p.
- MAROEULLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Irrigação. In: SILVA, J.B.C. da; GIORDANO, L.B. Tomate para processamento industrial. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 2000. P. 60-71.
- MAROEULLI WA; SILVA WLC. 2002. Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças. 32p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 30).
- McMICHAEL, B. L. & QUISENBERRY, J. E. 1993. The impact of the soil environment on the growth of root systems. Environmental and Experimental Botany, v.33, p. 53-61, 1993.

Artigo Científico

PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 439-443, 2006.

PEREIRA, C. R. Análise do Crescimento e Desenvolvimento da Cultura da Soja sob diferentes condições ambientais. Viçosa : UFV, 2002. 282p.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. Análise de crescimento de plantas: mensuração do crescimento. Belém: CPATU, 1979.

SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V.; ROJAIS, E. G. Utilização de testes rápidos e extratores de solução do solo na determinação de nitrato e potássio. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 460-467, 2006.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; SOUZA, A. P. Taxa fotossintética líquida de *Eucalyptus citriodora* Hook e *E. grandis* W.Hill em níveis de água no solo e associação com *Brachiaria brizantha* Staf. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1205-1209, 2001.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. Poços de Caldas, 1998. Manejo de irrigação. Lavras: UFLA; SBEA, 1998. p.311-351.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.819p.

Recebido em 02/02/2011

Aceito em 22/08/2011