

ANÁLISE DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA BATATA (*Solanum tuberosum ssp Tuberosum*), SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: RAZÃO TUBÉRCULO-PARTE AÉREA, ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA, RAZÃO DE ÁREA FOLIAR E RAZÃO DE MASSA FOLIAR¹

Antenor de Oliveira Aguiar Netto

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrônômica, CEP: 49100-000, São Cristovão-Se

João Domingos Rodrigues

UNESP, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, CEP: 18600-000, Botucatu-SP

Nelson Augusto do Nascimento Júnior

Escola Agrotécnica Federal de Satuba, Satuba-Al

1 RESUMO

Conduziu-se um experimento na Fazenda São Manoel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, objetivando avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no crescimento da cultura da batata, cultivar Aracy. O ensaio foi instalado em um Latossolo vermelho-escuro textura arenosa, sob uma cobertura de plástico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco coletas de plantas para fins de análise de crescimento e quatro repetições. Os tratamentos consistiam em irrigar a batata quando a tensão da água no solo atingia 15, 35, 55, 75 e 1500 kPa. Verificou-se que o aumento nas lâminas de irrigação induziu incremento na razão de massa foliar e razão de área foliar, e decréscimos na razão tubérculo parte-aérea, sem interferir no comportamento da área foliar específica.

UNITERMOS: Batata, irrigação, crescimento.

NETTO, A.O.A., RODRIGUES, J.D., NASCIMENTO JÚNIOR, N.A.N. GROWTH ANALYSIS IN THE POTATO CROP (*Solanum tuberosum ssp Tuberosum*), UNDER DIFFERENT IRRIGATION LEVELS: TUBER-SHOOT RATIO, LEAF ÁREA SPECIFIC, LEAF ÁREA RATIO, LEAF WEIGHT RATIO.

2 ABSTRACT

In order to obtain a good productivity and costs reduction is very important to perform a proper irrigation management in the potato crop (*Solanum tuberosum ssp Tuberosum*). An experiment was carried out at Fazenda São Manoel, in the Faculdade de Ciências Agrônômicas, of the Universidade Estadual Paulista, to evaluate irrigation levels in the potato growth, cv aracy. This work was installed in a sandy dark red latosol, under a plastic cover. The experimental design was a entirely randomized block composed by irrigation in the potato plots when the soil water potential have reached - 15, - 35, - 55, - 75 and - 1500 kPa, and five plant sampling time with four replicates. It was found that higher irrigation levels led to increase of the leaf Área ratio and in the leaf weight ratio. Otherwise, higher irrigation levels induced decreases in the tuber-shoot ratio without interfering in the leaf Área specific.

KEY-WORDS: Potato, irrigatio, growth.

¹Parte da tese do primeiro autor, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Irrigação e Drenagem.

3 INTRODUÇÃO

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* ssp *Tuberosum*) desempenha papel dos mais importantes, como fonte de alimento para as populações, tanto em termos de quantidade produzida como consumida. No Estado de São Paulo, esta espécie vegetal é cultivada durante o ano inteiro, sob regime de irrigação intensivo ou suplementar.

O crescimento das plantas, sob diferentes condições ambientais, pode ser medido de diversas maneiras, tais como tamanho, número ou massa de seus órgãos. Entretanto, para Whale et al. (1985) o estudo da assimilação de carbono e sais minerais e suas subseqüentes partições dentro de uma planta, deve ser realizado preferencialmente através da descrição do crescimento em termos de incrementos de matéria seca (MS) e área foliar (AF).

O quociente entre a área foliar e a matéria seca total é denominado razão de área foliar (RAF) e foi utilizado em comparações com a taxa de crescimento relativo por Briggs et al. (1920). A RAF é composta da razão de massa foliar (RMF), que indica uma distribuição diferencial dos produtos fotossintéticos entre o crescimento da folha e de outras partes da planta, e da área foliar específica (AFE), que representa as diferenças no espessamento foliar (Radford, 1967).

A natureza e a extensão dos efeitos do estresse hídrico nas espécies vegetais, de acordo com Chaves (1991), são uma função da intensidade e duração do estresse, bem como da capacidade genética das plantas em reagir às mudanças do meio ambiente. Segundo esta autora, a maior parte dos efeitos do estresse hídrico nos vegetais, é de natureza regulatória.

Embora o crescimento total da planta seja reduzido durante o estresse hídrico, o crescimento do sistema radicular é geralmente favorecido em relação ao da parte aérea, como indicado pelos freqüentes relatos do aumento na razão raiz-parte aérea, que freqüentemente acompanha a redução foliar (Begg & Turner, 1976; Parsons, 1979, Chaves, 1995).

Face ao exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação na cultura da batata, utilizando-se para tal os seguintes índices fisiológicos da análise de crescimento: razão tubérculo-parte-aérea, área foliar específica, razão de área foliar e razão de massa foliar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental São Manoel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista, localizada em São Manuel, Estado de São Paulo, que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 25° 51' de latitude sul e 48° 34' de longitude oeste, com altitude média de 740 m.

O clima do município de São Manuel é classificado, de acordo com o sistema de Köppen, como temperado chuvoso, constantemente úmido e com verão quente (cfa). A temperatura média anual é 21,0 °C, sendo o total médio de precipitação anual de 1445 mm.

O ensaio foi instalado em um Latossolo vermelho-escuro distrófico a moderado textura média fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado, cujas características físicas e químicas podem ser vistas no Quadro 1.

A capacidade de campo (CC) foi determinada "in loco", em uma área de 2,25 m², próximo ao local do experimento, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm de profundidade. Considerou-se o valor médio de 0,2226 m³/m³ representativo da camada de 0-40 cm, como o teor de água no solo (θ) na CC, para fins de cálculo da lâmina líquida de irrigação (Moreira, 1993).

A curva de retenção da água no solo, também foi determinada "in loco" próxima à área experimental, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm de profundidade, através de medições da tensão da água no solo (ψ_m), em kPa e θ , por meio de tensiômetros com manômetros de mercúrio e pelo método da estufa respectivamente (Moreira, 1993).

Quadro 1 - Resultados das análises físicas e químicas do solo.

Profundidade (cm)	Granulometria (%)			Densidade do solo (kg/dm ³)	Densidade das partículas (kg/dm ³)
	Areia	Silte	Argila		
0-20	83	2	14	1,53	2,5
20-40	81	3	17	1,65	2,5

PH	MO (g/dm ³)	P (mg/dm ³)	mmol/dm ³				S	T	V (%)
			H + K Al ⁺³	Ca +2	Mg ⁺ 2				
4,9	14	12	21	0,6	14	5	20	41	48
4,7	14	9	24	1	13	5	19	42	44

Ajustou-se os valores obtidos experimentalmente da curva de retenção (Figura 1) ao modelo de Genuchten, pelo método da minimização dos quadrados dos desvios (Genuchten, 1980). Com o auxílio do programa computacional "Curvaret", desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), obteve-se a Equação 1, com coeficiente de ajuste (r^2) 0,998:

$$\theta = 0,167 + \frac{0,233}{\left[1 + (1,442\psi_m)^{1,950}\right]^{0,323}} \quad (1)$$

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com cinco tratamentos (parcelas), cinco épocas de coleta (sub-parcelas) e quatro repetições, perfazendo um total de vinte parcelas. O experimento foi instalado em blocos casualizados, em função do declive do terreno e estrutura da estufa. Cada parcela experimental possuía uma área de 2,40 x 8,05 m, composta por três fileiras de plantas. A área útil da parcela foi constituída pela fileira central, com um total de 16 plantas úteis, sendo 10 plantas destinadas à análise de crescimento.

Os tratamentos consistiram de cinco lâminas de irrigação, aplicadas quando a tensão da água no solo atingia o valor máximo estabelecido para cada tratamento (Quadro 2) suficientes para elevar o teor de água no solo até a capacidade de campo (6,7 kPa). O controle de ψ_m foi realizado através de tensiômetros de mercúrio, instalados entre as plantas da linha central de cada parcela nas profundidades de 15 e 30 cm (Ekanayake, 1994). Para o tratamento T5, o controle foi realizado por amostragens de terra e determinação de θ pelo método da estufa.

Utilizou-se a cultivar Aracy de batata, de origem brasileira, criada pelo Instituto Agrônomo de Campinas, que possui plantas de porte alto, ereta, hastes vigorosas, tubérculos graúdos com formato arredondado-achatado, polpa e película amarelada e meio áspera, com ciclo médio de 120 dias, sendo bastante utilizada para fins industriais, devido ao elevado teor de matéria seca dos tubérculos (Boock, 1976).

Com o intuito de proteger a área experimental de precipitações pluviais e controlar o volume de água aplicado em cada parcela, foi construída uma estufa de plástico transparente, nas dimensões de 10,00 x 44,00 m. O plantio foi realizado no dia 12 de junho de 1995, adotando-se o espaçamento de 0,35 m entre os tubérculos e 0,80 m entre as linhas. Antes do início da diferenciação dos tratamentos, realizada aos 30 dias após o plantio (DAP), foram efetuadas irrigações em toda a área experimental, com intervalos periódicos de dois dias, aplicando um total de 40,0 mm, com a finalidade de uniformizar o teor de água no solo, para valores próximos ao da capacidade de campo. Este procedimento possibilitou a brotação e o estabelecimento da cultura.

Quadro 2 - Caracterização dos tratamentos

Tratamentos	Tensão da água no solo (kPa)	Lâmina de irrigação (mm)	Número de irrigações
T1	15	221,14	30
T2	35	204,40	15
T3	55	180,48	11
T4	75	132,24	07
T5	1500	97,82	03

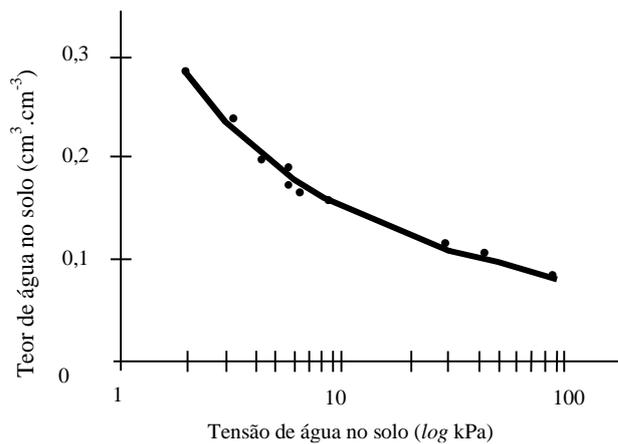


Figura 1 - Curva de retenção da água no solo, obtida em condições de campo.

Para o controle do volume de água aplicado em cada parcela, foi instalado na extremidade das mangueiras um tubo de PVC, em forma de "tê", perfurado na ponta, com diâmetro externo de 12,70 mm. Neste tubo foi acoplado um registro de esfera metálica de 12,70 mm, uma luva de redução de 19,05 x 12,70 mm e um hidrômetro magnético LAO-CLARIAS CL 3005, que apresenta as seguintes características²: vazão mínima de 0,040 m³/h, vazão nominal de 1,5 m³/h, diâmetro nominal de 20,0 mm e erro máximo relativo de $\pm 2\%$.

Foram efetuadas cinco coletas de plantas para determinar medidas biométricas que expressam a produtividade vegetal, aos 31- 44 - 57 - 70 - 84 DAP. Em cada amostragem, foram coletadas duas plantas de batata por parcela. As medições de área foliar (AF), em cm², foram realizadas nos mesmos dias das coletas de plantas, utilizando-se o integrador ótico HAYASSHI DENKOH AAM-8. Determinou-se a matéria seca dos tubérculos (MSTB), dos caules (MSC) e das folhas (MSF), média das duas plantas coletadas por parcela, através de secagem até massa constante, em estufa com circulação forçada de ar à 65 -75 °C, sendo posteriormente medida em balança digital DELTARANGE PC 2200, com divisão de 0,01 g. A matéria seca total foi considerada como sendo a soma da MSTB, MSC e MSF. Depois, os valores de matéria seca foram transformados para kg/m².

A razão tubérculo-parte aérea (TPA), em kg/kg, foi obtida para cada tratamento, através da Equação 2:

$$TPA = \frac{MSTB}{MSC + MSF} \quad (2)$$

Os valores de MST, IAF e MSF foram ajustados, pelo método dos quadrados mínimos, em relação ao tempo (DAP \rightarrow t), sendo os índices fisiológicos calculados pelo método funcional (Radford, 1967), segundo um modelo exponencial cúbico, através do programa "Anacres" (Portes & Castro Júnior, 1991) de acordo com as Equações 3, 4 e 5.

² LAO. Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo. Catálogo do fabricante. São Paulo. 1991

Área foliar específica (AFE), em m²/kg:

$$AFE = \frac{IAF}{MSF} \quad (3)$$

Razão de massa foliar (RMF), em kg/kg:

$$RMF = \frac{MSF}{MST} \quad (4)$$

Razão de área foliar (RAF), em m²/kg

$$RAF = \frac{IAF}{MST} \quad (5)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para a razão tubérculo-parte aérea (TPA) estão expressos na Figura 2. Pode-se observar que dos 31 aos 70 DAS, praticamente, não há diferença entre os tratamentos, com valores dos tratamentos T3 e T4 pouco superiores aos demais. Porém, a partir da terceira coleta, verifica-se que os tratamentos T4 e T5, submetidos a estresses hídricos mais intensos, diferenciam-se marcadamente dos outros tratamentos.

De acordo com Rodrigues (1990) a TPA define, em função da espécie vegetal e dos fatores de manejo agrônomo, quais órgãos estão se desenvolvendo mais rapidamente, devido ao maior acúmulo de fotoassimilados. Dessa forma, levando-se em conta que o crescimento da cultura da batata, como um todo, foi prejudicado pelo estresse hídrico, verifica-se que ocorreu favorecimento do incremento de MSTB em relação à parte aérea, nas plantas com menores lâminas de irrigação.

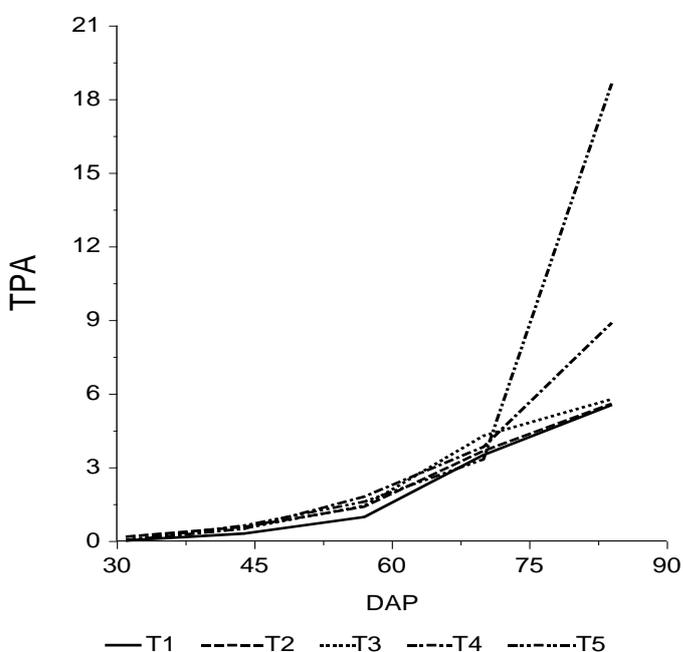


Figura 2 - Razão tubérculo-parte aérea (TPA), kg/kg, apresentada pelas plantas de batata submetidas a diferentes lâminas de irrigação, em relação aos dias após o plantio (DAP).

Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que plantas submetidas ao estresse hídrico procuram manter o turgor em regiões de crescimento e reserva, como os tubérculos (Chaves, 1991, 1995), através do direcionamento de açúcares para estes locais. Fato também observado por Shock et al. (1992) na cultura da batata.

A análise da Figura 2 permite verificar que, em todos os tratamentos, há aumento na TPA ao longo de todo o período estudado, revelando que durante todo o ciclo da cultura da batata, há um maior direcionamento de fotoassimilados para os tubérculos, órgãos de reserva desta espécie vegetal. Este padrão é o oposto do verificado por Aguiar Netto (1993) para culturas que produzem grãos, como *Pisum sativum*. Os valores elevados do tratamento T5 aos 84 DAS, reforçam a idéia da senescência precoce das plantas submetidas a um intenso estresse hídrico.

A Figura 3 traz os resultados obtidos para a área foliar específica (AFE), para as diferentes lâminas de irrigação ao longo do ciclo da cultura da batata. Observa-se que em todas as coletas os tratamentos T2 e T5 apresentam valores próximos, sendo superiores aos demais. O tratamento T4, a partir da segunda coleta, mostra os menores resultados, enquanto T3 e T1 exibem valores intermediários.

De acordo com Radford (1967), a AFE representa as diferenças no espessamento foliar, ou seja, permite verificar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou translocando-os para outros órgãos. Porém, os resultados auferidos neste trabalho, não permitem estabelecer com clareza o efeito das lâminas de irrigação neste índice fisiológico.

Considerando que a área foliar é um componente morfológico e a massa um componente anatômico de uma espécie vegetal, pois está relacionado à composição interna (número ou tamanho das células do mesofilo foliar), verifica-se que na verdade o inverso da AFE reflete a espessura das folhas (Benincasa, 1988). Assim, parece lógico que no início do desenvolvimento vegetativo os valores da AFE sejam maiores, caindo a seguir e tornando-se constante posteriormente, conforme analisou Rodrigues (1990). Nesse sentido, pode-se inferir que inicialmente as folhas das plantas de batata acumulam reservas para depois translocarem para os tubérculos.

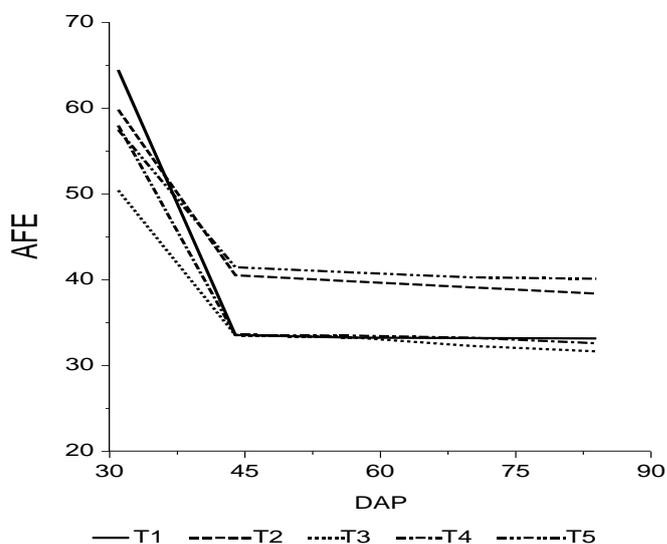


Figura 3 - Área foliar específica (AFE), m²/kg, apresentada pelas plantas de batata submetidas a diferentes lâminas de irrigação, em relação aos dias após o plantio (DAP).

Na Figura 4 podem ser vistos os resultados auferidos para a razão de massa foliar (RMF), para os diferentes tratamentos e coletas. De uma maneira geral, verifica-se que o tratamento T1 apresenta os maiores valores ao longo do tempo, praticamente igualando-se aos tratamentos T2 e T3 no final do período estudado. Já os menores valores são encontrados no tratamento T5, ou seja, aquele submetido à menor lâmina de irrigação.

A RMF indica a partição de fotoassimilados entre o crescimento das folhas e de outras partes da planta (Radford, 1967). Este componente da razão de área foliar é basicamente fisiológico, expressando a

fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta (Benincasa, 1988). Reflete, ainda, a relação do aparelho fotossintetizante com a fitomassa total (Rodrigues, 1990).

Assim, as diferenças entre os tratamentos refletem as diferenças na partição de assimilados, por efeito negativo do estresse hídrico. Este resultado, discorda, portanto, da afirmação de Lopes et al. (1982) que a RMF é uma característica conservadora das espécies vegetais.

Além disto, difere dos resultados obtidos para a cultura da batata por Wolfe et al. (1983), que não encontraram divergências na partição de fotoassimilados, entre tratamentos submetidos a diferentes lâminas de irrigação, e por Hang & Miller (1986) que observaram comportamento oposto. Estas discordâncias podem estar relacionadas à cultivar utilizada e condições experimentais.

Levando-se em conta, que as folhas são os centros de produção de matéria seca e que o resto da planta depende da exportação de material fotossintetizados por elas, a tendência da RMF é de apresentar valores elevados no início do período do desenvolvimento das culturas, para depois decrescer à medida em que os fotoassimilados são translocados para outros órgãos, como observado por Lopes et al. (1982) em *Phaseolus vulgaris*, Rodrigues (1982) em *Glycine max*, Rodrigues (1990) em *Stylosanthes guyanensis*, Urchei (1992) em *Hordeum vulgare*, Aguiar Netto (1993) em *Pisum sativum* e Moreira (1993) em *Phaseolus vulgaris*.

O efeito dos tratamentos sobre a razão de área foliar (RAF) ao longo do ciclo da cultura da batata, estão evidenciados na Figura 5. Conforme pode ser visto, os tratamentos T1 e T2, mais irrigados, apresentam valores levemente superiores aos demais em todas as coletas, sendo o tratamento T5 bastante prejudicado aos 84 DAS, ratificando a senescência precoce das plantas submetidas a um intenso estresse hídrico.

A RAF representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo bastante apropriada à avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais (Rodrigues, 1982). Este índice fisiológico expressa, também, a área foliar útil para a fotossíntese, sendo um componente morfo-fisiológico da análise de crescimento (Benincasa, 1988).

Dessa forma, constata-se que o aumento das lâminas de irrigação beneficia o tamanho relativo do aparelho fotossintético, resultando numa maior produção de matéria seca na cultura da batata.

A evolução da RAF com o tempo assemelha-se ao padrão relatado por Lopes et al. (1982), Aguiar Netto (1993) e Urchei (1992), ou seja, decresce com o desenvolvimento da cultura da batata, indicando uma partição diferencial de fotoassimilados, porque enquanto a MST continua a aumentar o IAF começa a reduzir.

Como a RAF é composta pela AFE e RMF (Radford, 1967, Pereira & Machado (1987), Benincasa (1988), percebe-se que a RAF foi mais fortemente influenciada pela RMF do que pela AFE, corroborando com a análise de Pereira & Machado (1987).

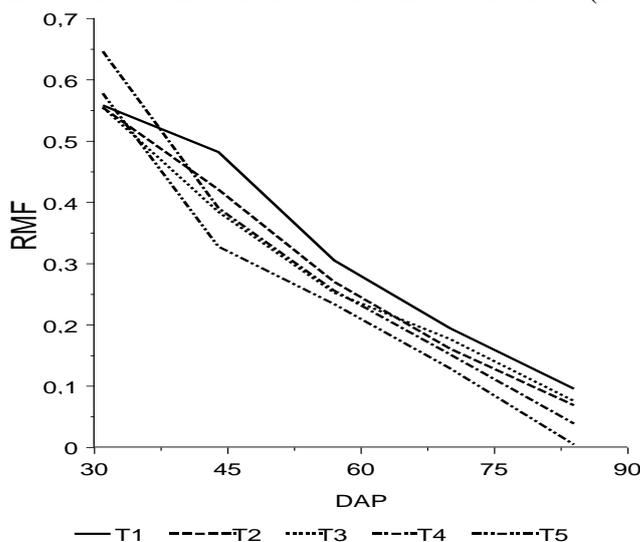


Figura 4 - Razão de massa foliar (RMF), kg/kg, apresentada pelas plantas de batata submetidas a diferentes lâminas de irrigação, em relação aos dias após o plantio (DAP).

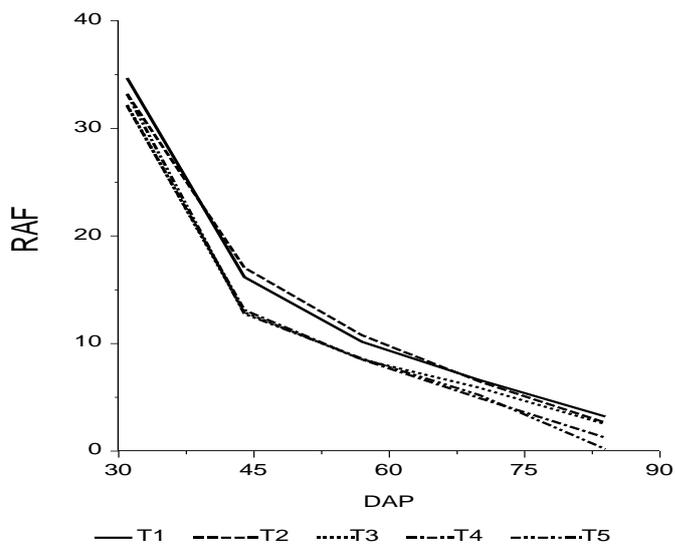


Figura 5 - Razão de área foliar (RAF), m²/kg, apresentada pelas plantas de batata submetidas a diferentes lâminas de irrigação, em relação aos dias após o plantio (DAP).

6 CONCLUSÕES

O aumento nas lâminas de irrigação induziu incremento na razão de massa foliar e razão de área foliar, e decréscimos na razão tubérculo parte-aérea, sem interferir no comportamento da área foliar específica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR NETTO, A. O. *Comportamento fisiológico e produtivo da ervilha (Pisum sativum L.), submetida a diferentes potenciais da água no solo*. Botucatu; 1993. 149p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- BEGG, J. E., TURNER, N. C. Crop water deficits. *Adv. Agron.*, v.28, p.161-217, 1976.
- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BOOCK, O. J. Escolha de um cultivar de batata. In: *Tecnologia e produção de batatas-semente*. Brasília: Ministério da Agricultura, 1976. p.27-34. (Coletânea de artigos técnicos da AGIPLAN).
- BRIGGS, G.E., KIDD, F., WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. part II. *Ann. Appl. Biol.*, v.7, n.2/3, p.202-23, 1920.
- CHAVES, M. M. Carbon assimilation by plants under water and high temperature stress - regulation at the leaf and the whole plant level. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5, 1995, Lavras. *Palestras ...* Lavras: Sociedade Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1995. p.75-90.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. Exp. Bot.*, v.42, p.1-16, 1991.
- DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. *Eng. Rural*, v.1, p.92-102, 1990.
- EKANAYAKE, I. J. *Estudios sobre el estres por sequia y necesidades de riego de la papa*. Lima: Centro Internacional de la Papa, 1994. 38p. (Guía de investigación CIP, 30).
- GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 44, p.892-8, 1980.

- HANG, A. N., MILLER, D. E. Yield and physiological responses of potatoes to deficit, high frequency sprinkler irrigation. *Agron. J.*, v.78, p.436-40, 1986.
- LOPES, N. L. et al. Análise de crescimento e conversão de energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Ceres*, v.29, p.586-606, 1982.
- MOREIRA, J. A. A. *Efeitos da tensão da água no solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade do feijão-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. Botucatu, 1993. 100p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- PARSONS, L.R. Breeding for drought resistance what plant characteristics impart resistance? *Hortscience*, v.14, p.590-3, 1979.
- PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. *Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas*, n.114, p.1-33, 1987.
- PORTES, T. A., CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v.3, p.53-56, 1991.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop. Sci.*, v.7, n.3, p.171-5, 1967.
- RODRIGUES, J. D. *Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (Stylosanthes guyanensis (aubl.) Sw. cv Cook), em cultivo hidropônico*. Botucatu, 1990. 180p. Tese (Livre Docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- RODRIGUES, S. D. *Análise de crescimento de plantas de soja (Glycine max (L.) Merrill) submetidas a carências nutricionais*. Rio Claro, 1982. 165p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- SHOCK, C.C. et al. Impact of early-season water deficits on russet burbank plant development, tuber yield and quality. *Am. Potato J.*, v. 69, p.793-803, 1992.
- URCHEI, M.A. *Efeitos de défices hídricos, em três estádios fenológicos, da cultura da cevada (Hordeum vulgare L.)*. Botucatu, 1992. 165p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- WHALE, D.M., HEILMEIER, H., MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. *Ann. Bot.(Lond.)*, v.56, p.631-50, 1985.
- WOLFE, D. W., FERERES, E., VOSS, R. E. Growth and yield of two potato cultivars to various levels of applied water. *Irrig. Sci.*, v.3, p.211-22, 1983.