

DINÂMICA DE PARTIÇÃO DE MATÉRIA SECA E ÁREA FOLIAR EM CLONES DE BATATA SOB CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR CALOR

Mikael de Paula Brandão¹, Mayra Alejandra Rincón Rueda², Júlia Aparecida Santin de Barros³, Fabrício Teixeira de Lima Gomes⁴, Luziane Brandão Alves⁵,
Tiago de Souza Marçal⁶, Lucimara Cruz de Souza⁷

^{1,2,3,5,6,7}Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Departamento de Biologia. Caixa Postal 3037 - 372000-000, Lavras-MG, Brasil, mikael.brandao1@estudante.ufla.br, mayra.rueda2@estudante.ufla.br, julia.barros@estudante.ufla.br, luziane.alves@ufla.br, tiago.marcal@ufla.br, lucimaracruz@ufla.br

⁴Universidade Federal de Lavras - Departamento de Ciência do Solo. Caixa Postal 372000-000, Lavras-MG, Brasil, agro.fabriciogomes@gmail.com

Resumo

O estresse por calor afeta negativamente a cultura da batata, alterando a alocação de fotoassimilados para as diferentes partes da planta. Nesse sentido, este trabalho buscou avaliar o efeito do estresse por calor na partição de matéria seca e formação de área foliar de sete clones pertencentes ao Programa de Melhoramento de Batata da UFLA - PROBATATA/UFLA. Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, adotando delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições por 54 dias. Cada planta teve as suas frações de massa seca e área foliar calculados. Todos os dados foram analisados no *software* R. Os resultados indicaram que todos os clones apresentam uma dinâmica de crescimento similar em casa de vegetação e potencial tolerância ao calor, justificada provavelmente pelo contexto de seleção. Além disso, notou-se uma correlação negativa para a fração de massa seca dos tubérculos e área foliar total. Para trabalhos futuros, recomenda-se avaliar esses clones em outras condições ambientais e para caracteres de interesse agrônomo ao longo do ciclo.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Tolerância ao calor. Alocação de fotoassimilados..

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Agronomia

Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) faz parte da família Solanaceae e do gênero *Solanum* e é considerada a cultura mais relevante do gênero (FAOSTAT, 2024). Seu centro de origem localiza-se na América do Sul, especificamente no atual território do Peru, onde é cultivada há mais de oito mil anos (Spooner *et al.*, 2005). A espécie passou por um longo processo de domesticação e, ao longo dos séculos, consolidou-se como um dos principais alimentos voltados à manutenção da segurança alimentar em diferentes regiões do mundo (Devaux *et al.*, 2020).

Trata-se de uma cultura tradicionalmente adaptada a condições de clima temperado, cujo cultivo é mais eficiente em temperaturas variando entre 15 °C e 21 °C (Demirel, 2023). Nesse contexto, regiões tropicais enfrentam desafios relacionados ao estresse por calor (Ribeiro *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2020). Esse estresse impacta significativamente a produtividade da cultura, interferindo na capacidade fotossintética, na alocação de fotoassimilados e na tuberização (Aien *et al.*, 2011).

No Brasil, a maioria das cultivares atualmente empregadas foi originalmente desenvolvida na Europa e nos Estados Unidos, regiões caracterizadas por temperaturas mais amenas e precipitação regular, o que limita o desempenho produtivo em território nacional (Pereira *et al.*, 2016). Contudo, Bodlaender (1963) já havia observado a existência de clones com temperatura ótima de cultivo superior a 30 °C, evidenciando distintos níveis de tolerância ao calor entre diferentes grupos de clones, característica que tem se tornado crucial para os programas de melhoramento genético de batata para condições tropicais e locais (Demirel, 2023).

Dessa forma, a seleção de clones que apresentem maior tolerância ao calor tem se tornado recorrente nos programas de melhoramento genético de plantas para condições tropicais e se baseia em inúmeros caracteres como produtividade e partição de biomassa seca acumulada (Figueiredo *et*

al., 2015; Zommick *et al.*, 2014). Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar a partição de biomassa em plantas de diferentes clones de batata cultivados sob estresse por calor e sua resposta a essa condição, fornecendo uma visão mais ampla sobre a tolerância ao calor e seus efeitos no crescimento de diferentes genótipos previamente selecionados.

Metodologia

O estudo avaliou sete clones de batata desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Batata da Universidade Federal de Lavras - PROBATATA/UFLA: CCF02-19, CCF03-09, CCF22-10, CCF23-01, CCF24-13, CCF25-06 e CCF25-08. Todos foram selecionados previamente para tolerância ao calor (Fernandes Filho *et al.*, 2021).

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação do Departamento de Biologia (DBI) da UFLA, situada em Lavras, Minas Gerais, Brasil. Adotou-se Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico com volume de três litros preenchido com substrato organo-mineral comercial. Durante o plantio dos tubérculos-semente (cerca de 2 cm de diâmetro), foi realizada a aplicação de três gramas de adubo N-P-K, na formulação 8-28-16, por vaso. As plantas foram irrigadas diariamente conforme sua demanda hídrica e acompanhadas para controle de ácaros, bactérias, fungos e vírus que pudessem prejudicar seu desenvolvimento. As temperaturas foram registradas com auxílio de um termo-higrômetro digital.

As análises de crescimento foram realizadas após 54 dias do plantio (DAP) e incluíram os caracteres de área foliar total (AF em cm²) e frações de massa seca das raízes (FMSR), caules (FMSC), folhas (FMSF), pecíolos (FMSP) e tubérculos (FMST). A partição da massa seca entre as partes das plantas foi calculada como porcentagem de massa seca de cada parte em relação à massa seca total obtida em cada amostragem, conforme descrito por Benincasa (2003). Para obtenção dos valores de massa seca, as plantas foram segmentadas em raízes, caules, folhas, pecíolos e tubérculos (Figura 1) e as partes vegetais foram colocadas em estufa, a 65° C, com fluxo de ar forçado até atingirem peso constante. Após a secagem, realizou-se a pesagem (CIP, 2010).

Figura 1 - Segmentação das plantas em raízes, caules, folhas, pecíolos e tubérculos.



Fonte: elaboração própria.

Para a determinação da área foliar, as lâminas foliares de cada planta foram medidas com auxílio de integrador de área foliar de bancada marca LI-COR Biosciences e modelo LI-3100, localizado no no Setor de Recursos Hídricos do Departamento de Recursos Hídricos da UFLA.

Os dados foram submetidos a análises de variância (ANOVA) e sempre que o efeito de clones foi significativo, realizou-se o agrupamento das médias pelo método de Scott-Knott a 5% de significância. Juntamente, foi elaborado um gráfico de correlação entre os caracteres de área foliar (AF) e a massa seca dos tubérculos (MST). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R (R Core Team, 2025).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Resultados

Durante a condução do experimento, as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas diurnas foram 19,5 °C, 34 °C e 43 °C respectivamente, e as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas noturnas foram 19,45 °C, 21,81 °C e 28 °C, respectivamente.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) e o número de grupos formados pelo teste de Skott-Knott, apresentados na tabela a seguir (Tabela 1), demonstraram que houve efeito significativo para área foliar (AF), fração de massa seca das folhas (FMSF), fração de massa seca das raízes (FMSR) e fração de massa seca dos tubérculos (FMST).

Tabela 1 - Análise de Variância (ANOVA) referente aos caracteres de Área Foliar e Frações de Massa Seca das partes da planta e número de grupos formados pelo teste Skott-Knott.

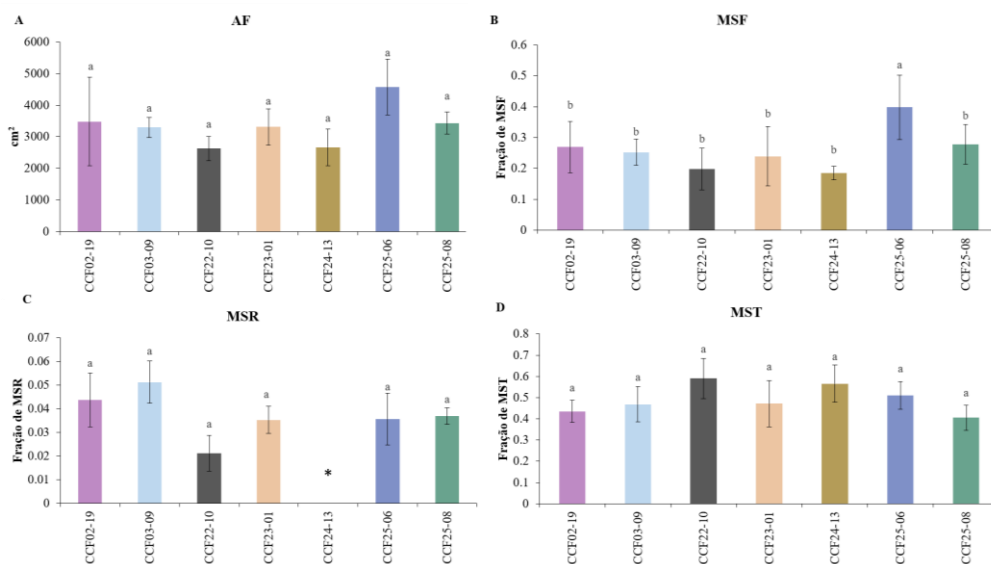
Caracteres	Clones	Resíduos	Média	Nº de grupos (SK)
AF	47,33*	52,67	3337,93	1
FMSC	39,47 ^{ns}	60,53	0,14	-
FMSF	48,40*	51,60	0,26	2
FMSP	30,86 ^{ns}	69,14	0,07	-
FMSR	61,21*	39,79	0,04	1
FMST	47,90*	52,10	0,49	1

Nº de grupos (SK): quantidade de grupos formados pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$); **: significativo a 1% de probabilidade; *: significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo. AF: área foliar; FMSC: fração de massa seca do caule; FMSF: fração de massa seca das folhas; FMSP: fração de massa seca dos pecíolos; FMSR: fração de massa seca da raiz; FMST: fração de massa seca dos tubérculos.

Fonte: elaboração própria.

Para os caracteres com efeito significativo, as médias entre os clones foram similares e indicam uma dinâmica de crescimento similar entre eles (Figura 2).

Figura 2 - Área foliar (A) e Frações de Massa Seca das folhas (B), das raízes (C) e dos tubérculos (D) dos clones de batata avaliados aos 54 DAP.



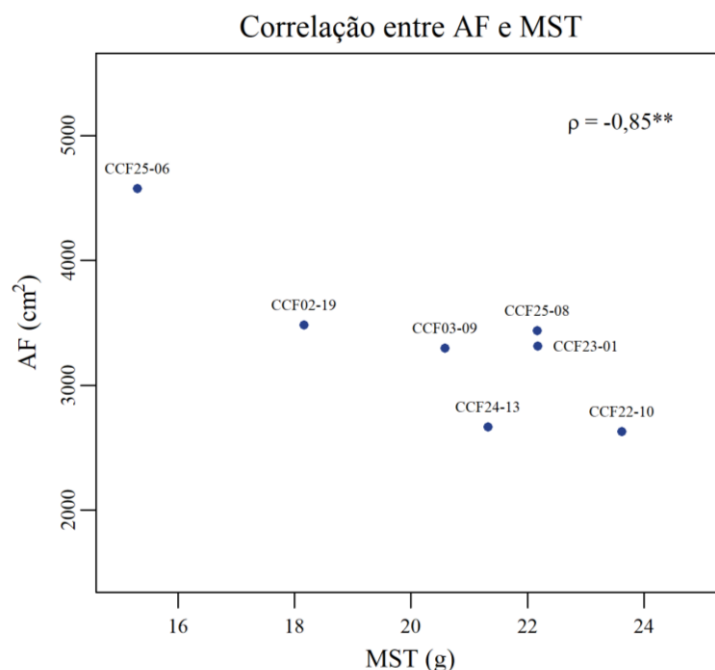
As barras de erro representam o desvio padrão da média. Letras acima das barras indicam os grupos de médias formados entre os clones pelo teste de Scott-Knott à 5% de significância. *O clone CCF24-13 apresentou valores insignificantes para Fração de Massa Seca das raízes.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Fonte: elaboração própria.

Considerando a análise de correlação entre as médias dos caracteres massa seca do tubérculo e área foliar, baseado no coeficiente de correlação de Pearson e apresentado no gráfico abaixo (Figura 3), observou-se uma elevada correlação negativa entre esses caracteres ($\rho = -0,85$). Ou seja, os clones com maior acúmulo de MS nos tubérculos, têm uma menor área foliar total, e vice-versa.

Figura 3 - Correlação referente às variáveis de Massa Seca dos Tubérculos (MST, g) e Área Foliar (AF, cm²).



Fonte: elaboração própria.

Discussão

Os dados obtidos demonstram que os clones apresentam uma partição de biomassa parecida entre si, pressupondo que esses clones selecionados para tolerância ao calor provavelmente possuem as mesmas estratégias de crescimento e alocação de fotoassimilados (Fontes; Finger, 1999; Silva *et al.*, 2023).

Juntamente, corroboram a literatura existente sobre a partição de biomassa em plantas de batata no mesmo período de tempo da avaliação (54 DAP). Tekalign e Hammes (2005) afirmam que o sistema radicular representa cerca de 4% da MS total da planta de batata, reduzindo gradativamente ao longo do ciclo. Contudo, essa proporção é variável de acordo com a cultivar e com as condições de cultivo. Yonori (2003) constatou um aumento progressivo do acúmulo de fotoassimilados para os tubérculos a partir de 50 DAP para a cultivar Atlantic sob altas temperaturas, enquanto Pereira *et al.* (2021) ao analisar quatro cultivares observaram que a fração de MS dos tubérculos aumenta progressivamente a partir de 50 DAP, representando cerca de 50% da MS total das plantas aos 55 DAP e, a fração de MS das folhas diminui gradativamente a partir de 34 DAP e representa cerca de 30% da MS total aos 55 DAP.

Desse modo, percebe-se uma dinâmica de distribuição de fotoassimilados nos clones analisados similar àquelas observadas em cultivares já estabelecidas no mercado como Atlantic, Asterix e Ágata cultivadas em temperaturas elevadas no território brasileiro. Esses resultados indicam potencial de inserção dos clones analisados como possíveis cultivares aptas à disputa no mercado nacional.

Juntamente, foi possível perceber que os clones CCF03-09, 22-10, 23-01, 24-13 e 25-08 apresentaram um maior acúmulo de massa seca nos tubérculos formando uma menor área foliar total. Esse aspecto de crescimento é constatado para plantas de batata consideradas mais tolerantes ao calor (Batutis; Ewing, 1985; Burton, 1964) e esperado para esse grupo de clones avaliado.

Conclusão

Todos clones apresentaram uma dinâmica de crescimento similar em casa de vegetação, apresentando valores próximos para as frações de massa seca nos tubérculos e média de área foliar.

Os resultados também indicam que os clones apresentam potencial tolerância ao calor, justificada pelo contexto de seleção para tolerância e recomenda-se avaliá-los em diferentes condições de cultivo, bem como seu desempenho em caracteres agrônômicos específicos ao longo de todo o ciclo vegetativo.

Referências

- AIEN, A.; KHETARPAL, S.; PAL, M. Photosynthetic characteristics of potato cultivars grown under high temperature. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 11, p. 633-639, 2011.
- BATUTIS, E. J.; EWING, E. E. Far-reversal of red light effect during long-night induction of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Physiol.** v. 69, p. 672-674, 1982.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- BODLAENDER, K. B. A. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. In: IVINS, J. D.; MILTHORPE, F. L. (Ed.). **The growth of the potato**, p. 199-210, 1963. London: Butterworths, 1963.
- BURTON, W. G. **The potato**: a survey of its history and of factors influencing its. Wageningen: H. Veenman and Zonen, 1964.
- CIP - CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa: guía para cooperadores internacionales**. Lima: CIP, 2010.
- DEMIREL, U. Environmental requirements of potato and abiotic stress factors. In: KHAN, M. A.; FAISAL, M. (Ed.). **Potato Production Worldwide**. Cambridge, MA: Academic Press, 2023. p. 71-86. DOI: 10.1016/B978-0-12-822925-5.00011-6.
- DEVAUX, A.; GOFFART, J. P.; PETSAKOS, A.; KROMANN, P.; GATTO, M.; OKELLO, J.; SUAREZ, V.; HAREAU, G. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In: CAMPBELL, S. (ed.). **The potato crop**, 2020. p. 3-35. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-51.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Roma, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- FERNANDES FILHO, C. C.; ANDRADE, M. H. M. L.; DE SOUZA MARÇAL, T.; FERNANDES, M. O.; BASTOS, A. J. R.; GUEDES, M. L.; RIBEIRO, S. R. R. de P.; PINTO, C. A. B. P.; NUNES, J. A. R. Selection of potato clones for heat tolerance and resistance to potato viruses X and Y for processing purposes. **Crop Science**, v. 61, n. 1, p. 552-565, 2021. DOI: 10.1002/CSC2.20361.
- FIGUEIREDO, I. C. R.; PINTO, C. A. B. P.; RIBEIRO, G. H. M. R.; LINO, L. O.; LYRA, D. H.; MOREIRA, C. M. Eficiência de seleção em gerações precoces de famílias de batata visando a tolerância ao calor. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 210-217, 2015. DOI: 10.1590/1984-70332015v15n4a37.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, v.20, p. 24-29, 1999.

PEREIRA, G. E.; RAGASSI, C. F.; CARVALHO, A. D. F.; SILVA, G. O.; VILELA, M. S. Growth and yield of potato genotypes in the Brazilian Midwest. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e64339, 2021. DOI: 10.1590/1983-40632020v50e64339.

R CORE TEAM (2025). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, G. H. M. R.; BENITES, F. R. G.; BRITO, V. H.; MELO, P. C. T.; MELO, D. G. Seleção de famílias para aparência dos tubérculos e tolerância a temperaturas elevadas em batata. **Bragantia**, v. 73, p. 390-398, 2014. DOI: 10.1590/1678-4499.0108.

SILVA, G. O. de; RODRIGUES, E. M. P.; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; EMYGDIO, B. M.; SANTOS, L. A.; RAGASSI, C. F.; CARVALHO, A. D. F. de; BORTOLETTO, A. C.; FELDBERG, N. P.; LOPES, C. A. Growth, tuber yield and quality of potato clones and cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 41, p. e2536, 2023.

SINGH, B.; KUKREJA, S.; GOUTAM, U. Impact of heat stress on potato (*Solanum tuberosum* L.): present scenario and future opportunities. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 95, n. 4, p. 407-424, 2020. DOI: 10.1080/14620316.2019.1700173.

SPOONER, D. M.; MCCLEAN, K.; ROGERS, J. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 41, p. 14694-14699, 2005. DOI: 10.1073/pnas.0507400102.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'**. 2003. 66p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

ZOMMICK, D. H.; KNOWLES, N. R.; THILL, C. A. In-season heat stress compromises postharvest quality and low-temperature sweetening resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Planta**, v. 239, p. 1243-1263, 2014.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES, FAPEMIG, CNPq, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras e UFLA.