

CONTEÚDO DE CARBOIDRATOS COMO INDICADORES DE TOLERÂNCIA À HIPÓXIA EM PLANTAS ENXERTADAS DE PESSEGUEIROS SOB ALAGAMENTO RECORRENTE

JONATAN EGEWARTH¹; MEMOONA BIBI²; SIMONE RIBEIRO LUCHO³;
PEDRO YWAO DOS SANTOS NAMAZU⁴; JOÃO CANHADA DE GÓZ FARIA⁵;
VALMOR JOÃO BIANCHI⁶

¹Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – egewarthjonatan@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – memoonafaiz5@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – simonibelmonte@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – pedroywaonmz@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – jgozfaria@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – valmorjb@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

O aumento das mudanças climáticas na atualidade ocasiona distúrbios ambientais e econômicos cada vez mais frequentes e evidentes, como o aumento da intensidade e duração de precipitações em determinados períodos do ano e regiões do planeta, como observado nos anos de 2023, 2024 e 2025 no estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil (NETO et al., 2025). Esses fenômenos levam ao alagamento do solo, causando a hipóxia e/ou a anóxia (baixa disponibilidade e ausência de gás oxigênio, respectivamente) do sistema radicular das plantas nestes ambientes, como é o caso do pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch], que de forma geral é um exemplo de espécie sensível à hipóxia do sistema radicular, apresentando variação nos níveis de tolerância entre genótipos (EGEWARTH et al., 2024). Embora cerca de 65% da produção brasileira de pêssegos advenha do RS, sendo a microrregião de Pelotas responsável por mais de 90% do pêssego destinado às indústrias de compota e outros derivados, suas produtividades médias são mais baixas (em média 11,22 t/ha e 7,54 t/ha, respectivamente) em relação a outros locais de produção, como São Paulo (21,67 t/ha) (IBGE, 2023).

Os pomares de pessegueiro no RS são formados por cultivares copa enxertadas sobre porta-enxertos produzidos a partir de sementes de caroços descartados pelas indústrias conserveiras. Essa prática torna o sistema radicular sem identidade genética conhecida, com características fisiológicas e fitossanitárias inadequadas, causando prejuízos na produção, sendo imprescindível a seleção e escolha de porta-enxertos com maior nível de tolerância ao encharcamento do solo para mitigar os efeitos deste estresse. De acordo com EGEWARTH et al. (2024), pessegueiros 'Chimarrita' enxertados sobre 'Tsukuba-1' apresentaram respostas ecofisiológicas mais adequadas em relação a 'Chimarrita'/'Capdebosq' sob condições de alagamento. Diante desse cenário, objetivou-se investigar a relação de carboidratos na casca, lenho e raízes de pessegueiros da cultivar Chimarrita enxertada sobre 'Tsukuba-1' e 'Capdebosq' em condições de alagamento (hipóxia) recorrente.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado em casa de vegetação localizada no Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas – Brasil/RS, de agosto a outubro de 2023. Foram utilizados pessegueiros com quatro anos de idade e 1,3 metros de altura da cultivar copa Chimarrita que cresciam em vasos (20 litros). O

delineamento experimental foi inteiramente casualizado, bifatorial (2X4), sendo os fatores genótipo do porta-enxerto ('Tsukuba-1' e 'Capdeboscq') e condição hídrica (referência, 1º alagamento; 2º alagamento e recuperação do 2º alagamento). Os períodos de alagamento foram de sete dias e os períodos de recuperação foram de 30 dias após os alagamentos. As variáveis avaliadas foram açúcares solúveis totais (AST), sacarose, polissacarídeos solúveis em água (PSA) e amido em casca, lenho e raiz. Foram coletados ramos e raízes entre 9h30 e 10h30, utilizando-se as porções medianas dos ramos para as amostragens, separando-se a casca do lenho, aferindo aproximadamente 0,3 g de massa fresca (MF). A extração de AST e sacarose foi realizada conforme descrito por ZANANDREA et al. (2009), enquanto a extração de PSA e amido foi de acordo com MCCREADY et al. (1950) e a quantificação da concentração dos carboidratos conforme GRAHAM; SMYDZUC (1965). A análise ANOVA foi realizada seguida do Teste de Tukey ($P \leq 0,05$) com o software estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para PSA em lenho e sacarose em raiz houve diferença entre os fatores isolados (Tabela 1). Para AST em lenho houve diferença apenas para o fator condição hídrica (Tabela 1). Para amido em lenho não houve interação nem diferença entre os fatores isoladamente, apresentando uma média geral de 30,37 mg g⁻¹ MS (CV = 14,89%). Os AST no lenho se acumularam mais na condição hídrica de recuperação do 2º alagamento, enquanto PSA no lenho se acumularam mais nas condições de alagamento. Os menores teores de sacarose nas raízes foram obtidos nas condições de 2º alagamento e recuperação do 2º alagamento.

Tabela 1: Açúcares solúveis totais (AST) em lenho, polissacarídeos solúveis em água (PSA) em lenho e sacarose em raiz de pessegueiros [*Prunus persica* (L.) Batsch] da cultivar Chimarrita enxertada em distintos porta-enxertos (PE) sob distintas condições hídricas

Condição Hídrica	AST lenho (mg g ⁻¹ MF)	PSA lenho (mg g ⁻¹ MS)	Sacarose raiz (mg g ⁻¹ MF)
Referência	8,32 ± 0,79 b	13,36 ± 1,06 b	2,60 ± 0,66 a
1º Alagamento	7,86 ± 1,23 b	21,35 ± 3,09 a	2,73 ± 0,92 a
2º Alagamento	3,63 ± 0,78 b	24,84 ± 1,86 a	1,07 ± 0,47 b
Recup. 2ºAlag.	23,06 ± 2,12 a	18,83 ± 1,66 ab	1,03 ± 0,12 b
Genótipo PE			
'Tsukuba-1'	10,04 ± 2,21 ^{ns}	21,66 ± 2,20 a	1,10 ± 0,14 b
'Capdeboscq'	11,40 ± 2,55	17,53 ± 1,19 b	2,61 ± 0,58 a
CV (%)	33,32	23,14	61,84

Médias ± erro seguidas de letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$); PE – porta-enxerto; CV (%) – Coeficiente de variação.

Para AST, sacarose, PSA e amido em casca, AST, PSA e amido em raiz e sacarose em lenho houve interação entre os fatores (Figura 1). 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' apresentou os maiores teores de AST na casca no 2º alagamento e recuperação do 2º alagamento em relação às demais condições hídricas e em comparação a 'Chimarrita'/'Capdeboscq' nessas duas condições, que apresentou menor teor na recuperação do 2º alagamento em relação às demais condições hídricas (Figura 1A). Para sacarose na casca, 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' apresentou menores teores na recuperação do 2º alagamento em comparação a

'Chimarrita'/'Capdeboscq', que apresentou o maior teor de sacarose na casca na recuperação do 2º alagamento em comparação às demais condições (Figura 1B).

'Chimarrita'/'Tsukuba-1' apresentou o menor teor de PSA na casca no 2º alagamento, enquanto 'Chimarrita'/'Capdeboscq' não diferiu entre as diferentes condições hídricas (Figura 1C). Na condição referência, 1º alagamento e recuperação do 2º alagamento 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' apresentou valores de amido na casca superiores a 'Chimarrita'/'Capdeboscq'. Um maior teor de amido na casca em 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' foi verificado na recuperação do 2º alagamento, e em 'Chimarrita'/'Capdeboscq' no 2º alagamento (Figura 1D).

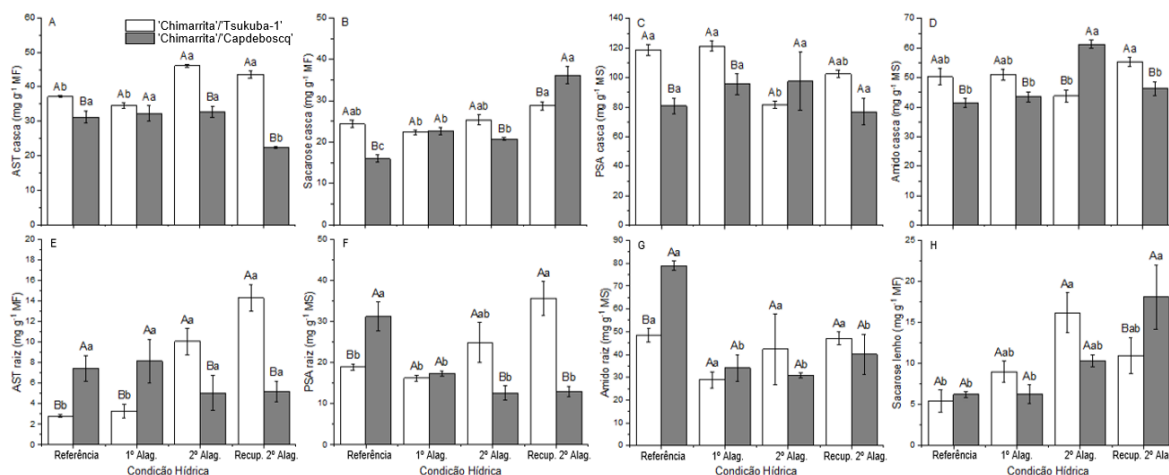


Figura 1: Açúcares solúveis totais (A, E), sacarose (B, H), polissacarídeos solúveis em água (C, F) e amido (D, G) de casca (A, B, C, D), lenho (H) e raiz (E, F, G) de pessegueiros [*P. persica* (L.) Batsch] 'Chimarrita' enxertados sobre 'Tsukuba-1' e 'Capdeboscq' em condições de alagamento (Alag.) recorrente e recuperação (Recup.). As barras de erro representam o erro padrão (n=3). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre os distintos genótipos sob mesma condição hídrica, enquanto letras minúsculas distintas indicam diferenças entre o mesmo genótipo sob condições hídricas distintas, pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

'Chimarrita'/'Tsukuba-1' apresentou maiores teores de AST nas raízes no 2º alagamento e na recuperação do 2º alagamento em relação às demais condições hídricas e a 'Chimarrita'/'Capdeboscq' nestas condições (Figura 1E). Na condição referência 'Chimarrita'/'Capdeboscq' apresentou maiores teores de PSA nas raízes às demais condições e a 'Chimarrita'/'Tsukuba-1', que apresentou maiores teores no 2º alagamento e na recuperação do 2º alagamento em relação às demais condições e a 'Chimarrita'/'Capdeboscq' (Figura 1F). Na condição de referência, 'Chimarrita'/'Capdeboscq' apresentou teor de amido nas raízes superior ao de 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' e às demais condições hídricas, enquanto não houve variação para 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' nas diferentes condições hídricas (Figura 1G). Em relação à sacarose lenho, observa-se que 'Chimarrita'/'Capdeboscq' apresentou maior teor na recuperação do segundo alagamento em relação às demais condições hídricas e a 'Chimarrita'/'Tsukuba-1', que no 2º alagamento apresentou maior teor em comparação às demais condições hídricas (Figura 1H).

Uma vez que polissacarídeos auxiliam no ajuste osmótico (JIANG; VAN ZANTEN; SASIDHARAN, 2025), os menores teores de AST em lenho podem estar relacionados ao seu direcionamento para a biossíntese de polissacarídeos neste órgão, diminuindo o potencial osmótico e contribuindo com a continuação do transporte de água, assim como em casca e raízes de 'Chimarrita'/'Tsukuba-1'. O menor acúmulo de sacarose e de AST nas raízes de genótipos mais sensíveis à hipóxia tem sido relacionado ao seu maior consumo neste órgão pela etapa

glicolítica durante o alagamento recorrente, em virtude da ativação da respiração anaeróbica (JIANG; VAN ZANTEN; SASIDHARAN, 2025). Segundo EGEWARTH et al. (2024), pessegueiros 'Chimarrita'/'Capdeboscq' sob alagamento recorrente não recuperaram adequadamente seus parâmetros fotossintéticos, o que pode explicar a conservação de baixos níveis de carboidratos em raízes de 'Chimarrita'/'Capdeboscq' na recuperação do 2º alagamento, devido à falta de reposição de foto-assimilados, diferentemente de 'Chimarrita'/'Tsukuba-1', que recuperaram sua atividade fotossintética (EGEWARTH et al., 2024) e mantiveram níveis mais elevados de AST e PSA em suas raízes.

4. CONCLUSÕES

Maiores concentrações de AST e PSA em casca e raiz, na combinação 'Chimarrita'/'Tsukuba-1' durante alagamento recorrente e recuperação, demonstram ser parâmetros ligados à tolerância ao estresse por hipóxia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EGEWARTH, J.; LEIVAS, G.; LUCHO, S. R.; PARAGINSKI, J. A.; MORAES, M. P.; BIANCHI, V. J. Porta-enxertos de *Prunus persica* induzem tolerância diferencial a alagamento recorrente em pessegueiros cv. 'Chimarrita'. In: **10ª SIIPE - XXVI ENPÓS**, Pelotas, 2024. Anais do XXVI ENPÓS - Encontro de Pós-graduação 2024, 2024.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- GRAHAM, D.; SMYDZUC, J. Use of anthrone in the quantitative determination of hexose phosphates. **Analytical Biochemistry**, v. 11, p. 246-255, 1965.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. Acessado em 30 jun. 2024. Online. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>
- JIANG, Z; VAN ZANTEN, M; SASIDHARAN, R. Mechanisms of plant acclimation to multiple abiotic stresses. **Communications biology**, v. 8, n. 655, p. 1-15, 2025.
- McCREADY, R.M.; GUGGOLS, J., SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination the starch and amilose in vegetables: applications to pea. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- NETO, J. B. F.; FREITAS, M. S.; SIMÕES, P. S. M.; PEREIRA, G.; LEÃO, H. S.; CALMON, A. V. V.; GÜCKER, B. Impact of April and May, 2024 extreme precipitation on flooding in Rio Grande do Sul, Brazil. **URBAN CLIMATE**, v. 61, n. 102487, p. 1-14, 2025.
- ZANANDREA, I.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; HENRIQUE, P. C.; SILVEIRA, N. M. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 661-669, 2009.