

DESVENDANDO A ATENÇÃO EM PLANTAS: ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DO ELETROMA ENTRE DIFERENTES MÓDULOS DE ARROZ

THIAGO F. C. OLIVEIRA¹; DOUGLAS ANTONIO POSSO²; HELENA CHAVES TASCA³; GABRIELA NIEMEYER REISSIG⁴; GUSTAVO MAIA SOUZA⁵

¹LACEV-UFPEL – fthicar@gmail.com

²LACEV-UFPEL – douglasposso@hotmail.com

³LACEV-UFPEL – hctasca@gmail.com

⁴LACEV-UFPEL – gabriela.niemeyer.reissig@gmail.com

⁵LACEV-UFPEL – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As plantas são seres cognitivos, capazes de perceber e interagir de maneira adaptativa com o ambiente. Elas demonstram habilidades como memória, associação, percepção, aprendizagem, resolução de problemas, tomada de decisões e ação. Entre os subprocessos que sustentam a cognição, destaca-se a atenção, que envolve o processamento, a seleção e a organização de pistas ambientais (GRONDIN, 2016). A atenção demanda uma escolha deliberada, implicando o investimento de energia em uma ação específica (MARDER, 2009, 2012).

Baseado na definição de MARDER (2012), plantas podem ser vistas como dotadas de atenção, controlando suas reservas energéticas em resposta a desafios ambientais. Exemplos incluem plantas trepadeiras que buscam ativamente os melhores suportes (GUERRA et al., 2019), a armadilha de Vênus (*Dionaea muscipula*) que conta os toques de insetos em seus tricomas antes de fechar suas armadilhas (BÖHM et al., 2016), e a cuscuta (*Cuscuta racemosa* Mart.) que distingue entre alvos (PARISE et al., 2021).

A eletrofisiologia é uma ferramenta eficaz para investigar essa hipótese, uma vez que a sinalização elétrica é uma forma eficiente e rápida de troca de informações em plantas (DE LOOF, 2016; CHOI et al., 2017; DE TOLEDO et al., 2019). Ao analisar o eletroma, podemos explorar o mecanismo de atenção por meio da sincronização dos sinais elétricos emitidos por diferentes módulos.

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a sincronização dos sinais elétricos de plantas de arroz e suas perfilhas, medindo o caule e a parte apical antes e após estresse salino, e avaliar as séries temporais obtidas através dos cálculos da Densidade Espectral de Potência (*Power Spectral Density* - PSD) e TDAF (*Time Dispersion Analysis of Features*) (COSTA, 2023) com posterior análise de correlação de Pearson.

2. METODOLOGIA

Sementes de arroz (*Oryza sativa*) da cultivar Nippombare foram cultivadas na sala de experimentação do Laboratório de Cognição e Eletrofisiologia Vegetal (LACEV), UFPEL, em vasos de 700 mL preenchidos com areia. A irrigação foi mantida diariamente para garantir uma lâmina d'água, com aplicação de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) duas vezes por semana. No final do estágio vegetativo, as plantas foram submetidas às análises.

O sinal elétrico foi captado utilizando o equipamento MP36 (Biopac Systems), sendo registrado por 2 horas antes e 3 horas após o estresse. O estresse

consistiu na aplicação de 100 mL de solução salina (NaCl 150 mM) diretamente na raiz. Foram realizadas 20 repetições biológicas para cada tratamento.

As análises das séries temporais do sinal elétrico utilizaram a técnica de Densidade Espectral de Potência (*Power Spectral Density* - PSD). Para visualização e compilação dos dados foi usado a técnica de TDAF. Com os dados obtidos foi realizada a análise de Correlação de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de PSD (Figura 1) revelam que, antes do estresse, embora os diferentes módulos apresentem um comportamento mediano semelhante, o caule da planta mãe se destaca por exibir maiores variações ao longo do tempo, diferenciando-se dos demais módulos. Após a aplicação do estresse, observa-se um pico significativo de aumento na energia nos primeiros minutos, que, entretanto, diminui rapidamente até alcançar um valor basal. A partir desse ponto, as variações entre os módulos tendem a se sincronizar, indicando uma uniformidade no comportamento dos módulos em resposta ao estímulo aplicado.

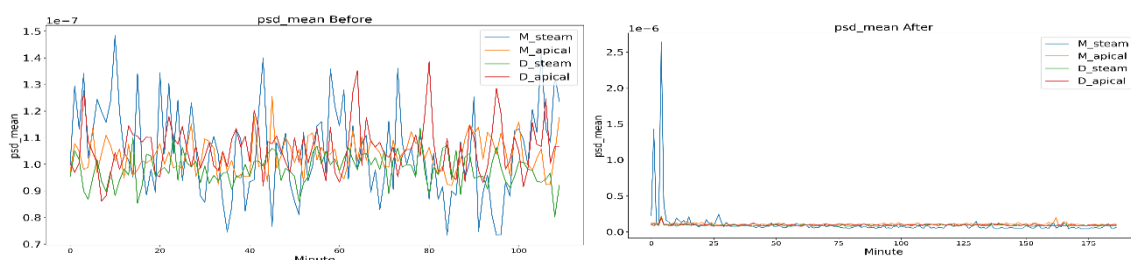


Figura 1: Gráfico de TDAF demonstrando os valores de PSD, gráfico a direita antes e a esquerda após o tratamento. As linhas representam os valores medianos das medições a cada minuto de todas as plantas analisadas.

A Figura 2 apresenta os valores de correlação de Pearson relativos à análise da Densidade Espectral de Potência (PSD). Antes da aplicação do estresse, os valores de correlação permaneceram próximos a zero, com o valor mais elevado sendo de 0,1, observado entre o caule da planta mãe e o caule da planta filha. Após o estresse, as correlações entre todos os módulos aumentaram de forma significativa, com o menor valor de correlação sendo de 0,3 entre as partes apicais da mãe e da filha, e o maior valor registrado foi de 0,7 entre os caules, aproximando-se de uma correlação quase perfeita.

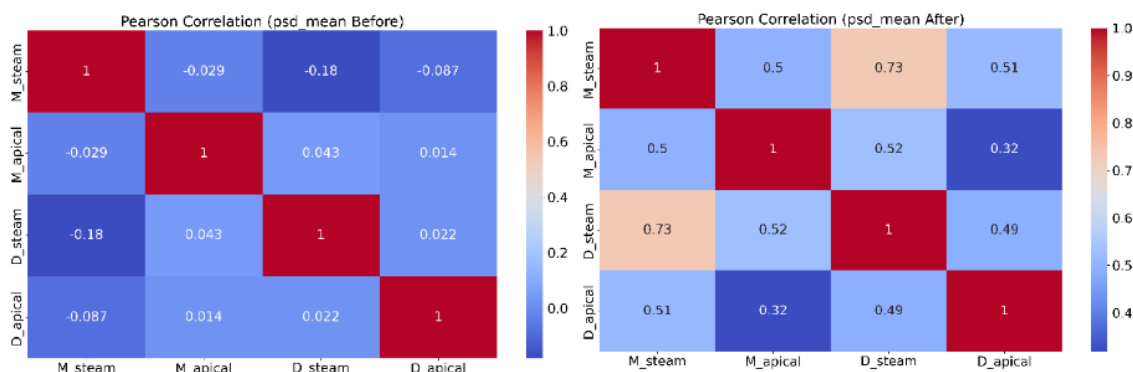


Figura 2: Gráfico da correlação de Pearson para a análise de PSD, onde as cores mais escuras indicam baixas correlações, enquanto as cores mais claras representam correlações mais elevadas.

O estudo revelou que o comportamento elétrico do caule da planta mãe, inicialmente distinto dos outros módulos, se altera drasticamente após a aplicação de solução salina. Verificamos um aumento significativo de potência e após uma maior sincronia com os outros módulos. A análise de correlação indicou que essa sincronização, especialmente entre os caules da mãe e da filha, é consistente com a função de transmissão de informações desempenhada pelos caules, sugerindo que eles são os primeiros a sincronizar suas informações por meio do sinal elétrico.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação de solução salina provocou uma resposta significativa no comportamento bioelétrico das plantas de arroz. Antes do estresse, o caule da planta mãe apresentou uma complexidade distinta, destacando-se dos demais módulos. No entanto, após o estímulo, houve uma sincronização evidente entre os módulos, com aumento na complexidade do caule da planta mãe e uma correlação mais forte entre os diferentes módulos, especialmente entre os caules da mãe e da filha. Esses resultados preliminares sugerem que o caule pode desempenhar um papel central na transmissão e sincronização das informações elétricas, respondendo de forma adaptativa ao estresse aplicado. Esse processo indica um comportamento atencional da planta, focado na resolução de um problema iminente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÖHM, Jennifer et al. The Venus Flytrap *Dionaea muscipula* Counts Prey-Induced Action Potentials to Induce Sodium Uptake. *Current Biology*, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 286–295, 2016.
- COSTA, Ádrya Vanessa Lira et al. Systemic signals induced by single and combined abiotic stimuli in common bean plants. **Plants**, v. 12, n. 4, p. 924, 2023.
- CHOI, Won-Gyu et al. Orchestrating rapid long-distance signaling in plants with Ca²⁺, ROS and electrical signals. **The Plant Journal**, [s. l.], v. 90, n. 4, p. 698–707, 2017.
- DE LOOF, Arnold. The cell's self-generated "electrome": The biophysical essence of the immaterial dimension of Life? **Communicative & Integrative Biology**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. e1197446, 2016.

- DE TOLEDO, Gabriel R. A. *et al.* Plant electrome: the electrical dimension of plant life. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 21–46, 2019.
- GAGLIANO, Monica *et al.* Learning by association in plants. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 38427, 2016.
- GUERRA, Silvia *et al.* The coding of object thickness in plants: When roots matter. **Journal of Comparative Psychology**, [s. l.], v. 135, n. 4, p. 495–504, 2021.
- GUERRA, Silvia *et al.* Flexible control of movement in plants. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 16570, 2019.
- GRONDIN, Simon. Perception and Attention. *Em: PSYCHOLOGY OF PERCEPTION*. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 123–135.
- LYON, Pamela. Of what is “minimal cognition” the half-baked version? **Adaptive Behavior**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 407–424, 2020.
- MARDER, Michael. Plant intentionality and the phenomenological framework of plant intelligence. **Plant Signaling & Behavior**, [s. l.], v. 7, n. 11, p. 1365–1372, 2012.
- MARDER, Michael. What Is Living and What Is Dead in Attention? **Research in Phenomenology**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 29–51, 2009.
- NOVOPLANSKY, Ariel. Developmental responses of portulaca seedlings to conflicting spectral signals. **Oecologia**, [s. l.], v. 88, n. 1, p. 138–140, 1991.
- PARISE, André Geremia *et al.* Detection of Different Hosts From a Distance Alters the Behaviour and Bioelectrical Activity of *Cuscuta racemosa*. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 12, 2021.