

ATENÇÃO EM PLANTAS: ANÁLISE DO IMPACTO NO ELECTROMA DERIVADO DE ESTÍMULOS LOCAIS

**JOÃO GABRIEL MOREIRA DE SOUZA¹; GABRIELA NIEMEYER REISSIG²,
THIAGO FRANCISCO DE CARVALHO OLIVEIRA³, DOUGLAS ANTÔNIO
POSSO⁴, ANA CAROLINA COSTA ARAÚJO⁵; GUSTAVO MAIA SOUZA⁶**

¹*Universidade Federal de Pelotas – joaomoreirasouza@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – gabriela.niemeyer.reissig@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – fthicar@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – douglasposso@hotmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – annacosta5566@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – gumaiasouza@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

As plantas desempenham um papel crucial no meio ambiente e na agricultura devido à sua diversidade e abundância global (BAR-ON et al., 2018). Apesar disso, são frequentemente subestimadas por uma visão mecanicista como organismos automatizados (STROUD et al., 2022). A pesquisa em fisiologia vegetal, como a eletrofisiologia e cognição vegetal, buscam compreender a cognição e inteligência das plantas em relação ao ambiente, demonstrando consciência destes organismos para adaptar e sobreviver aos diversos estímulos presentes (GAGLIANO, 2015).

O campo da eletrofisiologia vegetal desenvolve pesquisas baseadas nas respostas elétricas das plantas ao ambiente. Pioneiros como Darwin e Burdon-Sanderson (1873) já observavam sinais elétricos em plantas carnívoras, como a *Venus flytrap*. Esse tipo de análise revela respostas rápidas às estimulações devido à velocidade dos sinais e fácil correlação com o estímulo aplicado, facilitando o estudo da cognição em plantas.

As plantas são modulares e possuem comunicação entre diferentes partes, como raízes e parte aérea, feita por sinais variados que se diferem em relação ao ambiente e a fisiologia da planta, sendo assim essencial para a sobrevivência da mesma (BALUŠKA; MANCUSO, 2021). Medindo o potencial elétrico desses sinais e observando como os padrões se diferem em relação ao estado da planta e do ambiente, podemos entender como o sistema elétrico vegetal, chamado de electroma (DE TOLEDO et al., 2019), permite a sobrevivência da planta e sua adaptação.

A pesquisa no âmbito da eletrofisiologia vegetal e cognição vegetal, como a atenção, que pode assemelhar-se à atenção em humanos, onde organismos selecionam informações relevantes para sua sobrevivência (PARISE, 2022), também explora como as plantas percebem e respondem a informações ambientais para manutenção da sua sobrevivência (CALVO et al., 2020; PARISE et al., 2022, 2021).

Nesse contexto, o presente trabalho busca elucidar os processos envolvidos no mecanismo de atenção de plantas de soja, por meio da análise de suas respostas a estímulos locais no electroma. O que requer medir variações elétricas em *microvolts* ao longo do tempo e utilizar análise de ApEn (Entropia Aproximada) para identificar momentos de padrões irregulares nas séries temporais, indicando alterações significativas (PINCUS, 1991). A ApEn, por ser uma técnica voltada a identificar tais padrões complexos e irregulares em séries de dados permite ser

aplicada aos sinais elétricos das plantas, facilitando compreender e associar em que momento um estímulo gerou um sinal e quanto tal sinal é diferente daqueles provenientes do comportamento pré-estímulo da planta (REISSIG, 2023).

2. METODOLOGIA

O projeto está sendo conduzido no Laboratório de Cognição e Eletrofisiologia Vegetal (LACEV) da Universidade Federal de Pelotas, onde as condições ambientais são controladas com um ar-condicionado a 26 °C e monitoradas por um sensor de umidade e temperatura. A iluminação é fornecida por uma placa LED tipo Double Epi e com espectros R:68, B:12, UV:2, IR:4, CW:6 e WW:8, com comprimento de onda de 380 nm - 800 nm , enquanto as análises e coleta de dados são realizadas em um computador desktop e um notebook conectado a um equipamento da *Biopac Systems Inc.* MP-36 de 4 canais de eletrodos de inserção. Os experimentos ocorrem dentro de uma gaiola de Faraday para evitar interferências eletromagnéticas.

No experimento, sementes de soja TMG 2365 PRO foram semeadas em vasos de isopor de 300 mL com 200g de substrato orgânico. Quando atingiram o estágio V4 as plantas foram submetidas a estímulos locais, incluindo ferimento mecânico com tesoura ou queima da folha central do segundo trifólio com um isqueiro Bic por 20 segundos.

Para a coleta de dados, eletrodos foram inseridos no caule e nos três trifólios em plantas de sojas no estágio V4. Após 24 horas de aclimatação, o software foi usado para capturar séries temporais eletrofisiológicas, incluindo 3 minutos de dados pré-estímulo. Após o estímulo local (ferimento mecânico e fogo) os dados foram capturados por 3 horas, com 15 repetições (plantas individuais).

Com os dados obtidos pelo software, foi utilizado a técnica de análise ApEn em que a partir do conjunto de dados das séries temporais eletrofisiológicas podemos observar e diferenciar a mudança do comportamento do electroma ao longo do tempo, antes e após a aplicação dos estímulos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontramos os valores da mediana, valor máximo e valor mínimo encontrados em toda a distribuição das plantas analisadas. Assim é possível dizer que o caule possui os menores valores de complexidade e o 1º trifólio os maiores. Todos os grupos sofrem um aumento da complexidade após o estresse. Todos os grupos atingiram antes um valor máximo de 0.74 e após o estresse este valor subiu, novamente, para todos os grupos. Destacando que para o caule e o 1º trifólio o aumento foi de 0.02 de complexidade e para o 2º e 3º o aumento foi de 0.04.

Local	Mediana	Maior Valor	Menor Valor
<i>Caule Antes</i>	0.515294	0.748315	0.010542
<i>Caule Depois</i>	0.527830	0.760473	0.006096
<i>1º Trifólio Antes</i>	0.618846	0.745160	0.013620
<i>1º Trifólio Depois</i>	0.663497	0.768428	0.010553
<i>2º Trifólio Antes</i>	0.559652	0.743552	0.022957
<i>2º Trifólio Depois</i>	0.593033	0.786677	0.008957

3º Trifólio Antes	0.542819	0.745048	0.010331
3º Trifólio Depois	0.569402	0.782023	0.009192

Na Figura 1 as curvas mostram os gráficos de densidade, que são essencialmente uma versão suave do histograma. No eixo y temos o valor para ApEn dos trifólios analisados, incluindo também o caule, dispersada pelo tempo (eixo x). Com exceção do primeiro trifólio, é possível observar que o comportamento antes da injuria é semelhante para os 3 grupos. Porém, após o estresse, encontramos comportamentos dispares, possuindo uma maior densidade em valores maiores de ApEn. O 1º e o 2º trifólio possuem zonas de não ocupação entorno de 0.4, já o caule e o 3º trifólio se diferenciam por ocupar todo o espectro de valores. .

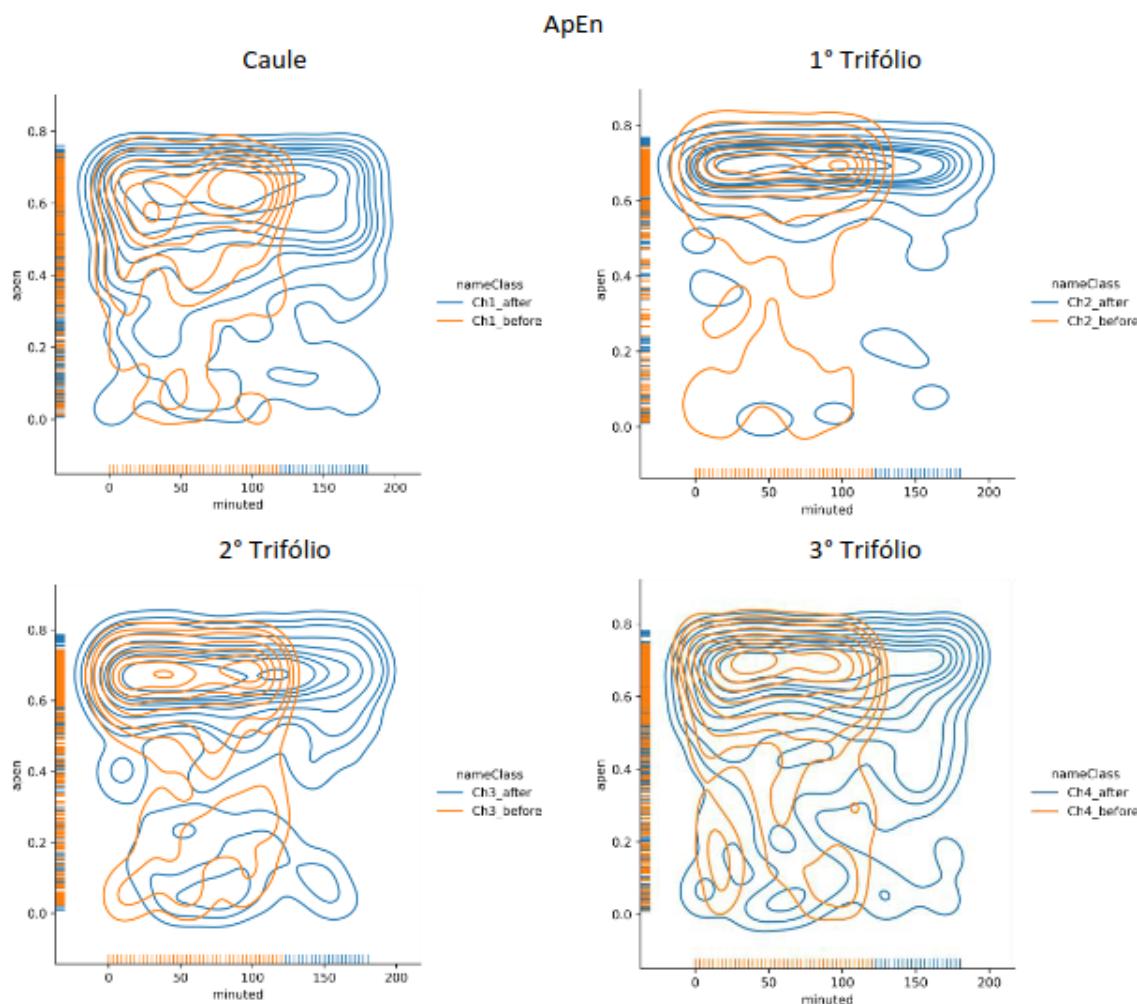


Figura 1 - Curvas representam gráficos de densidade. No eixo y estão os valores de ApEn dos trifólios analisados e do caule, no eixo x a dispersão desses valores ao longo do tempo. Ch1/Ch2/Ch3/Ch4 after: dados coletados no canal após estímulo; Ch1/Ch2/Ch3/Ch4 before: dados coletados no canal antes do estímulo.

Os resultados obtidos pela análise das séries temporais mostraram que antes e depois dos estímulos locais houve aumento da ApEn nos módulos distantes, significando um aumento na complexidade (irregularidade) do electroma das plantas.



4. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que estímulos específicos causam mudanças no sistema de sinais elétricos das plantas, indicando que as plantas processam e respondem às informações ambientais correspondentes a esses estímulos. Os resultados mostram que as plantas experimentam alterações em seu electroma em resposta a estímulos ambientais, e essas alterações variam de acordo com o tipo e a localização dos estímulos nos diferentes módulos da planta.

Com base nesses primeiros resultados, pretendemos estudar os impactos de estímulos sistêmicos na planta e possíveis alterações no electroma durante a fase reprodutiva e com estímulos em suas estruturas reprodutivas, como flor e fruto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAR-ON, Y. M.; PHILLIPS, R.; MILO, R. The biomass distribution on Earth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 25, p. 6506–6511, 19 jun. 2018.

CALVO, P. et al. Plants are intelligent, here's how. **Annals of Botany**, v. 125, n. 1, p. 11–28, 8 jan. 2020.

DE TOLEDO, G. R. A. et al. Plant electrome: the electrical dimension of plant life. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 21–46, mar. 2019.

NIEMEYER REISSIG, G. et al. Approximate entropy: a promising tool to understand the hidden electrical activity of fruit. **Communicative & Integrative Biology**, v. 16, 28 mar. 2023.

NIEMEYER REISSIG, G. et al. Fruit Herbivory Alters Plant Electrome: Evidence for Fruit-Shoot Long-Distance Electrical Signaling in Tomato Plants. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 244, 20 jul. 2021.

PARISE, A. G. et al. Detection of Different Hosts From a Distance Alters the Behaviour and Bioelectrical Activity of *Cuscuta racemosa*. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.

PARISE, A. G. et al. Do plants pay attention? A possible phenomenological-empirical approach. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 173, 1 maio 2022.

PINCUS, S. M. **Approximate entropy: a complexity measure for biological time series data**. Proceedings of the 1991 IEEE Seventeenth Annual Northeast Bioengineering Conference. **Anais...** Em: PROCEEDINGS OF THE 1991 IEEE SEVENTEENTH ANNUAL NORTHEAST BIOENGINEERING CONFERENCE. abr. 1991.

STROUD, S. et al. The botanical education extinction and the fall of plant awareness. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 7, p. e9019, jul. 2022.