

## AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTRESSE EM ALFACES DE DIFERENTES PRODUTORES UTILIZANDO UM BIOSSENSOR COM LEDS

Matheus Barros de Souza<sup>1</sup>, Jamile Lorraina Silva de Souza<sup>2</sup>, Jonierson de Araújo da Cruz<sup>3</sup>,  
Vagner Alves dos Santos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. e-mail: <matheus.souza10@estudante.ifto.edu.br>

<sup>2</sup>Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. e-mail: <Jamile.souza2@estudante.ifto.edu.br>

<sup>3</sup>Docente do Campus Araguaína – IFTO. Orientador(a). e-mail: <jonierson.cruz@ifto.edu.br>

<sup>4</sup>Docente do Campus Araguaína – IFTO. Coorientador(a). e-mail: <vagner.santos@ifto.edu.br>

### 1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta obstáculos crescentes para atender à demanda por alimentos de alta qualidade, enquanto busca otimizar recursos e minimizar os impactos ambientais. Nesse cenário, a adoção de tecnologias inovadoras que possibilitem o monitoramento preciso e em tempo real das condições de cultivo torna-se fundamental (BUAINAIN et al., 2020).

No contexto agrícola, os biossensores desempenham papel crucial na detecção e quantificação de patógenos vegetais diretamente no campo. Esta tecnologia possibilita uma abordagem mais precisa e localizada na aplicação de pesticidas, resultando em utilização mais eficiente e reduzida de agroquímicos. Ademais, esses dispositivos apresentam aplicabilidade no monitoramento de resíduos de pesticidas tanto no meio ambiente quanto em produtos alimentícios diversos (DA PORCIÚNCULA et al., 2023)

O estresse em plantas cultivadas, como a alface, é um fator crítico que pode afetar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas. Esse fenômeno pode ser compreendido como uma pressão excessiva proveniente de fatores adversos que comprometem o funcionamento normal de um sistema. No âmbito da botânica, o estresse é definido como um desvio significativo dos padrões habituais que sustentam a vida das plantas, provocando mudanças em seu desenvolvimento. Diversos fatores podem ocasionar essa condição em plantas, incluindo condições ambientais adversas, deficiências nutricionais e ataques de patógenos, afetando diretamente o crescimento, o desenvolvimento e a qualidade final do produto (CAMPOS et al., 2021).

A utilização de biossensores com LEDs apresenta-se como uma tecnologia promissora para identificar e quantificar o estresse em alfaces de forma não invasiva. Essa ferramenta oferece aos produtores, especialmente aos pequenos agricultores, uma maneira prática de monitorar a saúde das culturas e tomar decisões informadas sobre práticas de manejo. Considerando a crescente preocupação com a qualidade e o bem-estar das plantas durante seu cultivo, o desenvolvimento de métodos de monitoramento eficientes torna-se essencial para garantir o desempenho e a produtividade das hortaliças.

## 2 OBJETIVO

O projeto tem como objetivo desenvolver um biossensor com LEDs de diferentes cores para identificar e quantificar os níveis de estresse em alfaces por meio da medição da reflectância da luz. A pesquisa também busca comparar plantas de diferentes origens de cultivo, permitindo analisar variações no desempenho fisiológico. Espera-se que os resultados auxiliem especialmente pequenos produtores, oferecendo uma ferramenta acessível, inovadora e prática para o monitoramento da saúde das culturas.

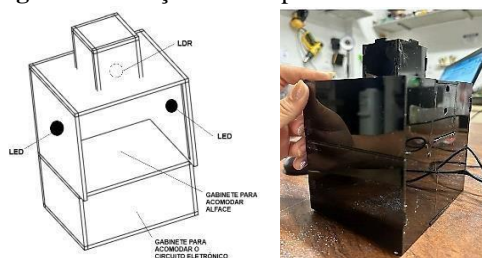
## 3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em cinco etapas. A primeira consistiu em uma pesquisa bibliográfica, estabelecendo base teórica sólida para compreender a problemática e orientar as decisões subsequentes.

Na segunda etapa, realizou-se a seleção dos materiais e a montagem do biossensor eletrônico. O dispositivo foi composto por seis LEDs — três verdes e três vermelhos —, um microcontrolador ESP32 e um sensor LDR (Light Dependent Resistor). O LDR registrou a resistência elétrica (em ohms), utilizada como indicador de variações na reflectância da luz, associadas ao estresse das plantas.

A terceira etapa incluiu a construção do recipiente para acomodar os componentes eletrônicos e realizar as análises das folhas de alface. O compartimento foi projetado em software de modelagem 3D e produzido em chapa de acrílico preto de 2 mm, reduzindo interferências de luz externa. A folha era posicionada a uma distância fixa dos LEDs, garantindo alinhamento uniforme, e cada medição era realizada até que a leitura se estabilizasse por aproximadamente 2 minutos. Foram avaliadas três folhas diferentes de cada fornecedor por dia. A Figura 1 mostra o esboço e o biossensor finalizado.

**Figura 1-** Esboço e Protótipo do Biossensor



Fonte: Autores (2025)

Na quarta etapa, foi desenvolvido um dashboard no Node-RED para visualização e monitoramento dos dados coletados. A plataforma se comunica com o ESP32 via Wi-Fi usando o protocolo MQTT, permitindo transmissão em tempo real e monitoramento eficiente das medições (Figura 2).

**Figura 2-** Dashboard desenvolvido no Node-RED



Fonte: Autores (2025)

A última etapa consistiu nos testes experimentais, nos quais o biossensor foi utilizado para identificar e quantificar o estresse em alfaces de dois fornecedores. Os experimentos foram conduzidos ao longo de 4 dias consecutivos, com rigoroso controle ambiental para assegurar a confiabilidade dos resultados. O procedimento foi repetido três vezes: nos dois primeiros dias seguidos e novamente no quarto dia. Em cada execução, realizaram-se 5 medições com leds verde e vermelho para cada tipo de alface, sendo posteriormente calculada a média dos valores obtidos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios de captação de luz para os LEDs verde e vermelho nos diferentes tipos de alface e dias de observação.

**Tabela 1** – Média de Captação de Luz dos LEDs Verde e Vermelho

Dia	Alface 1		Alface 2	
	LED Verde	LED Vermelha	LED Verde	LED Vermelha
Primeiro	577	546,6	426	438,4
Segundo	292	737	232	638
Quarto	330,2	875	279,2	605

Fonte: Autores (2025)

Os resultados mostram respostas diferenciadas entre as alfaces dos dois fornecedores, sugerindo variações nas condições de cultivo ou características genéticas. A Alface 1 apresentou valores maiores para ambos os LEDs, indicando menor estresse fisiológico e maior eficiência fotossintética.

A queda do LED verde no segundo dia, seguida de recuperação no quarto, evidencia adaptação das plantas às condições experimentais. O aumento do LED vermelho reflete ativação de mecanismos de defesa antioxidante, indicando respostas fisiológicas ao estresse (CAMPOS et al., 2021).

A sensibilidade diferenciada dos LEDs mostra a importância de selecionar o comprimento de onda adequado. O biossensor é eficiente para detectar precocemente estresse, permitindo que produtores adotem medidas corretivas e escolham plantas com melhor desempenho.

Apesar do potencial, o estudo foi limitado a quatro dias e não controla totalmente a variabilidade genética ou flutuações ambientais. Pesquisas futuras devem ampliar duração, incluir mais variedades e explorar correlações com outros indicadores fisiológicos, aumentando confiabilidade e aplicabilidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo comprovou que o biossensor com LEDs de diferentes cores é uma ferramenta eficaz para detectar variações fisiológicas e níveis de estresse em alfaces de distintos fornecedores. A sensibilidade específica de cada LED ressalta a importância da escolha adequada do comprimento de onda para monitoramento não invasivo da saúde vegetal.

Esses achados fornecem subsídios valiosos para produtores, permitindo decisões informadas sobre manejo e seleção de plantas com melhor desempenho fisiológico, contribuindo para a produtividade e qualidade das hortaliças.

Pesquisas futuras devem expandir o número de fornecedores e variedades, prolongar o período de observação e explorar a correlação entre captação de luz e outros indicadores de estresse, consolidando o biossensor como uma ferramenta confiável e estratégica para a agricultura moderna.

## 6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO) pelo apoio institucional e incentivo à pesquisa, ao IF Maker pelo suporte técnico e infraestrutura disponibilizada, e aos professores orientadores, pelas orientações imprescindíveis ao desenvolvimento do projeto. Reconhecemos, ainda, a relevante colaboração dos estagiários, fundamentais para a execução dos experimentos e consolidação dos resultados.

## REFERÊNCIAS

BUAINAIN, A.; FAVARETO, A.; CONTINI, E.; CHAVES, F.; HENZ, G.; GARCIA, J.; DAMIANI, O.; VIEIRA, P. A.; GRUNDLING, R. D. P.; NOGUEIRA, V. D. C. Desafios para agricultura nos biomas brasileiros. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 69 p.

CAMPOS, Anna Júlia de Moraes; SANTOS, Sarah Medeiros; NACARATH, Inaia Rhavene Freire Fagundes. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 19 nov. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>. Acesso em: 16 ago. 2025.

DA PORCIÚNCULA, Cleiton Bittencourt; OLIVEIRA, Aline Mara; GUIMARÃES, Osvaldo Sena (Org.). Avanços recentes em aplicações de biossensores. In: OLIVEIRA, Aline Mara; GUIMARÃES, Osvaldo Sena (Org.). *Engenharia, Gestão e Inovação*. Belo Horizonte: Poisson, 2023. p. 50-111.