

CIÊNCIA DE DADOS · UFC · 31 DE DEZEMBRO DE 2023

Desenvolvimento de equipamento óptico para avaliação nutricional em plantas: aplicação na cultura do milho

Fonte: Repositório Institucional UFC · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
7/10	9/10	8/10	Média

O trabalho apresenta o desenvolvimento e validação do MSPAT, um equipamento óptico de baixo custo para avaliação nutricional de nitrogênio na cultura do milho. Através do uso de eletrônica, programação e impressão 3D, o protótipo atingiu performance (R^2 ajustado de 0,78) comparável a equipamentos comerciais de alto custo (SPAD e FieldSpec), validando-o como uma ferramenta viável para agricultura de precisão.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Criação de uma startup de hardware agrícola focada na fabricação e comercialização de sensores ópticos portáteis baseados no MSPAT, integrados a um aplicativo móvel que converte os dados espectrais em recomendações de adubação.

Aplicações práticas

Implementação em serviços de agricultura de precisão para diagnose foliar em tempo real, integração com plataformas de manejo variável de fertilizantes e uso por cooperativas agrícolas para calibração de adubação nitrogenada.

Potencial de mercado

Alto potencial no setor de AgTech, especialmente no contexto do agronegócio brasileiro e cearense, onde a demanda por soluções de baixo custo para otimização de insumos é crescente. A tecnologia viabiliza o acesso ao monitoramento espectral para pequenos e médios produtores.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

A necessidade de tecnologias acessíveis e eficientes para monitoramento nutricional em larga escala, visando otimizar o uso de fertilizantes nitrogenados, reduzir custos de produção e minimizar impactos ambientais na agricultura.

Metodologia

Desenvolvimento de hardware (placas de referência, eletrônica, impressão 3D) e software para o MSPAT. Realização de experimentos em campo com milho (UFC) sob diferentes doses de nitrogênio. Coleta de dados espectrais, correlação com análises laboratoriais (Kjeldahl) e validação estatística via regressão linear e validação cruzada (k-fold) contra equipamentos padrão de mercado.

Principais descobertas

O MSPAT demonstrou alta eficácia na estimativa de nitrogênio foliar, destacando-se o modelo utilizando bandas de 900nm e 560nm (índice NRI). A tecnologia alcançou R^2 ajustado de 0,7871 e RMSE competitivo, provando que instrumentos otimizados e de menor custo podem substituir equipamentos importados em certas aplicações de campo.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Programas de subvenção para modernização agrícola no estado do Ceará, distribuindo estes equipamentos de baixo custo para agricultores familiares e cooperativas para promover a sustentabilidade e eficiência no uso de fertilizantes.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Parceria de transferência de tecnologia entre a UFC (LEMA) e empresas de insumos agrícolas ou fabricantes de máquinas agrícolas para incorporar o sensor MSPAT em suas linhas de produtos ou serviços de consultoria agronômica.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · INDÚSTRIA 4.0

Spin-off de Sensores Agro de Baixo Custo

Empresa derivada para produção em escala do MSPAT, focando na democratização da espectroscopia para pequenos produtores e técnicos de campo.

Validação em Plataformas de AgTech

Colaboração entre a UFC e empresas de software agrícola para integrar os dados do MSPAT em sistemas de gestão de fazenda e tomada de decisão.

Programa de Agricultura 4.0 do Ceará

Utilização da tecnologia desenvolvida na UFC como base para políticas públicas de incentivo à agricultura de precisão e sustentabilidade no estado.

Kit de Diagnóstico Portátil

Desenvolvimento de um produto corporativo (B2B) voltado para revendas de insumos, que utilizam o equipamento para prescrever doses de nitrogênio personalizadas aos clientes.

ABSTRACT ORIGINAL

Título: Desenvolvimento de equipamento óptico para avaliação nutricional em plantas: aplicação na cultura do milho

Autor(es): Nogueira, Felipe Hermínio Meireles **Abstract:** The search for technologies that promote more sustainable and

efficient practices is an increasingly important priority on the global agricultural scene. With this in mind, the use of

spectroradiometry techniques to assess nitrogen concentration in maize crops has proved to be a promising alternative for

conducting precision agriculture practices. In addition, the development of new instruments with optical sensors for

agricultural applications has become increasingly important given the challenges of maintaining the sustainability of

production systems. With this in mind, this work sought to improve elements of the use of MSPAT (Multispectral Soil Plant

Analysis Tools) to determine reflectance. The improvements involved the development of a reference plate with sintered

barium sulphate, new approaches using programming techniques, electronics and 3D printing. In addition, the performance

of the optical instruments used to estimate leaf nitrogen in the maize crop was also assessed. With this in mind, an

experiment was carried out in the experimental area of the Agricultural Electronics and Mechanisation Laboratory (LEMA),

located at the Federal University of Ceará (UFC), with AG-1051 maize planted under treatments N0, N60, N90, N120, N150

and N180 (0, 60, 90, 120, 150 and 180 kg.ha⁻¹ of N, respectively) with four replications, in two crop cycles and a Completely

Randomized Design (CRD). The assessments took place during the V5, V10 and R2 phenological stages and were carried

out using the MSPAT, SPAD and FieldSpec PRO FR 3 equipment. The spectroradiometer was used under the conditions

provided by the dark-room of the UFC Geoprocessing Laboratory. The samples were then prepared for nitrogen (N)

determination according to the methodology proposed by Kjeldah. In addition to leaf nitrogen, morphological parameters

were also assessed throughout plant development, production, biomass and dry matter. The spectral indices (NRI, Normalise

Ratio Index) were then correlated with the leaf N data and the individual bands were evaluated using Pearson's coefficient

(r). Linear regression was then carried out (p-value < 0.01) with the NRI's to select the models, by optical instrument, that

showed the best coefficient of determination (R²) with the leaf N data sets: i) at each stage of development, for the two crop

cycles and ii) with the entire data set. Cross-validation (k-fold) was then carried out to assess the error parameters RMSE,

MAE and adjusted coefficient of determination (R²adj.). The results for the best predictive models reveal different patterns

for the selected bands between the data sets, as well as low generalisation capacity. However, it was possible to validate

relevant models with MSPAT, SPAD and FieldSpec, which showed an R²adj. of 0.7871; 0.6959; 0.7199 and RMSE of 0.0425;

4.47; 0.0214 g.kg⁻¹; respectively. From the model that showed the best performance with MSPAT, when using the NRI with

the 900 and 560nm bands, the application in an agricultural area provided an RMSE of 2.73 g.kg⁻¹ and MAE of 2.47 g.kg⁻¹.

However, it is clear that the use of new technologies has great potential for assessing leaf N in maize crops. Tipo: Dissertação

Para leigos: Olhos inteligentes para medir a saúde do milho

O cenário atual

A agricultura moderna busca constantemente tecnologias que tornem a produção mais sustentável e eficiente. Nesse cenário, a capacidade de avaliar a nutrição das plantas, especificamente o nitrogênio no milho, é crucial para a agricultura de precisão.

O que os pesquisadores fizeram

O trabalho focou no aprimoramento do MSPAT, um equipamento óptico multiespectral. Os pesquisadores desenvolveram uma nova placa de referência feita de sulfato de bário sinterizado e integraram soluções de programação, eletrônica e impressão 3D ao dispositivo.

O objetivo foi testar a capacidade desse equipamento, comparando-o com outros dois (SPAD e FieldSpec PRO FR 3), na estimativa de nitrogênio em folhas de milho. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Ceará (UFC) com a cultura de milho submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada.

Como funciona na prática

A técnica utiliza a espectrorradiometria, que analisa a luz refletida pelas folhas. As medições foram feitas em três estágios de crescimento da planta: V5, V10 e R2.

Para conferir se as leituras ópticas eram precisas, as folhas foram coletadas e analisadas em laboratório pelo método de Kjeldahl, que determina a quantidade real de nitrogênio. Os dados ópticos e laboratoriais foram cruzados estatisticamente para criar modelos de previsão.

Resultados e evidência

Os modelos gerados pelos equipamentos mostraram-se válidos para prever o nitrogênio foliar. O MSPAT alcançou um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,7871. O equipamento SPAD obteve 0,6959 e o FieldSpec 0,7199.

O melhor desempenho do MSPAT ocorreu usando o Índice de Razão Normalizada (NRI) com bandas de 900 e 560nm. Na aplicação prática em área agrícola, este modelo apresentou um erro quadrático médio (RMSE) de 2,73 g.kg⁻¹.

Implicações práticas

O desenvolvimento de novos instrumentos ópticos demonstra grande potencial para avaliar o status nutricional do milho. Ferramentas como essas podem auxiliar agricultores a fazerem manejo mais eficiente da adubação, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Limitações e próximos passos

O estudo identificou uma baixa capacidade de generalização dos modelos quando aplicados a diferentes conjuntos de dados, indicando que os padrões de resposta podem variar. Isso sugere que novas tecnologias são promissoras, mas exigem ajustes contínuos para ampliar sua eficácia em diversas condições de campo.



QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

O estudo é de autoria de Felipe Hermínio Meireles Nogueira, vinculado à Universidade Federal do Ceará (UFC). O paper não detalha a formação acadêmica específica, outras afiliações ou a trajetória profissional do autor além de sua atuação neste projeto de pesquisa.