

PROTOTIPAGEM E CALIBRAÇÃO DE CLOROFILÔMETRO DE BAIXO CUSTO COMPOSTO POR LDR'S PARA DETERMINAÇÃO DE NDVI

**MARIANA DIAS MENESES¹, WELINGTON GONZAGA DO VALE², EDSON
PATTO PACHECO³, ADILSON MACHADO ENES⁴, PATRICA DE AZEVEDO
CASTELO BRANCO DO VALE⁵**

¹ Engenheira agrícola, Universidade Federal de Sergipe, (79) 998194773, mari_dais19@yahoo.com.br.

² Prof. Dr., Universidade Federal de Sergipe, (79) 981180573, valewg@gmail.com.

³ Pesquisador Dr., Embrapa Tabuleiros Costeiros, (79) 988371374, edson.patto@embrapa.br

⁴ Prof. Dr., Universidade Federal de Sergipe, (79) 998224381, adilsonenes@gmail.com

⁵ Prof. Dr., Universidade Federal de Sergipe, (79) 981262752, patriciaacbvale@hotmail.com

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O presente projeto teve como objetivo desenvolver e calibrar um clorofilômetro de baixo custo e comparar os dados adquiridos com os dados encontrados com o sensor GreenSeeker® em superfícies pré-determinadas. O aparato foi desenvolvido usando materiais do mercado local e reciclados. As leituras foram feitas as 11:00 em superfícies de asfalto, vegetação saudável, vegetação seca, mistura de vegetação seca e saudável e brita, todas a uma distância de 60 cm. Os dados adquiridos foram analisados utilizando o programa Minitab® 19, a partir de análises estatísticas de correlação, regressão e análise de concordância, pelo teste de Bland e Altman e gerar uma equação para a calibração do aparato. O fator de correlação foi satisfatório, alcançando um R² maior que 0,90. Houve concordância satisfatória entre os valores registrados pelo GreenSeeker e o clorofilômetro para os diferentes tipos de superfície. O custo para construção do aparato foi abaixo dos valores do GreenSeeker®.

PALAVRAS-CHAVE: milho, nitrogênio, NDVI.

PROTOTYPING AND CALIBRATION OF A LOW COST CHLOROPHYLLOMETER COMPOSED BY LDR'S FOR DETERMINING NDVI

ABSTRACT: The present project aimed to develop and calibrate a low-cost chlorophyllometer and purchase the data acquired with the data found with the GreenSeeker® sensor on predetermined surfaces. The device was developed using locally sourced and recycled materials. Readings were taken at 11:00 on asphalt surfaces, healthy vegetation, dry vegetation, mixture of dry and healthy vegetation and gravel, all at a distance of 60 cm. The acquired data were analyzed using the Minitab® 19 program, from statistical analysis of correlation, regression and agreement analysis, using the Bland and Altman test and generating an equation for the calibration of the apparatus. The correlation factor was satisfactory, reaching an R² greater than 0.90. There was satisfactory agreement between the values recorded by the GreenSeeker and the chlorophyllometer for the different types of surface. The cost to build the apparatus was below the GreenSeeker® values.

KEYWORDS: corn, nitrogen, NDVI.

INTRODUÇÃO: em destaque na produção mundial de grãos, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás dos Estados Unidos e China, com uma produção de 101 milhões de toneladas na safra 2018/2019 e 2019/2020 (USDA, 2019). Nessa cultura, o nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido durante seu cultivo, a maior demanda do nutriente é a partir do estágio com quatro a cinco folhas expandidas (Mengel & Barber, 1974), a presença de N influencia diretamente na produtividade e na qualidade do produto, resultado do teor proteico dos grãos. Para garantir o melhor desenvolvimento do milho a adubação nitrogenada é utilizada no manejo da cultura. Segundo Cantarella & Duarte (2004), o manejo e recomendação de N é um dos mais complexos devido às reações químicas e biológicas a que este está sujeito e sua dependência às condições edafoclimáticas. Visando obter manejos mais eficientes, com maior aproveitamento de nitrogênio e por consequência maior produtividade, lucro e preservação do meio ambiente, a Agricultura de Precisão (AP), propõe ferramentas para maximizar a produtividade diminuindo custos e os impactos ambientais. Dentre esses métodos, são utilizados os Índices de Vegetação (IVs), que utilizam sensores óticos para mensurar alguns aspectos da cultura.

Assim, em vista da necessidade de aplicar corretamente nitrogênio, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e testar um clorofilômetro composto por sensores LDR para verificar sua precisão na obtenção de NDVI e com baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente projeto foi realizado no Laboratório de Automação Agropecuária da Embrapa Tabuleiros Costeiros e na Universidade Federal de Sergipe (UFS). Primeiramente, para montar o aparelho foram necessários os seguintes materiais: filamento PLA preto de 1,75mm, cabos jumpers, sensor LDR de 5mm, Display LCD 16x2, placa de prototipagem, Arduino Uno, step down, filtro azul modelo Rosco 085, filtro verde modelo Rosco 139, filtro vermelho modelo Rosco 426, filtro infravermelho de 10mm e resistor de 10KOhm.

Em posse dos materiais foi possível iniciar a construção do suporte onde os equipamentos foram inseridos. O layout do suporte foi desenhado usando a ferramenta gratuita ThinkerCad, nela foi possível criar um suporte que acomodasse o Arduino, a placa de prototipagem com os equipamentos, a bateria e os LDR's. O projeto foi impresso em uma impressora 3D modelo Ender 3. A impressão foi feita em método de deposição de filamento PLA de 1,75 mm.

Posteriormente foi criado um diagrama de circuito (Figura 1) respeitando as configurações de cada ferramenta, esse diagrama auxiliou na montagem das peças no suporte e foi criado utilizando o programa gratuito Fritzing®.

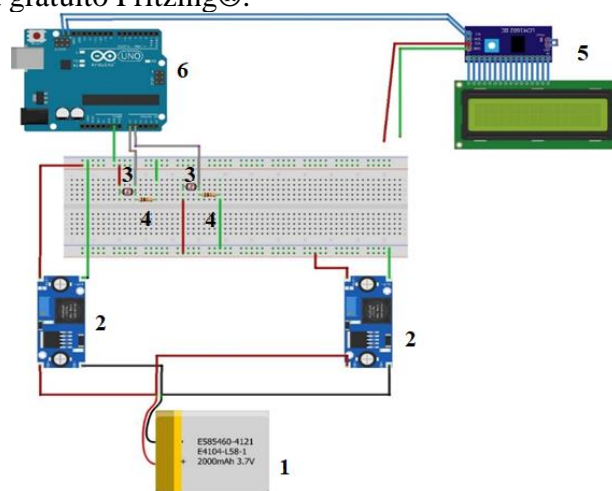


FIGURA 1. Diagrama de circuito. 1- Bateria de 12V, 2- Step down, 3- LDR, 4- Resistor, 5- LCD, 6- Arduino.

Para finalizar a montagem do aparato foram testados os filtros que seriam acoplados aos sensores LDR, esses filtros foram inseridos com o objetivo de barrar a entrada de determinadas faixas do espectro de luz. Com o intuito de saber qual banda de luz cada filtro absorvia e refletia, foi realizado um teste em um espectrômetro Cary 300 no laboratório de laser contínuo do grupo de ótica não linear e linear da Universidade Federal de Sergipe.

O teste consistiu na inserção dos filtros de cor, azul, verde e vermelho no aparelho, dentro dele os filtros foram expostos a luzes do espectro visível e não visível. Inicialmente, os filtros foram colocados separadamente dentro do aparato para a verificação da banda do espectro que era absorvida pelos mesmos. Com a mesma finalidade do primeiro processo, os três filtros foram unidos e colocados no aparelho e verificou-se qual banda de infravermelho atravessava o conjunto dos filtros.

Com as peças devidamente conectadas foi criado um sketch de programação na plataforma Arduino IDE usando linguagem C++, nesse código foi possível atribuir as funções de receptores de luz para os sensores LDR e a partir dessa absorção de luz o Arduino transformou os valores de intensidade de luz retornados em valores de NDVI.

Em posse do aparato montado foram realizados os testes para a calibração, para isso foram realizadas leituras com o aparato e com um sensor GreenSeeker. Essas leituras foram realizadas em superfícies de asfalto, vegetação saudável, vegetação seca, mistura de vegetação seca e saudável e brita. Todas as medições foram realizadas as 11:00 horas com quatro repetições em cada superfície e a uma distância de 60 cm dos aparelhos para o solo. Os dados adquiridos foram analisados utilizando o programa Minitab® 19, a partir de análises estatísticas de correlação, regressão e análise de concordância, pelo teste de Bland e Altman e gerar uma equação para a calibração do aparato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os materiais adquiridos foram orçados e resultaram num total de R\$ 293,57. Valor este que representa apenas 11,7% do custo de sensores como o GreenSeeker® e 0,6% a 1,5% quando comparado com a câmera de captação de espectro Sequoia Micasense. A impressão 3D resultou em suporte compacto e de fácil manuseio (Figura 2), onde foi possível acoplar os equipamentos e fazer a prototipagem do sistema seguindo as instruções do diagrama de circuito.

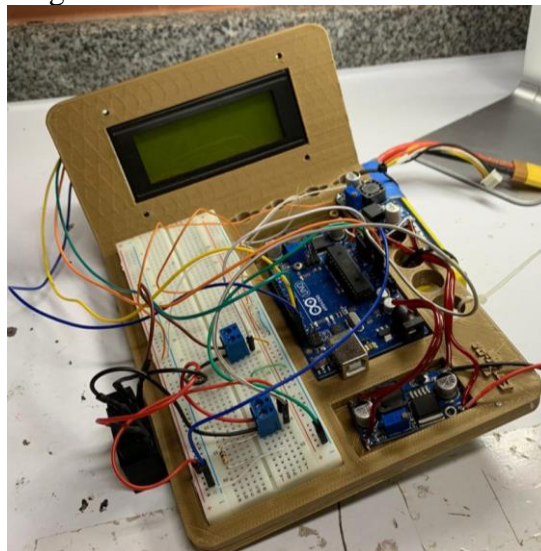


FIGURA 2. Suporte montado com os equipamentos acoplados.

Em seu lado esquerdo foram acoplados os sensores LDR com os filtros. Graças aos testes feitos no espectrômetro inferiu-se que todos os filtros, quando testados sozinhos, tem uma absorção de luz na faixa do infravermelho próximo, entretanto, quando os filtros são colocados juntos (linha IR) apenas o espectro infravermelho os atravessa.

Assim, para o sensor captar apenas a luz vermelha, foram colocados dois filtros, o vermelho, que absorveu o espectro de luz vermelha e infravermelha, e o filtro para barra a luz infravermelha. Já no outro sensor foram utilizados todos os filtros juntos, assim foi absorvida a faixa do espectro infravermelho próximo.

Para a calibração foi realizada uma comparação entre os dados obtidos pelo aparato e pelo GreenSeeker, a partir da correlação foi traçada uma linha de tendência. Foi observado um R^2 de 0,9562 (Figura 3a) mostrando uma correlação muito forte entre os valores obtidos pelo clorofilômetro e o GreenSeeker. Além disso, foi gerada a Equação 1 representando a regressão dos valores lidos com o clorofilômetro por meio das leituras do NDVI com o GreenSeeker.

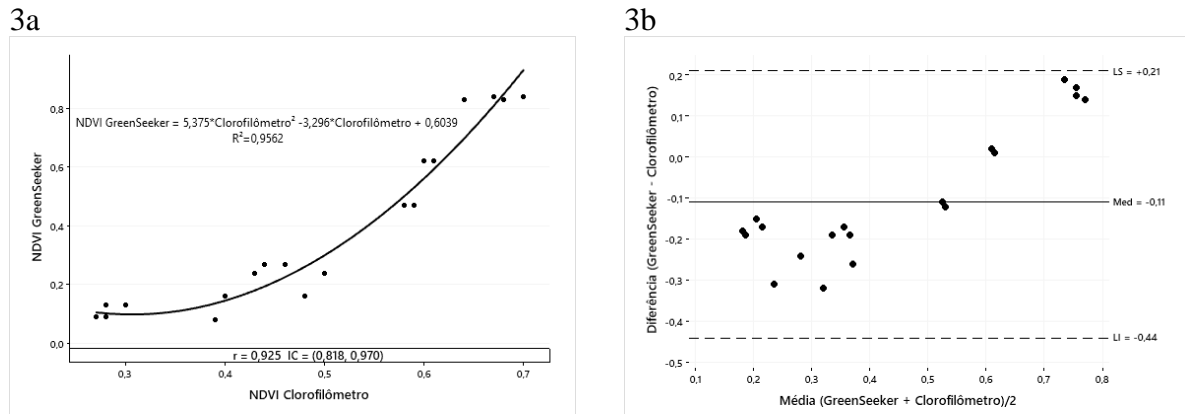


FIGURA 3. Gráfico de comparação entre os dados obtidos pelo clorofilômetro e GreenSeek (a). Gráfico de BLAND e ALTMAN para comparações entre valores de NDVI registrados pelo GreenSeeker e o clorofilômetro (b).

$$NDVIGreenSeeker = 5,375 * Clorofilometro^2 - 3,296 * Clorofilometro + 0,6039 \quad (1)$$

A análise do gráfico de Bland e Altman da Figura 3b permitiu verificar que todos os valores se encontram dentro dos limites estabelecidos. Percebe-se que em média há uma diferença de -0,11 entre os valores registrados pelo GreenSeeker e o clorofilômetro, um resultado excelente de concordância.

CONCLUSÕES: O clorofilômetro desenvolvido tem alta precisão e seu valor é significativamente menor que os demais equipamentos disponíveis no mercado. Sendo uma ótima opção para o pequeno e médio produtor.

REFERÊNCIAS:

CANTARELLA, H. & DUARTE, A.P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho.** In: GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G.V., eds. Tecnologia de produção de milho. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

MENGEL, D.B. & BARBER, S.A. **Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions.** Agron. J., 66:399-402, 1974.

USDA. **World agricultural production.** Circular series WAP 10-19, p.19, 2019. Acessado em: 30 de outubro de 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.