

## ANÁLISE DO STATUS DO NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO UTILIZANDO IMAGENS DIGITAIS

MURILO MESQUITA BAESSO<sup>1</sup>, MÁRCIO BRANTIS JÚNIOR<sup>2</sup>, JAMILE RAQUEL REGAZZO<sup>3</sup>, MÁRIO JUNQUEIRA DE SÁ<sup>4</sup>, ALCIR JOSÉ MODOLO<sup>5</sup> FERNANDO DE LIMA CANEPPELE<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Livre Docente, Dpto. Engenharia de Biossistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga-SP, (19) 3565-6713, baesso@usp.br

<sup>2</sup> Engenheiro de Biossistemas, USP/Pirassununga-SP, (67) 9 9999-2825, marciobjr@gmail.com

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia de Biossistemas, USP/Pirassununga-SP, (14) 9 9718-6130, jamile.regazzo@usp.br

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, UNESP/Ilha Solteira-SP, (16) 9 9231-9268, mariojdesa@gmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Dpto. Acadêmico de Ciências Agrárias, UTFPR/Pato Branco-PR, (46) 3220-2536, alcir@utfpr.edu.br

<sup>6</sup> Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, Dpto. Engenharia de Biossistemas, USP-FZEA, (19) 3565-6714, caneppele@usp.br

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** O feijão tem sido plantado por grandes produtores com o uso de uma agricultura tecnificada. O nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes para o feijoeiro, sendo sua deficiência bastante comum. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na Universidade de São Paulo (USP), localizada em Pirassununga, com 5 tratamentos (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>), com 10 repetições, totalizando 50 vasos com 8 dm<sup>3</sup> de material de solo cada. Cada vaso teve três plantas do feijoeiro, (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS MG PIONEIRO). Devido ao nitrogênio ser um nutriente de alta mobilidade no solo, aplicou-se a dose em duas etapas: uma no ato do plantio, referindo-se a um terço do total e aos 20 dias após a emergência (DAE). Os índices calculados foram: excesso de verde (Evd); vermelho normalizado (Vern); verde normalizado (Vn); e razão verde-vermelho (Rvv). A utilização de análise de imagens digitais para avaliar o status do feijoeiro mostrou-se uma ferramenta satisfatória para tal finalidade. Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema computacional para determinar o status da deficiência do nitrogênio no feijoeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*, deficiência, nutrientes.

### ANALYSIS OF BEAN NITROGEN STATUS USING DIGITAL IMAGES

**ABSTRACT:** The beans have been planted by large producers using a technified agriculture. Nitrogen (N) is one of the main nutrients for common bean, and its deficiency is quite common. The work was conducted in a greenhouse at the University of São Paulo (USP), located in Pirassununga, with 5 treatments (0, 50, 100, 150 and 200 kg of N ha<sup>-1</sup>), with 10 replications, totaling 50 pots with 8 dm<sup>3</sup> of soil material each. Each vase had three common bean plants, (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS MG PIONEIRO). Due to the nitrogen being a nutrient of high mobility in the soil, the dose was applied in two stages: one at planting, referring to a third of the total and at 20 days after emergence (AED). The calculated indices were: excess of green (Evd); normalized red (Vern); normalized green (Vn); and green-red ratio (Rvv). The use of digital image analysis to evaluate bean status proved to be a satisfactory tool for this purpose. The objective of this work was the development of a computational system to determine the status of nitrogen deficiency in common bean.

**KEY WORDS:** *Phaseolus vulgaris*, deficiency, nutrients.

**INTRODUÇÃO:** Em aplicações convencionais de fertilizantes, a área é considerada homogênea, ou seja, a necessidade de adubo é tida como igual para toda a área, o que na prática não ocorre. Então, a agricultura de precisão é uma alternativa ao sistema convencional, com uma aplicação de nutrientes em quantidades variadas. Nutrientes como o fósforo e o potássio são recomendados com base na análise do solo e tabelas de recomendação de adubação. Já o nitrogênio (N), a análise de solo não proporciona dados precisos da necessidade de adubação; sua recomendação é baseada na produtividade esperada e no potencial de resposta da cultura associados ao histórico de uso da área, o que dificulta o processo de adubação. Assim, surgem pesquisas tentando estimar o nível de deficiência nutricional das culturas, com uso de suas características espectrais. Visualmente, o sintoma da deficiência de N é uma clorose nas folhas, que tem início nas mais velhas, possibilitando assim, o uso da reflectância do dossel para detectar essa deficiência. Um sistema de visão artificial é capaz de obter, processar e interpretar imagens. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema computacional para determinar o status da deficiência do nitrogênio no feijoeiro.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi conduzido na cidade de Pirassununga (SP), localizada a uma altitude de aproximadamente 627m, com coordenadas geográficas 21°57'27" latitude sul e 47°28'13" longitude oeste em casa de vegetação. O trabalho teve 5 tratamentos (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>), com 10 repetições, totalizando 50 vasos com 8 dm<sup>3</sup> de material de solo. Cada vaso teve três plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS MG PIONEIRO). A dose de nitrogênio foi aplicada em duas etapas: um terço do total no ato do plantio e o restante aos 20 DAE. Para a obtenção das imagens, foi utilizada uma câmera colorida digital da marca SONY, modelo CyberShot DSC-W570, com sensor tipo CCD de 1/2.3". As imagens foram processadas no Laboratório de Máquinas Agrícolas e Agricultura de Precisão (LAMAP) do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Universidade de São Paulo. Utilizou-se o sistema computacional MATLAB® R2014a com o pacote de ferramentas para processamento de imagens. Neste trabalho, considerou-se que com características de quatro índices espectrais é possível obter a informação desejada para classificar o nível de deficiência de nitrogênio na planta, esses índices foram: excesso de verde, vermelho normalizado, verde normalizado, razão verde-vermelho. O classificador estatístico foi utilizado para definição do melhor vetor de característica. O erro de classificação foi estimado por validação cruzada com dois de fora (KHATTREE e MAIK, 2000). Uma observação foi separada e as funções discriminantes foram elaboradas com o restante dos dados. Em seguida, a observação separada foi classificada. Esse procedimento foi repetido sucessivamente para cada amostra, ou seja, todas as 50 observações (5 tratamentos e 10 repetições). O erro de classificação foi estimado pela elaboração de uma matriz de erro, conforme descrito por Congalton (1991). A mensuração do desempenho dos classificadores foi determinada pela exatidão global de classificação e pelo coeficiente Kappa.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para definição do melhor tamanho de bloco para cada época estudada, os coeficientes Kappa dos melhores classificadores desenvolvidos aos 30, 40 e 50 DAE para os blocos de 9x9, 20x20 e 40x40 pixels são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Melhores valores dos coeficientes Kappa.

Bloco	DAE		
	30	40	50
9x9 pixels	0,15 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>Aa</sup>	0,35 <sup>Bb</sup>
20x20 pixels	0,25 <sup>Aa</sup>	0,25 <sup>Ba</sup>	0,33 <sup>Bb</sup>
40x40 pixels	0,25 <sup>Aa</sup>	0,28 <sup>ABb</sup>	0,38 <sup>Ac</sup>

ns= Não diferem de zero pelo teste Z a 5% de probabilidade; Os coeficientes Kappa seguidos de uma mesma letra minúscula não diferem na linha pelo teste Z a 5% de probabilidade; Os coeficientes Kappa seguidos de uma mesma letra maiúscula não diferem na coluna pelo teste Z a 5% de probabilidade.

De uma maneira geral, os blocos de 40x40 pixels obtiveram melhores resultados, com melhor resultado aos 50 DAE, o que pode ser associado a um avanço do estágio fenológico da planta, pois com o crescimento das plantas e com a diferença da concentração de N entre os tratamentos, se torna mais acentuada a clorose foliar. Aos 50 DAE não havia ocorrido o florescimento da planta, ou seja, se a deficiência de N for detectada até esta data é possível realizar uma adubação de correção, evitando maiores perdas na produção.

As tabelas 2, 3 e 4 representam, respectivamente, os resultados das matrizes de erro das melhores combinações de índices aos 30, 40 e 50 DAE.

TABELA 2 - Matriz de erro obtida com o uso dos índices Evd e Vern aos 30 DAE para os blocos de 40x40 pixels.

Valor Estimado	Dose N Aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )					Erros de inclusão (%)
	0	50	100	150	200	
0	<b>5</b>	1	2	2	0	50
50	1	<b>3</b>	0	3	3	70
100	2	1	<b>1</b>	4	2	90
150	0	2	2	<b>6</b>	0	40
200	2	1	1	1	<b>5</b>	50
Erros de omissão (%)	50	63	83	63	50	Exatidão global= 40%

TABELA 3 - Matriz de erro obtida com o uso dos índices Vern aos 40 DAE para os blocos de 40x40 pixels.

Valor Estimado	Dose N Aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )					Erros de inclusão (%)
	0	50	100	150	200	
0	<b>4</b>	4	0	0	2	60
50	2	<b>7</b>	0	0	1	30
100	4	0	<b>2</b>	1	3	80
150	2	1	1	<b>2</b>	4	80
200	2	0	2	0	<b>6</b>	40
Erros de omissão (%)	71	42	60	33	63	Exatidão global= 42%

TABELA 4 - Matriz de erro obtida com o uso dos índices Vern e Vn aos 50 DAE para os blocos de 40x40 pixels.

Valor Estimado	Dose N Aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )					Erros de inclusão (%)
	0	50	100	150	200	
0	<b>7</b>	2	0	0	1	30
50	2	<b>5</b>	2	0	1	50
100	2	3	<b>4</b>	0	1	60
150	2	0	0	<b>4</b>	4	60
200	1	0	0	4	<b>5</b>	50
Erros de omissão (%)	50	50	33	50	58	Exatidão global= 50%

Considerando que o classificador foi responsável por classificar cinco doses diferentes, os valores de exatidão global encontrados nas matrizes de erro apresentaram um bom valor de exatidão global, mostrando maior eficiência do classificador utilizado comparado com uma classificação ao acaso. Aos 30 DAE, as doses de 0, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup> proporcionaram os melhores resultados em termos de exatidão do classificador. Aos 40 DAE a amostra de 150 kg ha<sup>-1</sup> apresentou menor erro de omissão, 33%. E aos 50 DAE, o menor erro de omissão foi de 33%, obtido com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, além de uma maior exatidão global aos 50 DAE, nota-se também uma diminuição na quantidade de erros de omissão e inclusão, podendo-se considerar que a melhor classificação ocorreu nessa época.

**CONCLUSÕES:** Os status de nitrogênio nas folhas podem ser discriminados utilizando os índices espectrais das imagens. O classificador estatístico tem capacidade de avaliar o status de nitrogênio na planta e os melhores resultados obtidos foram aos 50 DAE, mostrando que com o avanço no estágio fenológico do feijoeiro, houve uma melhora na classificação.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS

- CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote sensing thematic accuracy assessment: A compendium, n 37, p.35-46, 1991.
- KHATTREE; R. e MAIK, D.N. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000.