

**Aplicação da técnica da remoção do contínuo para a discriminação espectral de diferentes doses de Nitrogênio e lâminas de irrigação aplicadas à cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Priscylla Ferraz Câmara Monteiro<sup>1</sup>  
Rubens Angulo Filho<sup>1</sup>  
Rodrigo Otávio Câmara Monteiro<sup>2</sup>  
Marcos Adami<sup>3</sup>  
Maurício Alves Moreira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP/ESALQ  
Caixa Postal 9 – 13418-900 - Piracicaba – SP, Brasil  
{ferraz, ruangulo}@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves – CEFET/RS  
Av. Osvaldo Aranha 540 – 95700-000 – Bento Gonçalves – RS, Brasil  
{rodrigomonteiro}@cefetbg.gov.br

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Caixa Postal 515 – 12245-970 – São José dos Campos – SP, Brasil  
{adami, mauricio}@dsr.inpe.br

**Abstract:** Hyperspectral crop reflectance data are useful for several remote sensing applications in Agriculture. Continuum removal, or baseline normalization, is a numerical method to estimate the absorptions not due to the band of interest and to remove their effects. The aim was to analyze the impact of different treatments of nitrogen and different irrigation levels on spectral parameters gotten with continuum removal method (band depth and band area) of bean crop. The continuum removal consist in normalize absorption bands. The absorption band, on visible region centered on 665 nm, was studied in terms of band depth and band wide. Field canopy reflectance measurements were acquired at six bean growth stages over 48 plots with the SPECTRON SE-590 spectroradiometer. The experimental design was the randomized blocks, with split plots, with 12 treatments, 4 irrigation levels (179,5; 256,5; 357,5 e 406,2 mm) and 3 nitrogen doses (0; 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup>), and four replicates. According to the results, the different treatments showed that the increase of the nitrogen concentration does not determine the increase of the area of absorption band as well as the depth of the absorption band. On the other hand, the irrigation levels significantly affected the absorption band area and the absorption band depth, for practically every day of measurements.

**Palavras-chave:** spectroradiometry; hyperspectral; band depth; espectrorradiometria; hiperespectral; profundidade de banda

## 1. Introdução

O feijão tem grande importância social e econômica, principalmente porque possibilita gerar empregos nas zonas rural e urbana, e por ser considerado um alimento quase perfeito, devido ao seu alto teor de proteínas, fibras e carboidratos (Embrapa, 2008). É uma planta exigente em nutrientes, em decorrência, principalmente, do seu sistema radicular pouco profundo e também por possuir ciclo curto, entre 90 e 110 dias. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem na cultura do feijão, a de nitrogênio (N) é a mais freqüente, havendo necessidade de serem aplicadas doses repositivas deste nutriente (Silva et al., 2000). O rendimento do feijoeiro também é bastante afetado pela condição hídrica do solo. Deficiências ou excessos de água, nas diferentes fases do ciclo da cultura, causam redução na produtividade em diferentes proporções (Silveira e Stone, 2001).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto pode ser uma alternativa viável para avaliar as condições gerais da cultura do feijão, por meio da quantificação de mudanças no comportamento espectral da cultura, em determinadas faixas espectrais. O avanço da tecnologia possibilitou o desenvolvimento de sistemas sensores hiperespectrais. Os dados coletados por estes sistemas são considerados como um campo de enorme potencial para os estudos de vegetação, principalmente com novas perspectivas com relação a sua potencialidade na estimativa de variáveis biofísicas. Diante deste avanço, surge a necessidade de desenvolver novas metodologias de análise de dados que considerem feições contínuas e individuais dos espectros (Kruse, 1994; Meer, 2000; Shi et al., 2003, 2004).

A técnica da remoção do contínuo, proposta por Clark e Roush (1984), permite acentuar as feições contínuas e individuais dos espectros, reduzir os efeitos externos e identificar elementos associados a estas feições. Segundo Clark (1999) a remoção do contínuo é um meio de normalizar os espectros de reflectância, tornando possível a comparação de feições de absorção individuais a partir de um valor de base comum, permitindo um maior detalhamento das características das bandas de absorção (Mutanga e Skidmore, 2003).

Neste contexto, a presente pesquisa tem por objetivo avaliar o impacto de diferentes tratamentos de N e lâminas de irrigação sobre parâmetros espectrais obtidos com a técnica de remoção do contínuo (profundidade da banda de absorção e área da banda de absorção) da cultura do feijão.

## 2. Material e métodos

Os dados radiométricos e biofísicos foram coletados sobre dosséis de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), num experimento instalado na Fazenda Areão, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP (22° 42' 30" S e 47° 38' 39" W), localizada no município de Piracicaba-SP.

O material utilizado foi o cultivar de feijão Pérola (linhagem LR 720982 CPL 53). O experimento foi conduzido em blocos casualizados com parcelas subdivididas sendo que nas parcelas foram alocados os tratamentos relacionados com os níveis de irrigação (179,5; 256,5; 357,5; e 406,2 mm de água) e nas subparcelas, os tratamentos doses de nitrogênio (0, 80 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>), totalizando 12 tratamentos em cada bloco. Como os tratamentos foram dispostos em 4 blocos (repetições), totalizando 48 parcelas experimentais. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre linhas com aproximadamente 14 sementes viáveis por metro linear. As adubações de Potássio e Fósforo foram de 90 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A aplicação de água foi realizada com o auxílio de um sistema de irrigação por aspersão disposto no campo segundo o sistema de “aspersão em linha” (“line source sprinkler system”), de acordo com a metodologia desenvolvida por Hans et al. (1976). Para o controle do manejo da irrigação e da lâmina aplicada fez-se a estimativa da evapotranspiração da

cultura, para o conhecimento do consumo de água pela cultura, confrontando com a lâmina total aplicada durante o período experimental, em cada nível de irrigação.

Os dados espectrais foram coletados em seis estádios fenológicos (Tabela 1), por meio do espectrorradiômetro SPECTRON SE-590 que opera numa faixa espectral contínua de 350 a 1100 nm, do espectro eletromagnético. Para cada parcela foi coletada uma medida de reflectância a uma altura de aproximadamente 3,0 m com um campo de visada instantâneo de 15° (IFOV – *Instantaneous Field of View*) o que resultou em uma área sobre o dossel de 0,49 m<sup>2</sup>. As medidas radiométricas foram feitas aproximadamente às 11:00 horas. Os dados originais de reflectância foram agrupados em bandas estreitas de largura de 2,7 nm cada, a partir da média de reflectância dos dados originais, resultando em 252 bandas.

Tabela 1. Período analisado e seu respectivo estágio fenológico

Data da medição	Fase	Estádio	Descrição do estágio fenológico
18/set/2007	Vegetativa	V2	Folhas primárias estiverem completamente desenvolvidas
29/set/2007	Vegetativa	V3	O primeiro trifólio completamente desenvolvido
10/out/2007	Vegetativa	V4	O terceiro trifólio completamente desenvolvido
29/out/2007	Reprodutiva	R6	Abertura da primeira flor
18/nov/2007	Reprodutiva	R8	Primeiras vagens cheias
23/nov/2007	Reprodutiva	R9	Modificação da cor das vagens (maturação fisiológica)
30/nov/2007	Reprodutiva	R9	Taxa de desfolha (maturação de colheita)

\* A descrição de todos os estádios fenológicos refere-se a características observadas em 50 % das plantas

## 2.1 Técnica da remoção do contínuo

A técnica de remoção do contínuo é uma das novas metodologias utilizada para avaliar espectros de reflectância hiperespectrais. Esta técnica consiste em remover as feições contínuas dos espectros, onde o contínuo é uma função matemática utilizada para isolar bandas de absorção particulares dos espectros de reflectância, permitindo qualificar a análise espectral (Clark; Rough, 1984).

Para Clark (1999) a remoção do contínuo é um meio de normalizar espectros de reflectância, o que torna possível comparar feições de absorção individuais a partir de um valor de base comum. Pode ser definida como uma superfície convexa ajustada à parte superior de uma curva espectral, que utiliza segmentos de linha reta a partir da ligação dos máximos locais da curva (Mutanga et al. 2004). O processo de remoção do contínuo é realizado por meio de uma divisão dentro do espectro para normalizar as bandas de absorção em uma referência comum. Portanto, os valores de reflectância são normalizados em 1,0 de tal forma que os pontos dos espectros resultantes sejam ajustados entre o contínuo e os espectros menores que 1,0, onde ocorrem feições de absorção.

A formulação matemática para a remoção do contínuo dos espectros de reflectância é apresentada na **Equação 1** (Clark; Rough, 1984; Galvão, 2001; Hong et al., 2004). Cabe destacar que o espectro do contínuo pode ser formulado matematicamente pela equação da reta, definida pelos coeficientes angular e linear.

$$\rho_{CR\lambda} = \frac{\rho_{original\lambda}}{\rho_{contínuo\lambda}} \quad (1)$$

Em que  $\rho_{CR\lambda}$  é o fator de reflectância direcional cônico com o contínuo removido;  $\rho_{original\lambda}$  é o fator de reflectância direcional cônico original;  $\rho_{contínuo\lambda}$  é o espectro do contínuo e  $\lambda$  representa o comprimento de onda. Para se obter a profundidade de banda  $P_d$ , utiliza-se a **Equação 2** (Kokaly; Clark, 1999; Noomem et al., 2005).

$$P_d = (1 - \rho_{CR\lambda}) \quad (2)$$

Os limites das bandas de absorção devem ser escolhidos de maneira que ressaltem as feições de absorção dos elementos. Existem duas maneiras para se definir a posição que representa o comprimento de onda ( $\lambda$ ) em que ocorre a absorção que irá formar as bandas. Uma das maneiras é localizar o  $\lambda$  em que ocorreu a maior profundidade e a outra é fixar um  $\lambda$  para os cálculos, baseado em estudos anteriores.

Para este trabalho, os limites da banda de absorção foram compreendidos entre 550 e 800 nm e o  $\lambda$  central escolhido como referência foi posicionado em 665 nm. A profundidade de banda foi calculada para o  $\lambda$  definido com base nas características de absorção de cada elemento.

A área de banda de absorção ( $A_p$ ) foi calculada pela aproximação numérica dada pela **Equação 3**. Já, a largura das bandas de absorção é dada pela determinação das posições anterior e posterior ao  $\lambda$  de maior profundidade referentes à metade do máximo (Pu et al., 2003).

$$A_p = \sum_{i=m}^M \frac{(\rho_i + \rho_{i-1})}{2} \cdot (\lambda_i - \lambda_{i-1}) \quad (3)$$

Em que  $A_p$  é a área da banda de absorção,  $i$  representa o intervalo de cálculo do limite inferior  $m$  ao limite superior da banda ( $M$ ).

## 2.2 Análise dos dados

Após a remoção do contínuo das medidas radiométricas na única banda definida e a obtenção dos parâmetros das feições de absorção, os resultados foram dispostos em gráficos, para permitir uma melhor análise, e em tabelas, mostrando o resumo da análise de variância.

## 3. Resultados

A Figura 1 ilustra os resultados da aplicação da remoção do contínuo para o intervalo espectral entre 550 e 800 nm. A amplitude desta banda de absorção está diretamente associada ao teor de clorofila. Além disso, o desenvolvimento fenológico do feijão pode ser acompanhado pelos espectros de reflectância normalizados também apresentados na Figura 1.

A análise da Figura 1 permite observar que os diferentes tratamentos puderam ser identificados na banda de absorção utilizada. A lâmina de água aplicada no estádio inicial da cultura foi igual para todos os tratamentos. Portanto, na Figura 1a, mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos, pois a vegetação estava no seu estádio inicial de desenvolvimento vegetativo, logo menos quantidade de biomassa verde, o que resulta em maiores valores de reflectância nesta faixa de absorção.

A partir dos 22 dias após a semeadura (DAS), ocorreu a diferenciação na lâmina de água aplicada, o que mostra, que a banda de absorção entre 550 e 800 nm já começa a apresentar maior profundidade com o aumento da lâmina de irrigação (Figura 1b). Os tratamentos que receberam maior quantidade de água apresentaram maior profundidade e maior área de banda (Figuras 1c e 1d). Na Figura 1d, pode-se observar que realmente os tratamentos que receberam menor quantidade de água, independente da dose de N, foram os que tiveram maior reflectância.

Após os 50 DAS, ocorreu um período, em torno de 25 dias, em que houve precipitações efetivas consideráveis e, por este motivo, não houve necessidade de irrigações. Portanto, todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de água, e com isso, os tratamentos que estavam recebendo menores quantidades de água mostraram uma boa recuperação (Figura 1e). Na Figura 1e é possível visualizar que todos os tratamentos apresentam aumento da absorção da radiação eletromagnética, quando comparados a data anterior.

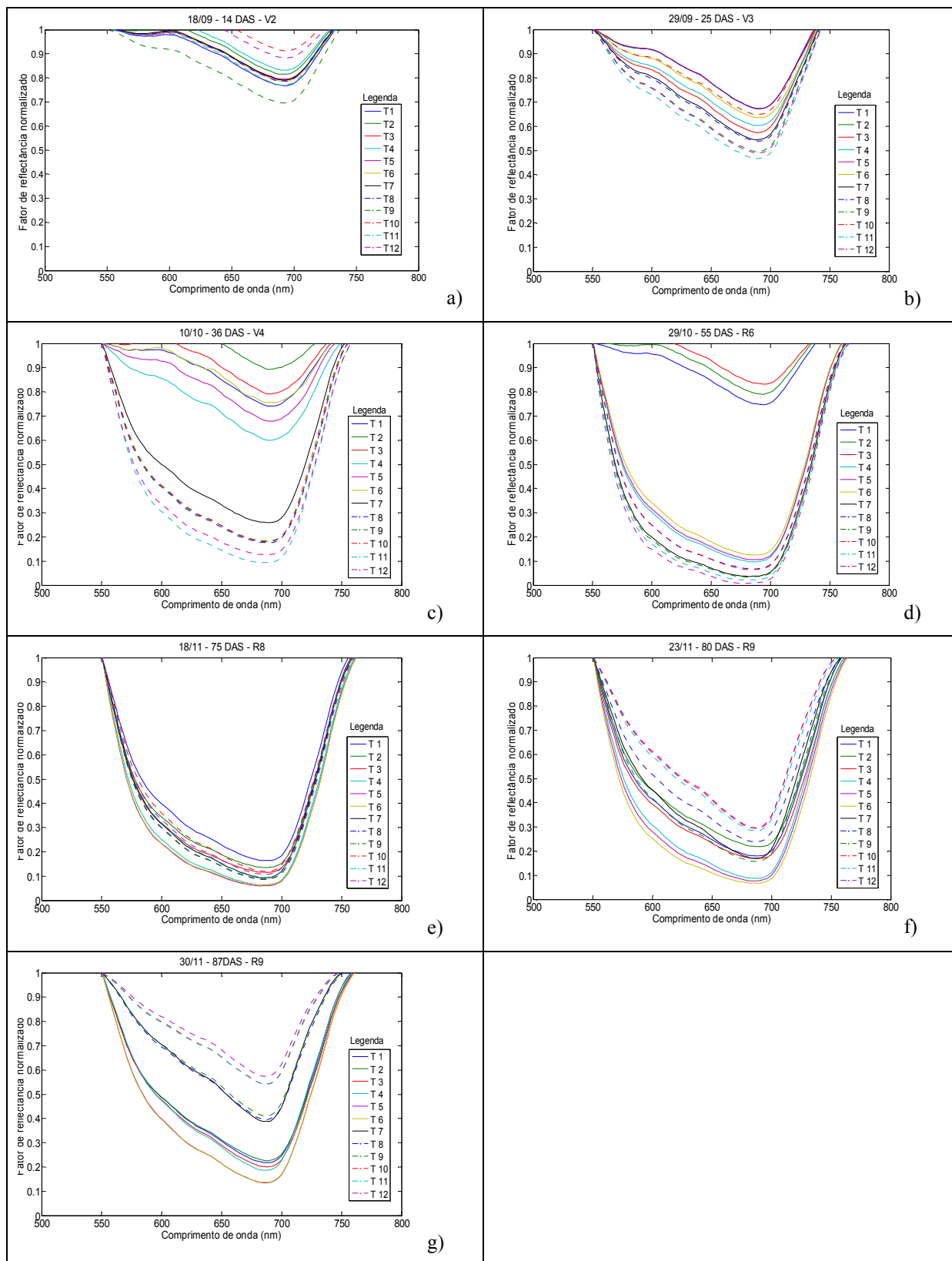


Figura 1. Remoção do contínuo aplicada à banda entre 550 e 800 nm para diferentes estádios fenológicos para os 12 tratamentos: **T1** – 179,5 mm e sem dose de nitrogênio (N); **T2** – 179,5 mm e N=80 kg ha<sup>-1</sup>; **T3** – 179,5 mm e N=160 kg ha<sup>-1</sup>; **T4** – 256,5 mm e sem N; **T5** – 256,5 mm e N=80 kg ha<sup>-1</sup>; **T6** – 256,5 mm e N= 160 kg ha<sup>-1</sup>; **T7** – 357,5 mm e sem N; **T8** – 357,5 mm e N=80 kg ha<sup>-1</sup>; **T9** – 357,53 mm e N=160 kg ha<sup>-1</sup>; **T10** – 406,2 mm e sem N; **T11** – 406,2 mm e N=80 kg ha<sup>-1</sup>; **T12** – 406,2 mm e N=160 kg ha<sup>-1</sup>

É importante ressaltar que mesmo havendo um período de precipitação efetiva, houve um atraso no ciclo dos tratamentos que receberam menor quantidade de água. Estes tratamentos tiveram um ciclo maior, ocasionando uma colheita tardia destas parcelas (Figuras 1f e 1g).

As Tabelas 2 e 3 apresentam o resumo da análise de variância para a técnica da remoção do contínuo. Nestas Tabelas pode-se observar que a irrigação influenciou significativamente a Área da banda de absorção em todos os dias de coleta. Já a profundidade da banda de absorção (MAX), foi influenciada pela irrigação em todos os dias de coleta, com exceção da Coleta 5. Tanto a Área quanto a Profundidade da banda de absorção não foram influenciadas significativamente pelas doses de N.

Tabela 2. Resumo da análise de variância da técnica da remoção do contínuo, para a característica área da banda de absorção, em função das lâminas de irrigação e doses de N

Fonte	GL	Area_1	Area_2	Area_3	Area_4	Area_5	Area_6	Area_7
Irrigação	3	1.60 <sup>ns</sup>	<b>4.10*</b>	<b>2408.974**</b>	<b>1068.801**</b>	<b>4.38*</b>	<b>15.88**</b>	<b>87.51**</b>
Regressão linear	1	0.15 <sup>ns</sup>	<b>10.74**</b>	<b>6918.196**</b>	<b>2404.968**</b>	0.01 <sup>ns</sup>	<b>22.87**</b>	<b>214.49**</b>
Regressão quadrática	1	2.33 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	<b>64.26**</b>	<b>709.04**</b>	<b>11.18**</b>	<b>23.66**</b>	<b>38.63**</b>
N	2	1.16 <sup>ns</sup>	2.98 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	3.12 <sup>ns</sup>	1.17 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0.04 <sup>ns</sup>	5.94 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	5.20 <sup>ns</sup>	1.07 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0.28 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.82 <sup>ns</sup>	1.04 <sup>ns</sup>	1.26 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>
I x N	6	2.76 <sup>ns</sup>	2.18 <sup>ns</sup>	<b>13.28**</b>	<b>5.45**</b>	0.57 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.42 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1.64 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>	1.30 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1.67 <sup>ns</sup>
CV <sub>água</sub>	(%)	80.74	40.16	5.80	6.21	10.26	16.96	14.47
CV <sub>nitrogênio</sub>	(%)	66.69	29.78	8.86	5.19	5.25	12.18	15.20

<sup>ns</sup> Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

\* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

\*\* Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

Tabela 3. Resumo da análise de variância da técnica da remoção do contínuo, para a característica profundidade da banda de absorção, em função das lâminas de irrigação e doses de N

Fonte	GL	MAX_1	MAX_2	MAX_3	MAX_4	MAX_5	MAX_6	MAX_7
Irrigação	3	3.51 <sup>ns</sup>	<b>3.87*</b>	<b>103.31**</b>	<b>1076.06**</b>	3.41 <sup>ns</sup>	<b>9.87**</b>	<b>91.58**</b>
Regressão linear	1	1.58 <sup>ns</sup>	<b>9.90*</b>	<b>305.54**</b>	<b>2293.38**</b>	0.81 <sup>ns</sup>	<b>10.33*</b>	<b>216.48**</b>
Regressão quadrática	1	3.71 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	3.11 <sup>ns</sup>	<b>814.12**</b>	<b>8.35*</b>	<b>18.68**</b>	<b>54.48**</b>
N	2	1.59 <sup>ns</sup>	2.97 <sup>ns</sup>	1.16 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	1.35 <sup>ns</sup>	0.93 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	2.04 <sup>ns</sup>	5.90 <sup>ns</sup>	2.02 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	2.06 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	1.13 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	1.62 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>
I x N	6	2.05 <sup>ns</sup>	2.18 <sup>ns</sup>	<b>4.35**</b>	2.14 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>
Bloco	3	3.23 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	1.72 <sup>ns</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	1.36 <sup>ns</sup>
CV <sub>água</sub>	(%)	37.25	26.51	21.30	5.09	6.67	11.85	9.80
CV <sub>nitrogênio</sub>	(%)	36.14	19.10	18.93	5.74	3.60	8.52	10.79

<sup>ns</sup> Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

\* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

\*\* Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

A interação entre N e I influenciou a área da banda de absorção, nas coletas 3 e 4 (Tabela 2) e a profundidade de banda na coleta 3 (Tabela 3). Quando feita a análise do desdobramento da fonte de variação N dentro de cada lâmina de irrigação (Tabela 4), observou-se que o N influenciou a Área 3 em qualquer uma das lâminas aplicadas, influenciou a Área 4 nos tratamentos que receberam as lâminas I<sub>1</sub> = 179,5 mm e I<sub>4</sub> = 406,5 mm, e influenciou a MÁX3 no tratamento que recebeu a lâmina I<sub>3</sub> = 357,5 mm.

Tabela 4. Valores de F da análise de desdobramento da fonte de variação nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação, para características avaliadas do feijão Pérola – Piracicaba, SP, 2007

Fonte	G.L.	ÁREA 3	ÁREA 4	MÁX 3
N / I1	2	<b>6,24**</b>	<b>3,91*</b>	2,74ns
N / I2	2	<b>15,20**</b>	1,10ns	1,13ns
N / I3	2	<b>9,12**</b>	3,17ns	<b>9,79**</b>
N / I4	2	<b>9,76**</b>	<b>8,61**</b>	0,55ns

Tabela 5. Valores de F da análise de desdobramento da fonte de variação nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação, para características avaliadas do feijão Pérola – Piracicaba, SP, 2007

Fonte	G.L.	ÁREA 3	ÁREA 4	MÁX 3
I / N1	3	<b>219,36**</b>	<b>445,37**</b>	<b>27,15**</b>
I / N2	3	<b>429,40**</b>	<b>521,70**</b>	<b>51,23**</b>
I / N3	3	<b>409,41**</b>	<b>577,00**</b>	<b>61,12**</b>

Para a análise do desdobramento da fonte de variação irrigação dentro de cada dose de nitrogênio, observou-se que em todas as doses de N, as lâminas de irrigação influenciaram a Área 3, Área 4 e Máx 3 (Tabela 5).

#### 4. Conclusões

O uso de diferentes tratamentos baseados em doses de nitrogênio e lâminas de irrigação mostrou que o aumento da concentração de nitrogênio não determina estatisticamente o aumento da área da banda de absorção, como também a profundidade da banda de absorção. Verifica-se que o efeito das lâminas de irrigação sobre a cultura do feijão foi mais pronunciado do que as doses de N, sendo que a irrigação influenciou significativamente tanto a Área da banda de absorção quanto a profundidade da banda, para praticamente todos os dias de coleta.

#### 5. Referências

Clark, R. N., Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. In: Manual of Remote Sensing, Volume 3, **Remote Sensing for the Earth Sciences**, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, p 3- 58, 1999.

Clark, R.N.; Roush, T.L. Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research**. v. 89, n. B7, p. 6329-6340, July 10, 1984.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_2\\_28102004161635.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html)>. Acesso em: 25 set. 2008.

Galvão, L.S. Métodos para análise de espectros de reflectância. In: **Sensoriamento Remoto – reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Editora da UNB, p.225-247, 2001.

Hans, R. J.; Keller, J.; Rasmussen, V. P.; Wilson, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p.426-429, 1976.

Hong, T.; Tao, F.; PengFei, S. Nonlinear Spectral Similarity measure. **Proceedings: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04, 20-24 September**. v. 5, P. 3272-3275 2004.

Kokaly, R.F.; Clark, R.N. Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression. **Remote Sensing of Environment**. v. 67, p. 267-287, 1999.

Kruse, F.A. Imaging spectrometer data analysis: A tutorial. **Proceedings: International Symposium on Spectral Sensing Research '94**. San Diego – CA. 9 July, 1994.

Meer, F. Van der. Spectral curve shape matching with a continuum removal CCSM algorithm. **International Journal of Remote Sensing**. v. 21, n. 16, p. 3179-3185, 2000

Mutanga, O.; Skidmore, A.K. Continuum-removed absorption features estimate tropical savanna grass quality in situ. **Proceedings: 3rd EARSEL Workshop on Imaging Spectroscopy**. Herrsching, 13-16 May, 2003.

Mutanga, O.; Skidmore, A. K. Hyperspectral band depth analysis for a better estimation of grass biomass (*Cenchrus ciliaris*) measured under controlled laboratory conditions. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 5, p. 87-96. 2004.

Noomem, M.F.; Meer, F.D.; Skidmore, A.K. Hyperspectral remote sensing for detecting the effects of three hydrocarbon gases on maize reflectance. **Proceedings: 31th International Symposium of Remote Sensing of Environment**. Saint Petersburg, 20-24 June, 2005

Pu, R.; Ge, S.; Kelly, N.M.; Gong, P. Spectral absorption features as indicators of water status in coast live oak (*Quercus agrifolia*) leaves. **International Journal of Remote Sensing**. v. 24, n. 9, p. 1799-1810, 2003.

Shi, R.; Zhuang, D.; Niu, Z. Effects of spectral transformations in statistical modeling of leaf biochemical concentrations. **Proceedings: Workshop on Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data – IEEE**. 27-28 October, p. 263-267, 2003.

Shi, R.; Zhuang, D.; Niu, Z. Physical investigation on biochemical prediction using continuum removal. **Proceedings: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04, 20-24 September**. v.2., p. 1463-1466, 2004.

Silva, T.R.B.; Soratto, R.P.; Chidi, S.N.; Arf, O.; Sá, M.E.; Buzetti, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura agrônômica**, v.9, p.1-17, 2000.

Silveira, P.M. da S.; Stone, L.F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 230 p., 2001.