

DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM FOLHAS DE FEIJÃO UTILIZANDO LOCA BINARY PATTERN E REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS

LEONARDO GOMES GUIDOLIN¹, AUGUSTO VAGHETTI LUCHESE², PEDRO LUIZ DE PAULA FILHO³, TATIANI MAYARA GALERIANI⁴, FABIANA REGINA WUNDRAK⁵

¹ Mestrando, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), leonardo.gguidolin@gmail.com

² Pós-Doutor, Universidade Federal do Paraná (UFPR), aluchese@gmail.com

³ Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), plopes@utfpr.edu.br

⁴ Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), tatianigaleriani@hotmail.com

⁵ Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), fabianareginaw@gmail.com

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos ingredientes mais importantes da dieta do brasileiro. O feijoeiro comum possui muita importância econômica e social, pois é cultivado tanto por grandes quanto por pequenos produtores. O Nitrogênio é importante para a produtividade desta cultura, portanto utilizou-se o Local Binary Pattern em conjunto com Redes Neurais Artificiais para realizar o diagnóstico de níveis de N no feijoeiro. Foram cultivados feijoeiros em uma casa de vegetação contendo 5 doses diferentes de nitrogênio, 50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹. Os dados coletados foram teores de clorofila por meio de clorofilômetro, teores de nitrogênio em mg L⁻¹ e imagens das folhas, sendo estas realizadas em dois momentos do desenvolvimento: 45 e 58 dias após a semeadura, para se realizar o diagnóstico utilizou-se o LBP como métodos de extração de características nas imagens das folhas. Os dados gerados foram utilizados para o treinamento e teste de Redes Neurais Artificiais (RNA) Multilayer Perceptron para predição dos níveis de nitrogênio. Este trabalho demonstrou que o LBP obteve bons resultados dependendo da situação, chegando a obter correlação de 0,7308 quando as previsões da RNA são comparados com a análise química usando os dados das duas coletas e com seleção de atributos.

PALAVRAS-CHAVE: LBP, RNA, *Phaseolus vulgaris* L, Nitrogênio.

DIAGNOSIS OF NITROGEN LEVELS IN BEAN LEAVES USING LBP AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

ABSTRACT: Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are one of the most important ingredients of Brazilian diet. Common bean is very important economically and socially, because it is cultivated by both large and small producers. Nitrogen is important for the productivity of this crop, so the Local Binary Pattern was used in conjunction with Artificial Neural Networks to perform the diagnosis of N levels in common bean. Beans were grown in a greenhouse containing 5 different doses of nitrogen, 50, 100, 150, 200 and 250 mg L⁻¹. The data collected were chlorophyll content by means of chlorophyll meter, nitrogen contents in mg L⁻¹ and leaves images, being realized at two developmental moments: 45 and 58 days after sowing, to perform the diagnosis used the LBP as extraction methods of characteristics in the leaves images. The data generated were used for the training and testing of Artificial Neural Networks (RNA) Multilayer Perceptron for prediction of nitrogen levels. This work demonstrated that the LBP obtained good results depending on the situation, reaching a correlation of 0.7308 when the predictions of RNA are compared with the chemical analysis using the data of the two collections and attribute selection..

KEYWORDS: ANN, LBP, *Phaseolus vulgaris* L, Nitrogen.

INTRODUÇÃO: O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos ingredientes mais importantes da dieta do

brasileiro, principalmente por ser uma grande fonte de proteínas, carboidratos e ferro. O feijoeiro comum possui muita importância econômica e social, pois é cultivado tanto por grandes quanto por pequenos produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras (PENA, 2015).

Uma das principais causas da baixa produtividade da cultura do feijão no Brasil deve-se ao baixo nível técnico empregado pelos produtores e o cultivo de baixa fertilidade, principalmente pobres em Nitrogênio (N). As principais fontes de N para a cultura do feijoeiro são o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, a aplicação de adubos nitrogenados e a fixação biológica de N₂ atmosférico, pela associação do feijoeiro com bactérias do grupo dos rizóbios. Porém, além do alto custo econômico, o uso de adubos nitrogenados em solos tropicais tem ainda um custo ecológico, através das perdas desses adubos ocasionadas principalmente por lixiviação, na forma de nitrato e escoamento superficial, provocado pela água das chuvas ou irrigação. Desta forma o N perdido nesse processo é bastante poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos, rios e lagos. Nesse contexto, o manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro, visto que a aplicação de doses excessivas de N, além de aumentar o custo econômico, pode promover sérios riscos ao ambiente, e a sua utilização em quantidade insuficiente diminuir a sua produtividade (PELEGRIN et al., 2009).

Uma maneira prática e rápida de determinar a deficiência de nitrogênio na planta é por meio do diagnóstico visual que consiste em se comparar visualmente o aspecto da amostra com o padrão, ou seja, comparar a coloração, tamanho e forma com o formato padrão da planta. Na maioria das vezes o órgão de comparação é a folha, pois é o que melhor reflete o estado nutricional da planta. Porém, a sua precisão está limitada à experiência do técnico e, também, exige bastante trabalho para gerar um mapa de prescrição para ser utilizado no manejo localizado (BEASSO et al., 2007; FANQUIN, 2002).

Uma forma de automatizar esse processo pode ser utilizando técnicas de processamento digital de imagens, pois apresentam grande potencial para a obtenção de índices que expressem a cor verde da planta (KARCHER, 2003).

MATERIAL E MÉTODOS: Durante a execução deste trabalho foi preparado um experimento com o intuito de obter dados e imagens a respeito de teores de clorofila e Nitrogênio referentes a cultura do feijão. Este experimento foi conduzido em uma casa de vegetação na UFPR, localizada na cidade de Palotina – PR. Neste experimento foi cultivado feijoeiros em vasos com areia e recebeu tratamentos de soluções nutritivas com diferentes doses de Nitrogênio. O experimento foi feito em casas de vegetação por necessitar de um ambiente controlado onde a cultura fica protegida de pragas e do clima externo. O experimento constou de um delineamento em blocos inteiramente casualizado com 5 doses de N (50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹).

A coleta dos dados de clorofila consistiu primeiramente no corte da planta, onde foram selecionadas e retiradas as 4 folhas do topo e em melhor estado. Em seguida foi feita a medição de clorofila de cada uma das folhas. A medição foi feita utilizando o clorofilômetro cujo modelo é ClorofiLOG CFL1030. A aquisição das imagens foi feita utilizando a câmera fotográfica digital da marca Nikon cujo modelo é Coolpix L820. Esta câmera é de propriedade da UTFPR de Medianeira. As fotos foram tiradas em um ambiente controlado com o intuito de reduzir ruídos e padronizar as imagens. O ambiente controlado consistiu em uma caixa com iluminação artificial feita de pranchas de madeira e painéis de LED nas laterais. As folhas foram posicionadas no fundo da caixa ao lado de uma escala de cores, conforme a FIGURA 1:



FIGURA 1: Caixa utilizado para aquisição de imagens.

Foram extraídos dados das imagens através de métodos de extração de características para posteriormente utiliza-los como entrada em um algoritmo de aprendizado de máquina para classificação de níveis de nitrogênio. O método de extração de características utilizado neste trabalho foi o Local Binary Pattern (LBP). Este método consiste em um conjunto de características de textura extraída de imagens em escala de cinza (Imagens com coloração apenas com tons de cinza), do qual os valores são calculados através de um valor binário (0 ou 1), atribuído a cada pixel da imagem, formando uma vizinhança linear de raio R ao redor do pixel principal posicionado em uma região central. Para a criação dos descritores LBP deste trabalho foi utilizado primeiro um vetor com 10 valores que descreve a imagem obtido do LBP implementado pelo software Matlab. Também foi implementado o LBP na linguagem java onde foram extraídos valores adicionais do vetor de característica gerado no LBP, sendo eles: variância, maior valor e entropia. Os 3 valores anteriores foram calculados para RGB, totalizando mais 9 descritores, desta forma este método obteve 19 descritores para cada imagem (GUO et al., 2010; ZHANG et al., 2010).

Os descritores do LBP foram retirados de 247 fotos da primeira coleta e de 252 fotos da segunda coleta, onde foram utilizados como atributos para treinamento e teste de uma Rede Neural Artificial Multilayer Perceptron utilizando o software Weka. O Weka consiste em uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina e ferramentas de processamento de dados, no qual é possível todos esses recursos utilizando linha de comando ou uma interface visual (FRANK et al., 2009).

As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são modelos inspirados na estrutura do cérebro e tem o objetivo de simular algumas características humanas, tais como aprendizado, associação, generalização e abstração quando submetidas a treinamento. Esses modelos são chamados de neurônios artificiais e calculam funções matemáticas (GUPTA, 2013).

As RNA's foram utilizadas nos últimos anos para realizar tarefas complexas em diferentes áreas e como uma estratégia de modelagem matemática de problemas. Nas RNA's não é necessário propor uma função para o modelo, pois elas são aproximadores universais de funções (CUNHA et al., 2010).

Neste trabalho foi utilizado a RNA Multilayer Perceptron já implementada pelo software Weka, onde ele cria a RNA com base na quantidade de descritores. Já para teste da RNA foi utilizado o método de validação cruzada. A validação cruzada consiste em um método que permite verificar o quão correto é um modelo gerado a partir de análise de dados de treinamento. Esta validação oferece uma estimativa de como o modelo irá se comportar ao analisar um conjunto novo de dados (BAKER et al., 2011).

Para avaliação da RNA foi calculado a correlação de Pearson dos valores preditos por ela com os valores de treinamento. Este método de correlação consiste em uma medida de associação do grau de relacionamento entre duas variáveis (FILHO et al., 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Diversos trabalhos científicos como Soratto et al. (2005), Silveira et al. (2016) e Sant'Ana et al. (2010) propõe o diagnóstico de nitrogênio no feijoeiro através de leitura de clorofila na folha da planta. No presente artigo é proposto o uso de diagnóstico por imagem além dos dados de clorofila A, B, Total para diagnosticar a nutrição do feijoeiro em relação ao nitrogênio

como padrão de nutrição. Os valores de clorofila e N no tecido do feijoeiro realizados em dois períodos diferentes do desenvolvimento do feijoeiro são apresentados nas Tabelas 1 e 2 sendo a primeira tabela referente aos dados da coleta 1 e a segunda da coleta 2.

TABELA 1: Dados da Análise química de N e médias de clorofila realizado para as folhas dos feijoeiros da coleta 1

Tratamento (mg L ⁻¹)	Repetição	Análise química (g kg ⁻¹)	Clorofila Total	Clorofila A	Clorofila B
50	1	42,93	35,59	27,55	7,79
50	2	38,56	35,82	27,54	7,90
50	3	39,98	36,11	28,86	8,04
50	4	39,52	37,77	29,76	7,52
100	1	39,55	36,17	30,06	7,54
100	2	42,64	37,38	29,97	7,67
100	3	39,73	35,88	29,30	7,24
100	4	41,10	36,01	29,75	7,19
150	1	39,84	38,74	30,47	7,88
150	2	38,73	37,29	29,22	6,74
150	3	40,23	33,71	28,52	7,07
150	4	44,04	36,30	28,77	7,3
200	1	39,99	38,26	29,98	7,75
200	2	43,73	35,87	29,37	7,45
200	3	43,52	38,15	28,36	7,78
200	4	43,43	54,61	29,19	8,76
250	1	47,25	38,73	29,18	8,77
250	2	45,50	39,68	31,42	9,82
250	3	49,86	40,93	30,54	8,26
250	4	49,25	38,10	30,57	8,12

TABELA 2: Dados da Análise química de N e médias de clorofila realizado para as folhas dos feijoeiros da coleta 2

Tratamento (mg L ⁻¹)	Repetição	Análise química (g kg ⁻¹)	Clorofila Total	Clorofila A	Clorofila B
50	1	32,45	34,25	26,87	7,37
50	2	35,58	34,40	27,15	7,60
50	3	36,92	35,18	27,63	7,77
50	4	32,08	36,22	27,71	7,78
100	1	28,56	31,42	24,91	6,79

100	2	34,17	34,16	26,60	7,43
100	3	33,35	34,59	27,03	7,64
100	4	36,22	32,43	29,19	9,12
150	1	35,39	34,54	26,70	7,56
150	2	38,92	35,06	27,42	7,70
150	3	32,27	34,93	27,45	7,57
150	4	33,67	34,23	26,81	7,67
200	1	39,95	37,92	28,75	8,79
200	2	35,24	38,17	29,49	9,33
200	3	39,79	38,95	29,54	9,08
200	4	39,59	38,24	29,61	9,16
250	1	38,41	44,36	32,37	11,62
250	2	38,34	41,69	31,00	10,57
250	3	37,61	41,08	31,68	11,18
250	4	42,01	41,43	29,85	9,57

Observa-se pelas tabelas 2 e 3, que os teores de N variaram de 28,56 até 49,86 g kg⁻¹, nos quais são próximos de 30 à 50 g kg⁻¹ que são considerados ideais segundo Silva (2009).

As correlações encontradas entre os teores de clorofila e os teores de Nitrogênio determinado pela análise química apresentaram correlações significativas, principalmente quando se avalia os teores de clorofila A com as concentrações de N, apresentando uma correlação moderada (TABELA 3), demonstrando a possibilidade a previsão de N através de um clorofilômetro (Soratto et al., 2005; Silveira et al., 2016; Sant'Ana et al.; 2010).

Ainda pode-se verificar que a clorofila A, em virtude desta compor juntamente com a clorofila B os valores da clorofila total, esta última apresentou correlação fraca com os teores de N, esta piora na correlação quando se avalia clorofila total é entendida quando se verifica que a correlação entre os teores de N e a clorofila B não apresentam correlação, como a clorofila B é componente dos valores da clorofila total o uso destes valores acaba por diminuir a correlação nas avaliações (TABELA 3).

TABELA 3: Correlações entre os dados coletados das coletas 1 e 2

	AQ X CT	AQ X CA	AQ X CB	CT X CA	CT X CB	CA X CB
Correlação	0,489885	0,598921	0,156906	0,827656	0,740046	0,655197
	Fraca	Moderada	Desprezível	Forte	Forte	Moderada

Obs: AQ = Análise Química; CT = Clorofila Total; CA = Clorofila A; CB = Clorofila B

Segundo Dubey et. al de 2012 o LBP pode atingir bons resultados extraindo características texturais para a classificação de doenças na cultura de milho através de fotos de folhas desta cultura. Já no presente trabalho também utilizou-se o LBP para extrair características texturais, porém em folhas de feijão, com o intuito de diagnosticar a nutrição de N no feijoeiro.

O LBP foi implementado de duas formas neste trabalho, a primeira delas foi utilizando o Matlab no qual utilizou-se a função `extractLBPFeatures(imagem,'Upright',false)` que retorna um vetor com 10 características (bins) da imagem extraídas do histograma que o LBP constroi. Esses atributos submetidos como entrada de RNA obtiveram correlação de 0,6754 comparando com os dados da

análise química de N.

A segunda forma que o LBP foi implementado, foi utilizando a linguagem de programação Java com a biblioteca OpenCV, no qual, foram gerados mais 9 características extraídas também do histograma que o LBP gera. Esses 9 atributos obtiveram correlação na RNA de 0,6384 também comparando com os dados de N da análise química.

Já utilizando os 19 atributos em conjunto obteve-se uma correlação de 0,7061, obtendo resultado superior aos atributos separados, sendo assim sendo utilizados desta forma na sequência deste trabalho. Os atributos extraídos do LBP foram submetidos a seleção de atributos utilizando correlação de Pearson em relação a análise química de N, no qual pode ser visto na TABELA 4.

TABELA 4: Correlação dos atributos LBP extraídos das imagens de folha com os dados da análise química de N.

Atributos avaliados	Correlação
MatlabBin1	-0,7102
MatlabBin2	-0,6967
MatlabBin3	-0,6963
MatlabBin4	0,6515
MatlabBin5	-0,2047
MatlabBin6	0,7107
MatlabBin7	-0,6234
MatlabBin8	-0,6889
MatlabBin9	-0,0323
MatlabBin10	-0,7038
VariânciaR	0,4472
MáximoR	0,3395
EntropiaR	-0,0110
VariânciaG	0,4344
MáximoG	0,3366
EntropiaG	0,0420
VariânciaB	0,4170
MáximoB	0,3148
EntropiaB	0,0903

Os atributos selecionados para a criação de novas RNA's foram os que obtiveram correlação de Pearson superiores a 0,5 ou inferiores a -0,5. Os resultados das RNA's criadas com esses atributos selecionados podem ser conferidos na TABELA 5. Percebe-se que a RNA utilizando dados da análise química foliar de N obteve resultados superiores aos de clorofila. Já a utilização de seleção de atributos também obteve resultados superiores aos atributos sem seleção.

TABELA 5: Correlação os método de extração de característica LBP utilizando Redes Neurais Artificiais

Dados avaliados	Correlação sem seleção de atributos	Correlação com seleção de atributos
Análise química	0,7061	0,7308
Clorofila Total	0,3069	0,3852
Clorofila A	0,2740	0,3612
Clorofila B	0,3628	0,4055

Neste trabalho o melhor resultado obtido utilizando o LBP foi de 0,7308 para correlação da análise química foliar de N, com seleção de atributos, sendo submetidos a uma RNA Multilayer Perceptron. já no trabalho de Dubey et. al de 2012 foi obtido um resultado de 93% de acerto de classificação, porém no trabalho dele foi utilizado como classificador o Suport Vector Machine.

CONCLUSÕES: Este trabalho demonstrou que o LBP é promissor na diagnose de N na folha do feijão. Utilizando os dados na análise química N o LBP atinge 0,7061 de correlação na previsão de N, e utilizando seleção de atributos, esses resultados se mostraram superiores. Esta seleção além de melhorar o o acerto no diagnóstico de N ela também melhora o desempenho do sistema, pois ela seleciona os atributos mais relevantes extraídos do LBP, mostrando-se bastante útil em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- BEASSO, M. et al. **Determinação do "status" nutricional de nitrogênio no feijoeiro utilizando imagens digitais coloridas.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 8, n. 2, p.520-528, 1 mai. 2007.
- BAKER, R.; ISOTANI, S.; CARVALHO, A. **Mineração de dados educacionais: oportunidades para o brasil.** Revista brasileira de informática na educação, Cidade, v. 19, n. 2, 2011.
- CUNHA, G. B. da et al. **A utilização de uma rede neural artificial para previsão da incidência da malária no município de cantá, estado de roraima.** sociedade brasileira de medicina tropical, set./out. 2010.
- DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; MA, B.L. **Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration.** Canadian Journal of Plant Science, v.75, p.179-182, 1995.
- FANQUIN, V. **Diagnose do Estado Nutricional das Plantas.** Universidade Federal de Lavras – UFLA,2002, Disponível em:
 Fonte:http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf > . Acesso em: 16 abr. 2017.
- FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. **Desvendando os Mistérios do Moeficiente de Correlação de Pearson .** Política hoje, Cidade, v. 18, n. 1, 2009.
- GUO, Z.; ZHANG, L.; ZHANG, D. **A completed modeling of local binary pattern operator for texture classification.** iee transactions on image processing, Cidade, v. 19, n. 6, p. 1657-1663, jun. 2010.
- GUPTA, N. **Artificial neural network.** Network and complex systems, v. 3, n. 1, 2013.

KARCHER, D.E.; RICHARDSON, M.D. **Quantifying turfgrass color using digital image analysis**. Crop Science, v.43, p.943-951, 2003.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N. & OTSUBO, A.A. **Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio**. R Bras Ci Solo, 33:219-226, 2009.

PENA, C. **Cultura do feijão**. 2015. Disponível em: <<https://plantarcrescercolher.blogspot.com.br/2015/09/cultura-do-feijao-resumo.html>>; Acesso em: 16 abr. 2017.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. **Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro**. Pesquisa agropecuária tropical, Cidade, v. 40, n. 4, p. 491-496, out./dez. 2010.

SILVA, F. C. Da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Embrapa, 2009.

SILVEIRA, P. M.; FERREIRA, E. P. B.. **Índice de suficiência de nitrogênio determinado pelo clorofilômetro em feijão inoculado com rizóbio e sob adubação nitrogenada**. Embrapa arroz e feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

SORATTO, R. P.; ARF, M. A. C. C. **Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, set. 2014.

ZHANG, B. et al. **Local derivative pattern versus local binary pattern: face recognition with high-order local pattern descriptor**. IEEE transactions on image processing, Cidade, v. 19, n. 2, p. 533-544, 2010.

FRANK, E. et al. **Weka-a machine learning workbench for data mining**. Data mining and knowledge discovery handbook, p. 1269-1277, 2009.