

Aplicação da Rede Neural RBF Como Mecanismo Auxiliador no Diagnóstico da Doença HLB em Espécies Cítricas

Roney Nogueira de Sousa¹, Rhyan Ximenes de Brito ¹,
Janaide Nogueira de Sousa Ximenes²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
CE-187, s/n - Estádio, – CEP 62320-000 – Tianguá – CE – Brasil

²Faculdade IEducare (FIED) – Rua Conselheiro João Lourenço,
406 - CEP 62320-000 – Tianguá – CE – Brasil

{nogueiraroney453, rxbrito, noqueirajanaide}@gmail.com

Abstract. *The use of Artificial Intelligence techniques has been outstanding in solving the most diverse types of problems. Based on this perspective, a study was carried out through the implementation of the RBF (Radial Basis Function) neural network, aiming to use it as a support tool in the diagnosis of HLB (Huanglongbing) disease in a poncã mandarin orchard. The methodology was implemented based on 29 samples and 8 attributes of a built database, with emphasis on training and testing for classification of the samples used. Ten training sessions were performed with balanced and normalized data using leave-on-out validation. The results were statistically analyzed obtaining a measure of the quality achieved.*

Resumo. *A utilização de técnicas de Inteligência Artificial tem-se destacado na resolução dos mais diversos tipos de problemas. Com base nessa perspectiva realizou-se um estudo por meio da implementação da rede neural RBF (Radial Basis Function), objetivando usá-la como ferramenta de apoio no diagnóstico da doença HLB (Huanglongbing) em um pomar de tangerina poncã. A metodologia foi implementada com base em 29 amostras e 8 atributos de uma base de dados construída, com ênfase no treinamento e teste para classificação das amostras utilizadas. Foram feitos 10 treinamentos com os dados balanceados e normalizados utilizando validação cruzada (leave-onte-out). Os resultados foram analisados estatisticamente obtendo-se uma medida da qualidade atingida.*

1. Introdução

Devido a importância econômica da citricultura no Brasil, as pragas e doenças exóticas introduzidas durante as últimas décadas têm causado severas perdas aos produtores. Dentre os vários problemas que afetam a produção de frutas cítricas, o HLB ou *Greening* é considerado uma das doenças que merece destaque por atacar todas as variedades cítricas não havendo nenhuma variedades comercial resistente, ser rapidamente disseminada, não ter métodos curativos economicamente viáveis, ser de difícil controle preventivo e rapidamente causar elevados danos à produção e qualidade da fruta, comprometendo a longevidade produtiva e econômica dos pomares afetados [Alcântara et al. 2017].

Considerada a doença mais destrutiva da citricultura, o HLB é causado por uma bactéria transmitida pelo *psilídeo* (*Diaphorina citri*) e de acordo com especialistas não há

variedade comercial ou mesmo porta-enxerto que resista à doença tendo como solução erradicar o pomar contaminado [Alcântara et al. 2017].

Nesses termos o uso de técnicas de Inteligência Computacionais que auxiliem no processo de diagnóstico de plantas com HLB tornam-se importantes, pois a partir da análise de dados como: brotagem amarela; folhagem esparsa; morte dos ponteiros; folhas com manchas amareladas; entre outros, podem ser importantes para o diagnóstico do HLB.

Este estudo busca implementar e analisar uma rede neural RBF (*Radial Basis Function*), objetivando usá-la como auxílio no diagnóstico do HLB, com ênfase na classificação das árvores acometidas por essa praga bacteriana. A metodologia foi implementada com base em um banco de dados composto por 29 amostras e 8 atributos. Os resultados foram analisados de forma estatística tomando como base os percentuais de acertos e erros da rede implementada, obtendo-se uma medida da qualidade atingida dos resultados obtidos.

A motivação para este estudo está relacionada a necessidade do aprioramento de técnicas que garantam a identificação do HLB de forma que se possa tomar medidas que visem o manejo que dever ser utilizado no combate e controle da praga.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: Seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados, Seção 3 redes neurais artificiais com ênfase para a RBF, a Seção 4 apresenta a doença bacteriana HLB, Seção 5 a metodologia, Seção 6 resultados e discussões e a Seção 7 as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica de forma reflexiva sobre diferentes abordagens dentro do escopo das redes neurais artificiais.

[Castro 2012] desenvolveu um modelo completo em nível de árvore individual para fragmento de Floresta Semidecidual Montana utilizando redes neurais artificiais (RNA) e avaliar a sua aplicação. Os dados foram provenientes de dez parcelas permanentes em um fragmento florestal de 17 hectares no município de Viçosa - MG em estágio médio de sucessão ecológica monitoradas durante 14 anos.

[Oliveira 2015] apresentou uma abordagem para classificação automática de doenças em folhas de plantas com classificação baseada na lógica *fuzzy*. Os resultados foram precisos e satisfatórios em relação a classificação realizada a olho nu por fitopatologistas.

[Dutra 2018] automatizou o processo de inspeção, apresentando uma solução para identificação das doenças Olho de Boi e Mancha de Sarna em imagens digitalizadas de maçãs. As imagens foram classificadas por meio do método de Máquina de Vetores de Suporte, o qual teve por objetivo detectar se as maçãs presentes nas imagens eram sadias ou possuíam as doenças citadas. A implementação foi realizada utilizando-se a biblioteca LibSVM e obteve-se um resultado de 89,26% .

3. Redes Neurais Artificiais

Uma Rede Neural Artificial (RNA) pode ser vista como um modelo computacional inspirado biologicamente, composto por elementos de processamento simples que se utilizam

de uma função de ativação, ou seja, uma função matemática aplicada aos dados gerando uma única resposta, dispostos em camadas e ligados entre si, as conexões geralmente são associadas a coeficientes denominados de pesos [de Brito et al. 2019].

3.1. Radial Basis Function Neural Network (RBF)

De acordo com [Reis 2014] a estrutura de uma RBF é formada por uma camada de entrada associada diretamente as informações de entrada da rede assim como de uma única camada escondida constituída por funções de ativação de base radial que realizam transformações não lineares do espaço de entrada e por uma camada de saída linear responsável por fornecer resposta ao padrão aplicado nas entradas da rede. A Figura 1 ilustra a estrutura básica de uma rede neural RBF.

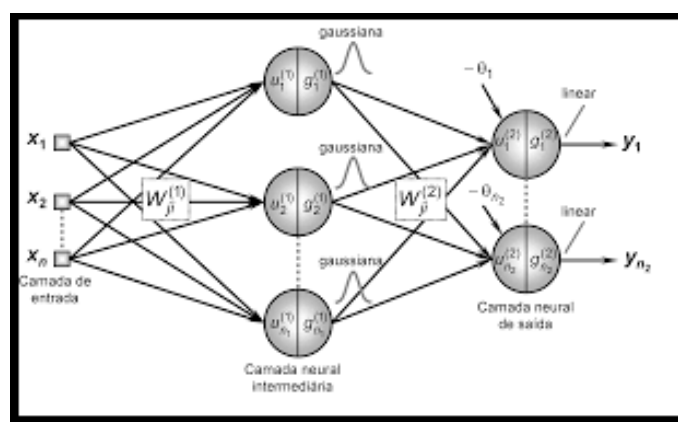


Figura 1. Topologia da Rede Neural RBF

Para [Nakai et al. 2015] as redes neurais RBF são empregadas para aproximação de funções e para classificação de padrões em espaços com dimensão muito grande, onde os neurônios de saída executam uma combinação linear das funções bases computadas pelos neurônios da camada intermediária.

4. Doença Bacteriana Huanglongbing (Greening)

O Huanglongbing (HLB) foi primeiramente relatado na China. No Brasil as primeiras plantas com sintomas foram descobertas em 2004 em pomares das regiões Centro e Sul do Estado de São Paulo [Alcântara et al. 2017]. É considerado mundialmente a mais destrutiva doença dos citros, principalmente pela redução acentuada da produtividade e pela rapidez com que se dissemina. [Sulzbach et al. 2017].

É uma doença causada pelas bactérias *Candidatus Liberibacter*, transmitida pelo *psilídeo*, afeta os citros como laranja, limão e tangerina, deixando suas folhas amareladas e mosqueadas, sua ação impede o amadurecimento da fruta. O combate é feito por meio de medidas profiláticas, identificando precocemente as mudas doentes e impedindo que elas transmitam a doença ao resto do pomar, para isso, diversas análises são realizadas com as folhas de mudas saudáveis e doentes, a fim de identificar se são portadoras ou não da doença [Gonçalves et al. 2009].

A doença é transmitida pelo *psilídeo Diaphorinacitri*, que se hospeda não só nos citros, mas também em plantas ornamentais como a murta e está presente em todo o ter-

ritório nacional. Também pode ser transmitida por enxertia de tecidos infectados (borbulhas de plantas doentes) e disseminada por mudas cítricas e plantas de murta contaminadas [de Oliveira Adami et al. 2014]. A Figura 2 mostra folhas e fruto infectados.



Figura 2. Folhas e Fruto Infectados pelo HLB

Para o controle do HLB algumas medidas importantes tornam-se necessárias como [de Oliveira Adami et al. 2014]:

1. Uso de mudas sadias mediante um rigoroso controle de borbulheiras e da formação das mudas em viveiros telados;
2. Eliminação de plantas doentes logo após o aparecimento dos sintomas;
3. Para constatação da contaminação por HLB é preciso que os pomares sejam constantemente inspecionados para avaliação dos sintomas;
4. Controle do vetor por meios químicos e biológicos.

As medidas acima elencadas visam a prevenção da ocorrência de novas infecções, visto que não existem medidas profiláticas eficientes ou cura para as plantas infectadas [de Oliveira Adami et al. 2014].

5. Metodologia

Esta seção descreve a seguinte abordagem: Base de dados utilizada para o treinamento e testes. Ressalata-se que a escolha da rede neural RBF deve-se ao fato dela ser bastante simples, possuindo apenas duas camadas além dos nós de entrada e uma camada escondida, que possui funções de base radial como funções de ativação e uma camada de saída que possui funções lineares como ativação [da Mota et al. 2011].

5.1. Base de Dados Utilizada

A base de dados utilizada foi implementada com 29 amostras compostas por 8 atributos de características, coletadas em um sítio na localidade Acarape na cidade de Tianguá-CE pelos autores, a mesma foi doada para o repositório, <http://archive.ics.uci.edu/ml/index.php>. Foram observados 29 pés de tangerina da variedade poncã (*Citrus reticulata Blanco*).

Ressalta-se que houve dificuldades para montagem da base de dados, por conta de alguns produtores não se disporem a autorizar a coleta de dados por conta do período de colheita dos frutos ou mesmo por conta do acesso até as propriedades.

5.2. Treinamento e Teste com a Base de Dados

Para o treinamento e teste utilizou-se a arquitetura da rede neural RBF, composta por 8 neurônios de entrada, 1 camada oculta com 10 neurônios e uma camada de saída com 2 neurônios. A Figura 3 mostra a arquitetura da rede neural utilizada para o estudo.

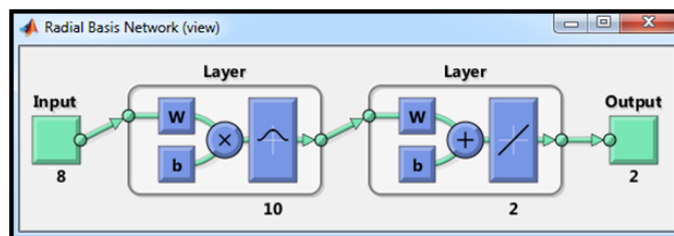


Figura 3. Arquitetura de Rede Neural Utilizada

6. Resultados e Discussões

Os resultados analisados tiveram como base os percentuais de acurácia adquiridos com base nos treinamentos e testes com a rede neural artificial RBF, assim como na discussão dos resultados encontrados por meio das amostras do banco de dados coletadas em um sítio da cidade de Tianguá-CE.

Deve-se salientar que para o treino e teste utilizou-se a validação cruzada (*leave-one-out*) em um *loop* com 10 treinamentos sucessivos. Obtendo-se para o pior caso 65,5% de acerto para 34,5% de erro, entre os 10 treinamentos executados. Com 15 amostras comprometidas pelo HLB e 14 amostras sadias, livres da HLB.

Por outro lado obteve-se para o melhor caso 93,1% de acerto e 6,9% de erros, com 15 plantas comprometidas pela doença HLB e 14 plantas livres da HLB.

Tabela 1. Tabela com Resultados dos Testes (RBF)

Rede Neural RBF (<i>Huanglongbing</i>)			
Treinamento	Taxa de Acerto (%)	Taxa de Erro (%)	Situação Resultado
01	75,9	24,1	
02	74,2	25,8	
03	72,4	27,6	
04	65,5	34,5	Pior Caso
05	79,3	20,7	
06	72,4	27,6	
07	82,8	17,2	
08	93,1	6,9	Melhor Caso
09	82,8	17,2	
10	75,9	24,1	
Total	77,4	22,6	Caso Médio

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos por meio de 10 treinamentos sucessivos realizados com a arquitetura de rede neural artificial RBF, o pior resultado apresentou um percentual de 65,5% de acertos e uma taxa de erros de 34,5%. Já o melhor resultado foi de 93,1% de acertos e 6,9% de erros, por fim a taxa média de acertos foi em torno de 77,4% e 22,6% para a taxa de erros.

7. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este artigo relata a utilização da rede neural artificial RBF como ferramenta de aprendizagem de máquina abordando a possibilidade de auxílio na identificação de plantas como a tangerina poncã de estarem infectadas pela doença HLB, de forma que possa auxiliar profissionais da agricultura a procederem com as medidas cabíveis para minimizar os impactos na produção das mesmas. Os resultados mostraram-se significativos na medida em que conseguiram identificar as amostras acometidas pela doença.

Como trabalhos futuros sugere-se um estudo comparativo com outras redes neurais artificiais como a *Extreme Learning Machine* (ELM) ou mesmo a *Multilayer Perceptron* (MLP) verificando qual possui o melhor resultado para o problema em questão.

Referências

- Alcântara, M. R. d. et al. (2017). A competitividade na produção de laranja: uma análise comparativa de custos no brasil e estados unidos com ênfase na gestão e controle do huanglongbing (hlb/greening).
- Castro, R. V. O. (2012). Modelagem de árvore individual para uma floresta estacional semidecidual utilizando redes neurais. *Viçosa, MG*.
- da Mota, J., Siqueira, P., de Souza, L., and Vitor, A. (2011). Uma rede neural de base radial baseada em computação evolucionária. *XXXII CILAMCE*.
- de Brito, R. X., Fernandes, C. R., and Amora, M. A. B. (2019). Análise de desempenho com redes neurais artificiais, arquiteturas mlp e rbf para um problema de classificação de crianças com autismo. *iSys - Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, 12(1).
- de Oliveira Adami, A. C., de Miranda, S. H. G., and de Camargo Barros, G. S. (2014). Impacto do greening sobre o mercado internacional de suco de laranja.
- Dutra, L. P. (2018). Detecção das doenças olho de boi e mancha de sarna em maçãs utilizando máquina de vetores de suporte.
- Gonçalves, D., Jorge, L. d. C., Inamasu, R., and Milori, D. (2009). Banco de dados para datamining e análise da propagação de greening dos citros. In *Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: JORNADA CIENTÍFICA- EMBRAPA SÃO CARLOS, 2009, São Carlos, SP. Anais
- Nakai, M., Junior, H. G., Aguiar, P., Bianchi, E., and Spatti, D. (2015). Neural tool condition estimation in the grinding of advanced ceramics. *IEEE Latin America Transactions*, 13(1):62–68.
- Oliveira, C. C. (2015). Detecção automática de doenças em folhas de plantas baseado em redes de petri e algoritmos genéticos.
- Reis, F. A. (2014). Procedimento de ajuste de parâmetros de redes rbf via pso.
- Sulzbach, M., de Oliveira, R. P., Girardi, E. A., Schwarz, S. F., Bertolini, E., Schneider, L. A., and Gonzatto, M. P. (2017). Huanglongbing (hlb) dos citros e estratégias de manejo visando prevenção e controle. *Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)*.