

## AVALIAÇÃO DE MODELOS DE ALERTA DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO PARA LAVOURAS COM ALTA CARGA PENDENTE DE FRUTOS.

Cesare Di Girolamo Neto<sup>1</sup>, Carlos Alberto Alves Meira<sup>2</sup>, Luiz Henrique Antunes Rodrigues<sup>1</sup>. <sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Caixa Postal 6011, CEP 13083-875 Campinas, SP. E-mail: [cesare.neto@feagri.unicamp.br](mailto:cesare.neto@feagri.unicamp.br); [lique@feagri.unicamp.br](mailto:lique@feagri.unicamp.br). <sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-970 Campinas, SP. E-mail: [carlos@cnpia.embrapa.br](mailto:carlos@cnpia.embrapa.br).

A ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. e Br.) é a principal doença do cafeeiro, sendo a responsável por prejuízos de até 50% na produção, dependendo das condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. No Brasil, os prejuízos foram estimados em US\$500 milhões anualmente.

O controle desta doença pode ser feito com fungicidas, sendo sua aplicação recomendada para uma incidência mínima de 5%. Métodos como a aplicação baseada em datas pré-fixadas têm contribuído para um aumento da doença no final do ciclo de produção. Este método pode levar a um uso desnecessário de fungicidas, quando uma aplicação for realizada no cafeeiro não infectado pela doença. Isto traz prejuízos financeiros ao produtor e causa impacto ambiental.

Uma das possibilidades de se promover o uso racional de agrotóxicos é a utilização de sistemas de predição ou de alerta de doenças de culturas agrícolas. Neste sentido, Meira et al. (2009) utilizaram a metodologia baseada em árvores de decisão para construção de modelos de predição da taxa de progresso da doença, baseado em limites de aumento de incidência de 5 pontos percentuais. Os resultados expressos por estes modelos são utilizados como suporte na tomada de decisões, por exemplo, auxiliando na decisão de aplicar fungicida ou não.

Foram gerados modelos com 3 diferentes conjuntos de atributos. O primeiro (M1) contava com todos os atributos meteorológicos e de espaçamento da lavoura. O segundo (M2) continha atributos meteorológicos mais simples e de ampla disponibilidade, como temperatura, precipitação e umidade relativa, além de atributos relacionados ao molhamento foliar. O terceiro (M3) continha os mesmos atributos de M2, exceto os relacionados ao molhamento foliar.

O desenvolvimento destes modelos contou com a parceria da Fundação PROCAFÉ, a qual forneceu dados meteorológicos provenientes de uma estação automática, além de avaliações mensais da incidência da ferrugem do cafeeiro para o município de Varginha/MG no período de 1998 até 2006. Atualmente, a fundação PROCAFÉ continua coletando essas informações, sendo que os dados estão atualizados e com mais de dez anos de registros.

Com dados de 2006 em diante, torna-se possível comparar uma situação simulada (gerada pelo modelo) com uma situação que realmente ocorreu (dados em campo). Esta comparação gera um processo de avaliação do modelo, permitindo verificar se suas predições estão corretas. Esta avaliação permite que indivíduos afetados pelas decisões tomadas a partir dos resultados expressos pelos modelos estejam certos de que estes resultados estão "corretos". Por exemplo, se a predição de que haverá um aumento na taxa de progresso da ferrugem está coerente.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as predições dos modelos de Meira et al. (2009) para dados em que o modelo não foi treinado. A avaliação foi feita pela comparação da taxa de acerto obtida na construção do modelo com a taxa de acerto obtida na avaliação feita para dados em que o modelo não foi treinado, ou seja, de 2006 em diante. Também fez parte do objetivo deste trabalho, mapear os erros e acertos do modelo em determinados períodos (meses) da safra agrícola.

### Resultados e conclusões

O conjunto de dados testado nos modelos de Meira et al. (2009) foi constituído de registros correspondentes às incidências da ferrugem nos meses de novembro de 2006 até janeiro de 2012. Foi um total de 122 registros, sendo que, para cada um dos meses, havia dois registros semelhantes, um para lavoura adensada e outro para lavoura larga. Alguns meses foram descartados devido a falhas nas estações meteorológicas.

Os modelos foram carregados pelo software WEKA, sendo que o conjunto de avaliação foi utilizado como conjunto de teste. Cada conjunto foi avaliado ao seu respectivo modelo, para cada uma das três opções de modelagem (M1, M2 e M3). Os resultados estão baseados na taxa de acerto de cada um dos modelos.

	Avaliação	Construção
M1	62,30	81,32
M2	65,57	81,87
M3	60,66	81,32

Tabela 1: Taxa de acerto (em %) dos modelos para situação de avaliação e construção.

Na Tabela 1, a coluna 'avaliação' corresponde à taxa de acerto do modelo desenvolvido para o conjunto de teste, já a coluna 'construção' corresponde à taxa de acerto do modelo quando este foi desenvolvido. Analisando o desempenho de cada um dos modelos pelas medidas de avaliação, pode-se notar que o modelo referente a M2 obteve uma taxa de acerto superior no conjunto de teste quando comparado a M1 e M3, entretanto o desempenho de todos os modelos foi inferior ao valor determinado em sua construção. Isto indica que o modelo está prevendo situações certas em uma quantidade proporcionalmente menor do que quando foi construído.

Analisando o modelo que obteve melhor desempenho (M2), foi possível mapear os erros em função dos meses, por meio da Figura 1.

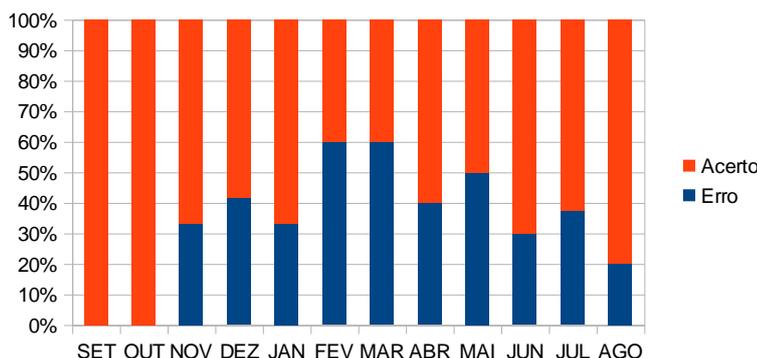


Figura 1: Avaliação percentual dos erros e acertos do modelo M2 em relação aos meses do ano.

A Figura 1 mostra que, em meses como fevereiro e março, o modelo fez mais previsões erradas do que certas (apenas 40% de acerto). Nestes meses ocorre, normalmente, um disparo na taxa de infecção da ferrugem. Isto significa que o modelo está errando em um ponto crítico em relação ao desenvolvimento da doença. O mês de maio obteve taxa de acerto melhor do que fevereiro e março, mas ainda com apenas 50% de acerto.

Para o período de novembro a janeiro, a taxa de acerto média dos modelos se manteve como prevista na avaliação, cerca de 65%. Nota-se que a taxa de acerto média para estes meses foi superior ao período de fevereiro a maio. Quanto aos meses de setembro e outubro, o modelo acertou em todos os casos. Apesar da ferrugem não evoluir muito neste período, o modelo obteve um desempenho ótimo nestes meses.

Pelos resultados apresentados, é possível concluir que os modelos de Meira et al. (2009) não estão mantendo o poder de predição para condições mais recentes. Isto se agrava quando grande parte dos erros está localizada em meses de alto desenvolvimento da ferrugem, como fevereiro e março. Como continuidade deste trabalho, está sendo realizada uma nova indução destes modelos com o conjunto de dados desde 1998 até 2012.