

Sistema de alerta da ferrugem do cafeeiro: resultado de um processo de mineração de dados

Thiago T. Thamada¹, Cesare Di Girolamo Neto¹, Carlos A. A. Meira¹

¹Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041 – 13083-886 – Campinas – SP – Brasil

{thiago.thamada, cesare.neto}@colaborador.embrapa.br,
carlos.meira@embrapa.br

Abstract. *This paper presents a plant disease warning system developed to predict the coffee rust monthly progress rate that uses predictive models created from meteorological and culture data, provided by Fundação Procafé. The role of the warning system is to assist, through the prediction result, Procafé technician on elaborating monthly newsletters containing vital information on how to perform the coffee rust control.*

Resumo. *Este artigo apresenta o sistema de alerta de doença de plantas desenvolvido para realizar a predição da taxa de progresso da ferrugem do cafeeiro, que utiliza modelos preditivos criados a partir de dados meteorológicos e da cultura, fornecidos pela Fundação Procafé. O sistema de alerta desenvolvido visa auxiliar, através do resultado da predição, o técnico da Fundação Procafé a elaborar boletins mensais de recomendação de tomada de decisão no controle da ferrugem do cafeeiro.*

Introdução

A ferrugem, principal doença do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* é encontrada em todas as lavouras de café no Brasil, atingindo aproximadamente 35% da produção em regiões onde as condições climáticas são favoráveis à doença [Zambolim et al. 1997]. O controle do patógeno é realizado através de aplicações de fungicida.

A importância econômica da ferrugem, a variação na sua intensidade em cada ano agrícola e a disponibilidade de medidas de controle economicamente viáveis justificam o desenvolvimento de modelos de previsão ou de alerta da doença [Meira et al. 2009]. Sistema de alerta de predição pode ser uma ferramenta auxiliar no controle de doença, indicando se determinadas condições climáticas favorecem ou deixam de favorecer sua epidemia. Esforços já foram realizados nesse sentido, mas poucos modelos e sistemas foram validados e não se tem registro de seu uso continuado.

Kushalappa et al. (1984) desenvolveram dois sistemas de previsão para ferrugem, que recomendavam o melhor momento para aplicação de fungicidas. Ambos foram avaliados por dois anos agrícolas [Kushalappa et al. 1986] e conseguiram racionalizar o uso de agroquímicos durante o período.

Em uma abordagem qualitativa, Garçon et al. (2004) propuseram um modelo de previsão baseado em valores de severidade da ferrugem, calculados utilizando dados meteorológicos diários. O objetivo foi desenvolver um sistema confiável e simples para prever o desenvolvimento da doença, indicando o melhor momento para início do controle do patógeno e o intervalo entre aplicações de fungicidas.

Através de um processo de mineração de dados, modelos em árvore de decisão de alerta da ferrugem foram desenvolvidos para lavouras com alta e baixa carga pendente de frutos [Meira et al. 2009; Meira e Rodrigues 2009]. Seguindo esses trabalhos, Girolamo Neto (2013) utilizou, além de árvore de decisão, as técnicas de *support vector machine* (SVM), rede neural e floresta aleatória, gerando novos modelos preditivos. Todos os modelos mencionados utilizam dados mensais de clima e de cultura, fornecidos pela Fundação Procafé, para inferir a predição.

Os modelos de Girolamo Neto (2013) foram incorporados em um sistema de alerta na Web, que foi projetado para ser de uso continuado, flexível com relação aos modelos (substituição/adição de modelos), emitir alerta positivo ou negativo de acordo com o resultado das predições dos modelos e auxiliar os técnicos da Fundação Procafé na elaboração de boletins mensais de aviso fitossanitários. O objetivo deste artigo é apresentar o sistema Web desenvolvido.

Material e Métodos

A metodologia de mineração de dados utilizada foi CRISP-DM [Chapman et al. 2000], que contém seis fases: compreensão do domínio, entendimento dos dados, preparação dos dados, modelagem, avaliação e distribuição do conhecimento. A arquitetura do projeto desenvolvido pode ser verificada na figura 1. A MODELAGEM reúne as fases de preparação dos dados, modelagem e avaliação, o ALERTA engloba a fase de distribuição do conhecimento, representado através do sistema Web.

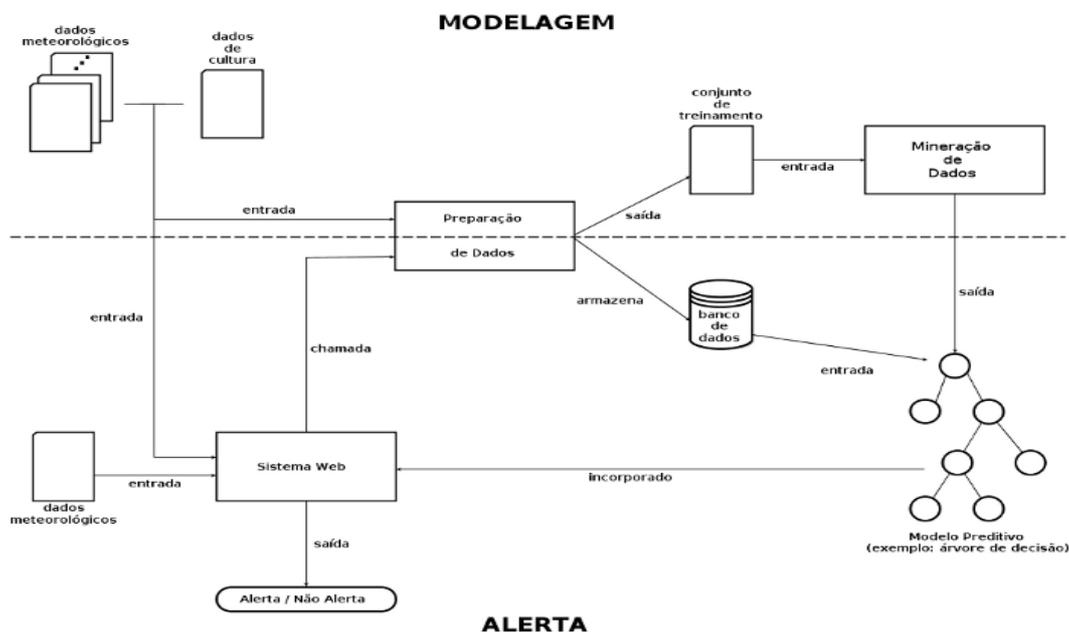


Figura 1. Visão geral da arquitetura para modelagem e alerta da ferrugem do café.

A entrada do sistema Web consiste em dados meteorológicos, coletados por meio de uma estação meteorológica em intervalos de trinta minutos ao longo de um mês, e em dados de cultura, que possuem registros de espaçamento da lavoura (adensada ou larga), carga pendente de frutos (alta ou baixa) e incidência da ferrugem na lavoura ao fim de cada mês.

Os conjuntos de dados meteorológicos e de cultura inseridos no sistema Web são os mesmos utilizados no processo de modelagem e são preparados (exclusão, inserção e aglomeração de registros) antes de serem utilizados pelos modelos preditivos. Todos os registros foram coletados nas fazendas experimentais da Fundação Procafé nas cidades mineiras de Boa Esperança, Carmo de Minas e Varginha. Cada cidade possui tipo de espaçamento da lavoura distintos, em Boa Esperança é largo, Carmo de Minas é adensado e Varginha apresenta os dois tipos de espaçamento. As três cidades possuem plantações com alta e baixa carga pendente de frutos.

O sistema de alerta Web incorpora modelos preditivos de Girolamo Neto (2013), que recebem dados meteorológicos e verificam se a taxa de progresso da ferrugem, diferença entre a incidência do mês a ser previsto e o anterior, deverá ser maior que um valor pré-determinado (*threshold*). A predição é chamada positiva caso o modelo preveja que a taxa de progresso da ferrugem irá ser maior que o *threshold*, caso contrário a predição é negativa. Estão incorporados no sistema Web modelos que utilizam 5 ou 10 p.p. (pontos percentuais) como *threshold*. As validações dos modelos preditivos estão sendo realizadas para as três cidades com dados meteorológicos e de cultura referentes às safras de 2010/2011 e 2011/2012.

Não existe um número fixo de modelos preditivos incorporados ao sistema Web. Assim, é possível adicionar novos modelos ou substituir os atuais. Essa implementação visa a evolução do sistema Web e realização de predições com modelos de melhor acurácia.

Para emitir o alerta foi implementado um sistema de votação entre as predições realizadas pelos modelos. Caso a maioria das predições seja positiva, o alerta é positivo, caso contrário o alerta é negativo. O sistema Web emite o alerta ao usuário por meio de imagens e textos, procurando evitar interpretações equivocadas do resultado inferido.

O usuário padrão do sistema Web é o técnico da Fundação Procafé, que pode, dentre outras funcionalidades, inserir novos dados meteorológicos e de cultura, visualizar gráficos e fazer a predição da epidemia da ferrugem para o mês e ano desejado. O usuário do sistema é cadastrado previamente. Esse requisito foi implementado para restringir o acesso ao sistema a pessoas que possuam conhecimento técnico sobre o patógeno e capacitadas para analisar e interpretar corretamente os resultados da predição.

As informações apresentadas pelo sistema Web procuram ser claras e objetivas. A interface é simples, intuitiva e de fácil interação, além de possuir boas práticas de usabilidade implementadas, como navegação estrutural (*breadcrumbs*), barra de menu, alto contraste de cores e design limpo.

A implementação do sistema Web foi realizada no sistema operacional Ubuntu 12.04 LTS, IDE (ambiente de programação) Netbeans 7.2, algoritmos nas linguagens Java (JDK 1.6), Javascript e XHTML, frameworks JSF e Primefaces, biblioteca jQuery, servidor web Tomcat e gerenciador de banco de dados PostgreSQL. Os algoritmos utilizados para preparação dos dados foram escritos na linguagem Perl.

Resultados e discussão

O fluxo normal de uso do sistema Web ocorre com o usuário inserindo arquivos de dados meteorológicos e de cultura coletados ao longo do mês. Esses registros são preparados. A seguir, é realizada a predição, os parâmetros estação (Boa Esperança, Carmo de Minas e Varginha), carga pendente dos frutos do cafeeiro (alta ou baixa),

variação de pontos percentuais (*threshold*), mês e ano são selecionados pelo usuário. A predição é realizada utilizando os modelos que se adequem ao valor de *threshold* escolhido. O resultado da votação é demonstrado na interface do sistema Web.

Seja bem vindo, Administrador!

Início > Predição

Escolha a estação: Varginha Escolha o tipo de carga: Todas Variação de pontos percentuais(p.p.): Todas Escolha o mês e ano: Jul/2011 OK

Alta - 5 p.p. - Adensada Alta - 5 p.p. - Larga Baixa - 5 p.p. - Adensada Baixa - 5 p.p. - Larga Alta - 10 p.p. - Adensada Alta - 10 p.p. - Larga

Resultado: O Modelo 1: não emite alerta
O Modelo 2: não emite alerta
O Modelo 3: não emite alerta

Resultado Final: Provavelmente não haverá aumento acima de 5p.p. na taxa de infecção

Histórico para: Alta - 5 p.p. - Adensada

Estação	Mês/Ano	Incidência (%)	Taxa de Progresso(p.p.)	Resultado da Predição
Varginha	SET/2010	1,50	-89,00	
Varginha	OUT/2010	2,50	1,00	
Varginha	NOV/2010	4,00	1,50	
Varginha	DEZ/2010	13,00	9,00	
Varginha	JAN/2011	44,00	31,00	
Varginha	FEV/2011	63,00	19,00	
Varginha	MAR/2011	85,50	22,50	
Varginha	ABR/2011	85,00	-0,50	
Varginha	MAI/2011	87,00	2,00	
Varginha	JUN/2011	77,50	-9,50	

= Alerta = Não Alerta

Figura 2. Tela de predição do sistema web para o mês de julho de 2011 na cidade de Varginha.

A Figura 2 mostra a saída gerada na interface do sistema Web, simulando uma predição para julho de 2011 em lavoura presente em Varginha, indicando que a taxa de progresso da ferrugem não deverá ser superior a 5 p.p. para lavoura com alta carga pendente de frutos e tipo de lavoura adensada. A saída emitiu um alerta negativo uma vez que os três modelos utilizados na predição não indicaram aumento na taxa de progresso superior a 5 pontos percentuais.

Nas demais abas há os resultados para as predições das demais combinações entre tipo de carga, lavoura e variação de pontos percentuais utilizado nos modelos preditivos. Essas combinações foram geradas porque nos parâmetros tipos de carga e variação de pontos percentuais foram selecionadas as opções “Todas”.

Na tabela localizada abaixo da predição, estão listados os níveis de incidência, fornecidos pela Fundação Procafé, dos meses anteriores, taxas de progressão e a predição efetuada pelo sistema. O histórico começa a partir de setembro de 2010 pois corresponde ao primeiro mês do ano agrícola. Possui também opções para visualizar detalhadamente os alertas inferidos para os meses anteriores e efetuar o download do arquivo contendo todo o histórico.

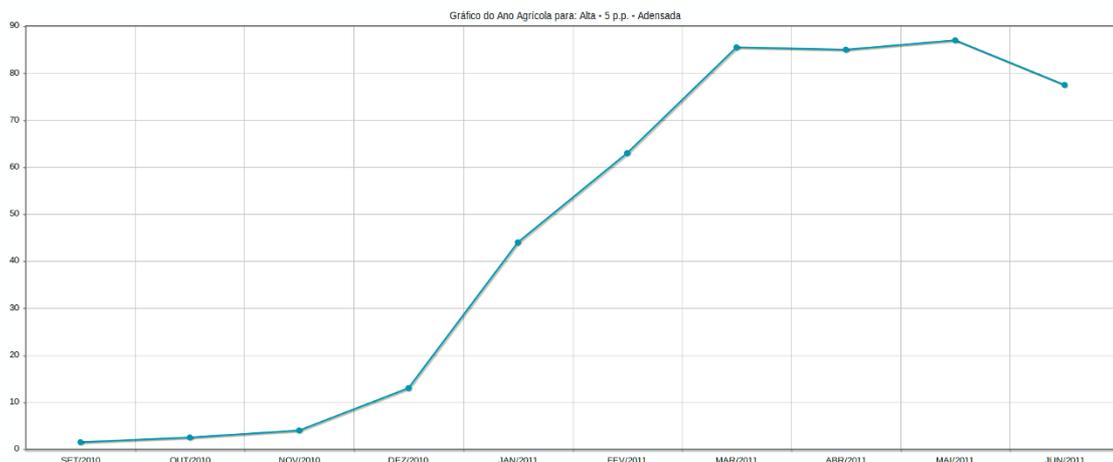


Figura 3. Gráfico da incidência da ferrugem de setembro de 2010 a junho de 2011 na lavoura presente em Varginha.

A Figura 3 mostra o gráfico apresentado na interface do sistema Web utilizando os mesmos parâmetros da Figura 2. Se trata de um gráfico do percentual de incidência da ferrugem (eixo vertical) ao longo do tempo (eixo horizontal), de setembro de 2010 a junho de 2011. O gráfico serve como informação adicional para o usuário.

As informações demonstradas pela interface Web do sistema de alerta são interpretadas pelo técnico da Fundação Procafé em forma de boletins mensais de avisos fitossanitários, que possuem recomendações de apoio à tomada de decisão sobre o controle da ferrugem. Os boletins são distribuídos aos cafeicultores e demais interessados na cultura do café.

Conclusões

Acredita-se que o sistema web desenvolvido é uma ferramenta capaz de produzir informações úteis e de forma clara para os técnicos da Fundação Procafé elaborarem os boletins mensais de avisos fitossanitários.

Com a flexibilidade do sistema Web em relação aos modelos preditivos, novos trabalhos de modelagem para predição da incidência da ferrugem podem ser desenvolvidos e incorporados ao sistema Web. Isso ajuda a manter a atualização do sistema Web e melhora seu desempenho, implicando em uma eficiente ferramenta auxiliar no controle de epidemias da ferrugem, podendo racionalizar o uso de agroquímicos, diminuir o impacto ambiental e custo de produção.

O sistema Web implementado mostrou ser interativo e reproduzir de forma efetiva todas as ações dele requeridas.

Agradecimentos

À Fundação Procafé, pelos dados fornecidos, e ao Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C. and Wirth, R. (2000) "CRISP-DM 1.0: step-by-step data mining guide", [Illinois]: SPSS, 78 páginas.

- Garçon, C. L. P., Zambolim, L., Mizubuti, E. S. G., Vale, F. X. R. do and Costa, H. (2004) “Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade”, *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, páginas 486-491.
- Girolamo Neto, C. D. (2013) “Desenvolvimento e avaliação de modelos de alerta para a ferrugem do cafeeiro”, 167 páginas, Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Kushalappa, A. C., Akutsu, M., Oseguera, S. H., Chaves, G. M. and Melles, C. (1984) “Equations for predicting the rate of coffee rust development based on net survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix*”, *Fitopatologia Brasileira*, v. 9, páginas 255-271.
- Kushalappa, A. C., Hernandez, T. A. and Lemos, H. G. (1986) “Evaluation of simple and complex coffee rust forecasts to time fungicide application”, *Fitopatologia Brasileira*, v.11, páginas 515-26.
- Meira, C. A. A., Rodrigues, L. H. A. and Moraes, S. A. (2009) “Modelos de alerta para o controle da ferrugem-do-cafeeiro em lavouras com alta carga pendente”, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, páginas 233-242.
- Meira, C. A. A. and Rodrigues, L. H. A. (2009) “Modelos em árvore de decisão para alerta da ferrugem do cafeeiro”, In: *SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL*, 6., Vitória. Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas: anais... Vitória: Consórcio Pesquisa Café, não paginado.
- Meira, C. A. A. (2012) “Processo especializado de descoberta de conhecimento em bases de dados para a modelagem de doenças de plantas – versão 1.0”, *Documentos* 123, ISSN 1677-9274, 45 páginas.
- Zambolim, L., Vale, F. X. R., Pereira, A. A. and Chaves, G. M. (1997) “Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus”, In: VALE, F. X. R., Zambolim, L. (Eds.), *Controle de doenças de plantas*, v.1, Viçosa, páginas 83-180.