



FILTRO DE PARTÍCULAS APLICADO À ESTIMAÇÃO DE EPIDEMIAS EM PLANTAS

Kaique dos Santos Alves¹, Willian Bucker Moraes¹, Júlio Cesar Sampaio Dutra², Wellington Betencurte da Silva²

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Agronomia, Alto Universitário, s/n - Guararema, Alegre - ES, 29500-000, kai-quealves@hotmail.com; willian.moraes@ufes.br.

²Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, s/n - Guararema, Alegre - ES, 29500-000. juliosdutra@yahoo.com.br; wellingtonuff@yahoo.com.br.

Resumo - O objetivo desse trabalho foi apresentar uma metodologia denominada de Filtro de Partículas a qual foi desenvolvida para estimação de sistemas dinâmicos, podendo ser utilizada, portanto, para estimação dinâmica temporal do progresso das doenças de plantas. Utilizou-se um conjunto de equações diferenciais ordinárias e o filtro de partículas SIR para simulação e estimação da epidemia, respectivamente. A estimação foi satisfatória, com baixos valores de RMS, sendo que os melhores números de partículas implementados foram os de 500 e 1000 partículas. Com isso, pode-se concluir que essa metodologia é passível de adoção para análises epidemiológicas mais avançadas.

Palavras-chave: Mancha anelar, Inferência Bayesiana, Filtros bayesianos, Inseto vetor.

Introdução

Modelos matemáticos de simulação da progressão de doenças, usualmente expressam a proporção da doença em função do decorrer do tempo, sendo a melhor representação de uma epidemia. No entanto, esses modelos podem, muitas vezes, não se ajustar aos dados de campo, e assim representar curvas errôneas e imprecisas. Devido esses problemas, torna-se, então, necessário a implementação de métodos de



28ª SEAGRO

estimação mais complexos e refinados para obter melhores resultados da dinâmica da doença em questão.

Nesse caso, o objetivo desse trabalho foi apresentar uma metodologia denominada de Filtro de Partículas a qual foi desenvolvida para estimação de sistemas dinâmicos, podendo ser utilizada, portanto, para estimação dinâmica temporal do progresso das doenças de plantas.

Metodologia

Foi implementado o modelo proposto por Jeger et al. (2011) o qual é um conjunto de equações diferenciais ordinárias que simulam uma epidemia em que interagem os fatores planta, vírus, inseto vetor e parasitoide no patossistema. Os parâmetros do modelo foram os mesmos utilizados pelo autor.

Para solução do problema direto utilizou-se do método das diferenças finitas com discretização na coordenada temporal. Considerou-se novecentos (900) dias de epidemia com inóculo inicial de 1% de incidência, e só foram utilizados os pontos da malha de trinta (30) em trinta dias.

As medidas sintéticas foram obtidos a partir da resolução do problema inverso e a inserção de um ruído de distribuição normal e desvio padrão de 3% do valor de incidência dado pelo problema direto no tempo (Equação 1).

1)

Onde \hat{I}_t é a incidência com ruído, I_t é a incidência obtida a partir do problema direto, ϵ_t retorna uma variável aleatório com distribuição normal, e t é tempo em dias ($t \in \{1, \dots, 900\}$).

Foi implementado o filtro amostragem por importância e reamostragem sequencial (*Sequential Importance Resampling* - SIR) ou filtro de partículas SIR, desenvolvido e proposto por Gordon et al (1993). Os filtros de partículas utilizam uma distribuição inicial para o estado X_0 e procuram calcular a melhor estimativa \hat{X}_t para o estado atual X_t , baseado na sequência de medidas $Y_{1:t}$. Para implementação do filtro de partículas adotou-



28ª SEAGRO

se um erro de 3% do valor máximo das medidas sintéticas e a incerteza do modelo foi considerada 10%.

O filtro de partículas foi testado com 10, 100, 500 e 1000 partículas com 3 repetições cada, e para avaliar o desempenho do Filtro foi empregado o cálculo do Erro Quadrático Médio (RMS) dado pela Equação 2 e o tempo de processamento em segundos.

Onde \hat{I} é o valor de incidência estimado pelo filtro de partículas, I é o valor de incidência experimental e n é número total de valores estimados. O intervalo de 99% de confiança, denotado de C_{99} , foi usado como diagnostico adicional da performance do Filtro de Partículas e como parâmetro diferenciador das taxas de infecção estimadas.

Onde σ representa o desvio padrão associado a cada valor de incidência (\hat{I}) estimado.

Resultados e Discussão

Os melhores resultados de estimativas foram obtidos quando foram utilizados os números de partículas de 500 e 1000, pois proporcionaram menores valores de RMS, porém com tempos de processamento maiores (Figura 1 e Figura 2). Com o uso de 10 partículas, a estimação fica comprometida, visto que o tamanho da amostra gerada (número de partículas) não é suficientemente representativo.



28ª SEAGRO

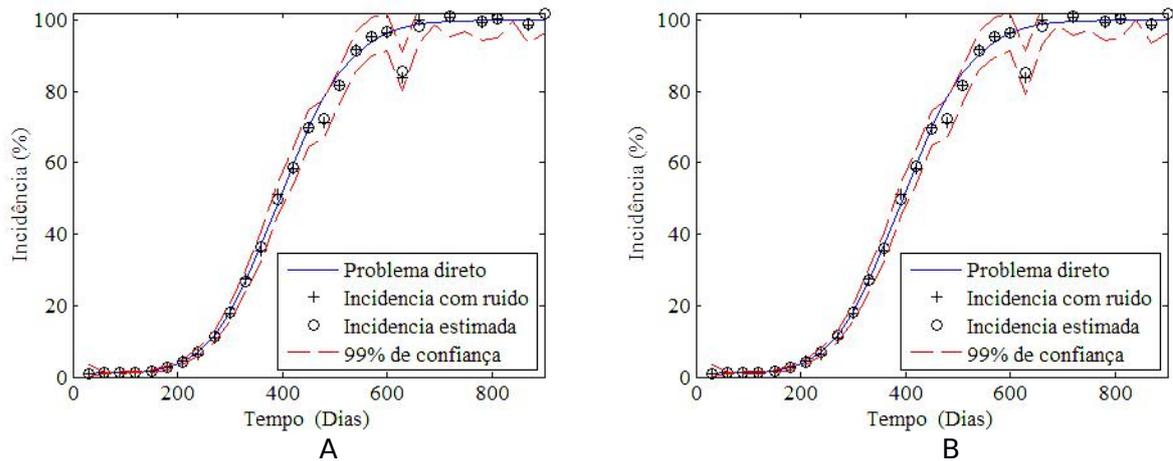


Figura 1: Incidência com estimação feita pelo filtro de partículas: A: 500 partículas; e B: 1000 partículas.

Os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos nos trabalhos de Da Silva et al (2014) e de Demuner et al (2015) em que o elevado número de partículas agrega maior custo computacional, pois quanto maior o número de partículas empregadas para solução do problema maior será a quantidade de 'loops' no algoritmo. Por outro lado, os mesmos autores também concluíram que os mesmos elevados números de partículas garantiam baixos valores RMS proporcionando melhor desempenho em termos de proximidade com os valores reais.

Foi possível recuperar as curvas de progresso da doença, sendo visível nos gráficos apresentados (Figura 1) que os erros de medidas e erros do modelo foram considerados na estimação, sendo essa, uma das principais características dos Filtros de partículas. A evidencia de que o processo de filtragem conseguiu recuperar a curva de incidência com precisão e acurácia, pois os valores de RMS (Figura 2) foram reduzidos para todos os números de partículas. Com o aumento do número de partículas, o tempo de processamento aumenta e o RMS diminui, isso significa que quanto maior o número de partículas, melhor a precisão, no entanto, o processo torna-se mais custoso computacionalmente.



28ª SEAGRO

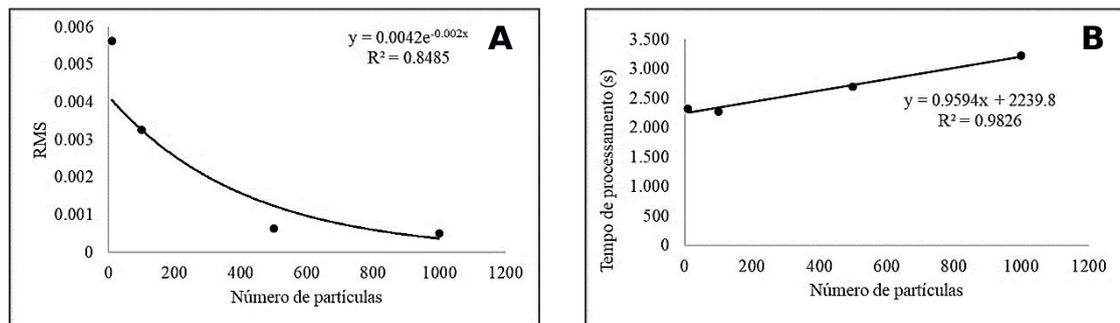


Figura 2: A: Regressão entre RMS e o número de partículas; B: Regressão entre o tempo de processamento e o número de partículas.

Conclusão

Nesse trabalho foi explorado a capacidade do filtro de Partículas SIR para inferir sobre a dinâmica temporal do mosaico do mamoeiro estimando a progressão nos níveis de incidência. Com resultados satisfatórios, essa metodologia prova que é passível de adoção para análises epidemiológicas mais avançadas.

Referências

GORDON, N.; SALMOND, D.; SMITH, A. F. M. Novel approach to nonlinear and non-Gaussian Bayesian state estimation, **Proc. Inst. Electr. Eng.** v. 140, p. 107-113, 1993.

JEGER, M.J.; CHENA, Z.; POWELL, G.; HODGE, S.; VAN DEN BOSCH, F. Interactions in a host plant-virus-vector-parasitoid system: Modelling the consequences for virus transmission and disease dynamics. **Virus Research**, v. 159, p. 183-193, 2011.

DA SILVA, W. B.; ROCHOUX, M.; ORLANDE, H. H. B.; COLACO, M. J.; FUDYM, O.; EL HAFI, M.; CUENOT, B.; RICCI, S. Application of particle filters to regional-scale wildfire spread. **High Temperatures-High Pressures**, v. 43, p. 415-440, 2014.

DEMUNER, L. R.; RANGEL, F. D.; DUTRA, J. C. S.; Da SILVA, W.B. Aplicação de Filtro de Partículas para Estimação do Comportamento de Válvulas em



28ª SEAGRO

Condição de Falha. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**,
v.01, p.073-087, 2015.