

## MODELAGEM DA EFICIÊNCIA DE ROGUING SOB DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE VISTORIAS E TAXAS DE INFECÇÃO EM EPIDEMIAS VIRAIS DO MAMOEIRO

*Efficiency of roguing under different frequencies of surveys and infection rates in viral epidemics of papaya plant*Kaique dos Santos Alves<sup>1\*</sup>, Matheus Ricardo da Rocha<sup>2</sup>, Cassio Henrique de Almeida Alves<sup>3</sup>, Joicy Lemos Polastrel<sup>4</sup>, Guilherme de Resende Camara<sup>5</sup>, Wellington Betencurte da Silva<sup>6</sup>, Willian Bucker Moraes<sup>7</sup><sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo; Universidade Federal de Viçosa: [kai-quealves@hotmail.com](mailto:kai-quealves@hotmail.com)<sup>2</sup> Graduando em Agronomia; Universidade Federal do Espírito Santo: [matheus.ricardo@hotmail.com](mailto:matheus.ricardo@hotmail.com)<sup>3</sup> Universidade Federal do Espírito Santo: [cassiohenriquealmeida@gmail.com](mailto:cassiohenriquealmeida@gmail.com)<sup>4</sup> Graduanda em Agronomia; Universidade Federal do Espírito Santo: [joicy\\_lp@hotmail.com](mailto:joicy_lp@hotmail.com)<sup>5</sup> Mestre em Produção Vegetal; Universidade Federal do Espírito Santo: [camara.gdr@gmail.com](mailto:camara.gdr@gmail.com)<sup>6</sup> Doutor em Engenharia Mecânica; Professor em Universidade Federal do Espírito Santo: [wellinton.betencurte@ufes.br](mailto:wellinton.betencurte@ufes.br)<sup>7</sup> Doutorado em Agronomia; Professor em Universidade Federal do Espírito Santo: [willian.moraes@ufes.br](mailto:willian.moraes@ufes.br)

\*Autor para correspondência

Artigo enviado em 31/07/2017, aceito em 12/07/2018 e publicado em 17/07/2018.

**Resumo** – As viroses são as de maior importância da cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Nesse caso, o *roguing* é a principal técnica de manejo dessas doenças, sendo essa a única alternativa viável para se manter o cultivo. Além disso, em fitopatologia, modelos de simulação de epidemias podem ser utilizados para quantificar o desenvolvimento e o comportamento de doenças no campo, a fim de monitorar o manejo e prever a gravidade da doença em escala regional. Nesse sentido, objetivou-se com presente trabalho avaliar como a eficiência do *roguing* atua sobre uma epidemia de virose no cultivo de mamoeiro, em diferentes frequências de vistorias e taxas de infecção, por meio de modelagem matemática e simulação computacional da epidemia em questão. A partir do modelo matemático logístico, foram realizadas simulações utilizando software MATLAB variando taxa de infecção, eficiência de *roguing* e frequência de vistorias. Observou-se que a eficiência do *roguing* foi inversamente proporcional ao número de plantas retiradas na epidemia. Além disso, verificou-se que a frequência de *roguing* de 7 dias é eficiente, no entanto, se mantido a taxa de infecção da doença acima de 70%, pode adotar frequências de vistorias de 15 ou 30 dias.

**Palavras-Chave** – epidemiologia, mamoeiro, viroses de plantas, fitopatologia, manejo integrado.

**Abstract** – Viruses are the most important of papaya (*Carica papaya* L.). In this case, roguing is the main management technique for these diseases, which is the only viable alternative to maintain the crop. In addition, in phytopathology, epidemic simulation models can be used to quantify the development and behavior of diseases in the field in order to monitor management and predict disease severity on a regional scale. Therefore, the objective of this study was to evaluate how the efficiency of roguing acts on a virose epidemic in papaya cultivation, at different frequencies of surveys and infection rates, through mathematical modeling and computational simulation of the epidemic. From the mathematical logistic model, simulations were performed using MATLAB software varying infection rate, roguing efficiency and frequency of surveys. It was observed that the roguing efficiency was inversely proportional to the number of plants removed in the epidemic. In addition, it has been found that 7-day roguing frequency is efficient, however, if the infection rate of the disease is maintained above 70%, it can adopt survey frequencies of 15 or 30 days.

**Keywords** – epidemiology, papaya tree, plant viruses, phytopathology, integrated management.

## INTRODUÇÃO

O mosaico (*Papaya ringspot virus* - PRSPV) e a meleira (*Papaya meleira virus* - PMeV) são as doenças mais importantes para a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.), ocasionando danos na produção que podem atingir 100% da lavoura, quando não são adotadas estratégias adequadas de manejo (VENTURA et al. 2004, 2003).

O vírus do mosaico do mamoeiro é transmitido por várias espécies de afídeos, onde o vírus é adquirido pelos vetores por meio de sondagens exploratórias em busca por hospedeiros. Assim, a transmissão para uma planta saudável ocorre dentro de segundos ou minutos, pois esses afídeos normalmente não colonizam o mamoeiro, desta forma, a permanência do vetor no campo de sucção é momentânea, apenas para verificar a palatabilidade do hospedeiro

(KALLESHWARASWAMY; KRISHNA KUMAR, 2008; MORA-AGUILERA et al., 1993). Sendo assim, a dinâmica temporal e espacial da doença está diretamente relacionada com a dinâmica populacional dos vetores e com as fontes de inóculo presentes dentro e nas imediações da área de cultivo.

Nesse contexto, o *roguing*, prática de erradicação de plantas com sintomas de fitovirose, é a principal técnica de manejo para dessas doenças da cultura do mamoeiro, sendo a única alternativa viável para manter o cultivo (REZENDE; MARTINS, 2005). Ventura et al. (2004) constataram a eficiência da técnica de *roguing* em pomares de mamoeiro, em que concomitante a outras práticas de manejo, a convivência com a doença mostrou resultados economicamente satisfatórios.

Aliado a isso, modelos de simulação de epidemias são utilizados na fitopatologia para quantificar o desenvolvimento e o comportamento de doenças no campo, a fim de prever a gravidade da doença a nível regional (STEWART et al., 2002). Estes modelos são capazes de quantificar o desenvolvimento da doença, sendo possível avaliar o desenvolvimento de processos epidêmicos ou informar ações relacionadas à gestão, tais como aplicação de fungicidas ou até mesmo a necessidade de implementar outras medidas de manejo (PFENDER; UPPER, 1987; ANDRADE-PIEDRA et al., 2005, STEWART et al., 2002).

Matematicamente, modelos de epidemias são representações simplificadas da epidemia, utilizadas para executar aspectos escolhidos com intuito de cumprir objetivos específicos (PFENDER; UPPER, 1987). Diferentes modelos e abordagens de modelagem vêm sendo usados em epidemiologia botânica, onde incluem o crescimento descritivo de curvas, seguido por simulações de epidemia (SEGARRA et al., 2001).

A utilização de modelagem matemática e simulações promovem a obtenção de respostas no que acontece no mundo físico (DAVIS; HERSH, 1985; MACINTYRE, 2002) por um conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduz, de alguma forma, um fenômeno em questão ou um problema ligado (BIEMBENGUT; HEIN, 2005), sendo assim é possível avaliar processos epidêmicos, estudando a dinâmica espacial e temporal, com respostas rápidas, sem a necessidade de levar um experimento a campo, e consequentemente afetar o ecossistema, no sentido de conduzir uma epidemia em grande escala e correr o risco do inóculo ser disseminado para outras regiões não afetadas. Além do mais, produtores rurais tem receio em permitir a implantação de ensaios com doenças em seus pomares visto o grande potencial de dano desses patógenos (GOTTWALD et al., 2007). Sendo assim, os estudos que buscam analisar a dinâmica da doença e dos vetores na cultura do mamoeiro são produtos de observações e estudos de casos em lavouras comerciais já implementadas e infectadas (VENTURA; COSTA, 2007, GONSALVES, 1998, LIMA et al., 2003).

Estudos de campo com doenças viróticas são complexos, devido à grande quantidade de variáveis

relacionadas ao comportamento da doença, o fator “vetor” é de difícil manejo em culturas implantadas em grandes extensões de área. Neste contexto, em fitopatologia as simulações matemáticas podem ser usadas como ferramentas para analisar de maneira isolada fatores específicos de uma epidemia.

Com isso, objetivou-se com este estudo avaliar como a eficiência do *roguing* atua sobre uma epidemia de virose no cultivo de mamoeiro, em diferentes frequências de vistorias e taxas de infecção, por meio de modelagem matemática e simulação computacional da epidemia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Modelo matemático

Para a simulação das diferentes epidemias foi utilizado o modelo matemático logístico (Equação 1), em que sua implementação para problemas em epidemiologia de doenças policíclicas foi proposta por Vanderplank (1963). Sua equação diferencial ordinária pode ser escrita como,

$$\frac{dy}{dt} = r_L y(1 - y) \quad (1)$$

onde  $r_L$  é a taxa aparente de infecção específica do modelo Logístico,  $y$  é a incidência de plantas sintomáticas e  $t$  (dias) é o tempo.

A taxa aparente de infecção específica é assim chamada, pois nas avaliações de campo as plantas contabilizadas como doentes são apenas as sintomáticas, diferentemente do que é proposto neste artigo, em que será usado a taxa de infecção específica e estimadas todas as plantas doentes, tanto as sintomáticas, quanto as assintomáticas.

Para implementação computacional do modelo, foi obtido a equação discreta que determina a evolução temporal da doença (Equação 2), onde foi aplicado à equação 1 o método das diferenças finitas em sua coordenada temporal.

$$\frac{y_{i+1} - y_i}{dt} = r_L y_i(1 - y_i) \quad (2)$$

Resolvendo a equação 2, obtém-se:

$$y_{i+1} = dt [r_L y_i(1 - y_i)] + y_i \quad (3)$$

Onde  $i = 1, 2, 3, \dots, n - 1$ .

Neste artigo foram simuladas epidemias diferentes com número inicial de plantas doentes fixado em  $y_1 = 0,01$  (1% das plantas) e taxa de infecção de 0,01, 0,04 e 0,08, (valores arbitrados) respectivamente, representando epidemias de proporções diferentes durante 900 dias de um cultivo convencional com dez mil plantas no total ( $Np = 10000$ ).

### Roguing

Considerou-se quatro níveis de eficiência de *roguing*, sendo eles, 30%, 50%, 70% e 90%. Optou-se por esses valores, pois não existem informações sobre a real eficiência das vistorias em campo, portanto, esses quatro valores foram escolhidos com o objetivo de avaliar vários níveis de efetividade do método. Sendo que a eficiência está relacionada com a eficiência de detecção das plantas doentes no cultivo e com o fato de nem todas as plantas doentes apresentarem os sintomas da doença, e assim, não sendo removidas no processo.

Além disso, outro fator que foi introduzido na simulação foi à frequência de vistorias no cultivo, ou seja, o intervalo de dias entre vistorias, sendo estes 7, 15 e 30 dias, pois a frequência de 7 dias é exigida pela Instrução Normativa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) N° 17, de 27 de maio de 2010, e as frequências de 15 e 30 dias são alternativas que poderão reduzir o custo com mão-de-obra para vistorias e erradicação de plantas. Sendo assim, foi considerado que as vistorias foram iniciadas a partir de 60 dias após a implantação da cultura, assim como é realizado nas condições de campo.

O número de plantas retiradas foi calculado a partir da equação 4, onde *Rog* significa o número de plantas retiradas no tempo *i*, *Nd* significa o número de plantas doentes no cultivo, sintomáticas e assintomáticas e *Er* é a eficiência de *roguing*.

$$Rog = Nd Er \quad (4)$$

O número de plantas doentes foi obtido a partir da equação 5, onde *Np* representa o número total de plantas.

$$Nd = y_{i+1} Np \quad (5)$$

### Simulação

Foram estabelecidas as seguintes condições para simulação, sendo elas:

- Apenas uma doença está presente no patossistema.
- Não ocorre nenhuma morte das plantas por meio de outros fatores, além da erradicação.
- A taxa de infecção é constante durante toda a epidemia.

Foi desenvolvido um algoritmo, contemplando as equações e as condições aqui apresentadas, e o mesmo foi implementado computacionalmente no software MATLAB.

A partir das simulações foram calculados os valores totais de plantas retiradas ao final de 900 dias e os valores de área abaixo da curva de progresso da doença - AACPD (Equação 6).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_{i+1} + y_i}{2} \right) t_{i+1} - t_i \quad (6)$$

A Figura 1 apresenta o algoritmo do processo dinâmico da evolução da doença e a frequência de vistorias na cultura.

```

Início do programa
Definir  $t_{n+1}$ 
passo = 60
Para  $i = 1$ 
  Calcular  $y_{i+1}$ 
  Se  $i = \text{passo}$ 
    Calcular Nd
    Calcular Rog
    Calcular  $Np = Np - Rog$ 
    Calcular  $Nd = Nd - Rog$ 
    Calcular  $y_{i+1} = \frac{Nd}{Np}$ 
    passo = passo +
frequencia de roguing
  Fim Se
Se  $i = t_{n+1}$ 
  Parar programa
Fim Se
 $i = i + 1$ 
  
```

Figura 1. Algoritmo simulação da epidemia incluindo o processo de roguing.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de plantas retiradas de campo é inversamente proporcional à eficiência do *roguing*, aumentando, portanto, o número de plantas retiradas em função do decréscimo da eficiência (Tabela 1). Outro fator analisado foi a taxa de infecção da doença, que foi diretamente proporcional ao aumento do número de plantas retiradas em campo.

Tabela 1: Total de plantas de mamoeiro (*Carica papaya*) retiradas por *roguing* ao final de 900 dias, relacionando com a eficiência e frequência do *roguing* e a taxa de infecção da doença.

Eficiência do <i>Roguing</i>	Número de plantas removidas ao final de 900 dias								
	Frequência 7 dias			Frequência 15 dias			Frequência 30 dias		
	Taxa de infecção			Taxa de infecção			Taxa de infecção		
	0,01	0,04	0,08	0,01	0,04	0,08	0,01	0,04	0,08
Sem <i>roguing</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30%	209	2276	10000	273	10000	10000	678	10000	10000
50%	191	1250	8375	210	3085	10000	268	10000	10000
70%	184	1046	6197	191	1335	9941	209	6013	10000
90%	180	958	5299	182	1011	6072	185	1208	10000

Quando o *roguing* é feito em uma frequência de sete dias, com eficiência de 30% e uma taxa de infecção de 0,08, ocorreu a erradicação de 100% da lavoura antes de findar os 900 dias do período simulado (em torno de um ano de cultivo) (Figura 2). Também, na epidemia com 0,08 de taxa de infecção, os valores referentes ao número de plantas removidas do campo diminuem quando a eficiência da técnica de *roguing* aumenta, removendo-se cerca de 53% de plantas ao final do cultivo (Tabela 1).

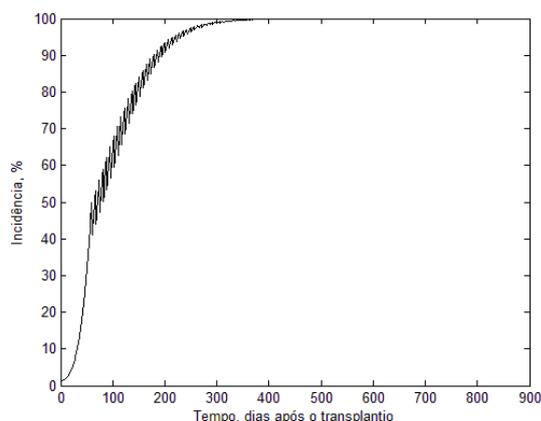


Figura 2: Curva de progresso da doença. Taxa de infecção = 0,08; frequência de vistorias de 7 dias; e, eficiência de *roguing* de 30%.

A variação da eficiência do *roguing* é relacionada à intensidade dos sintomas da virose na planta. Os sintomas de mancha anelar do mamoeiro podem aparecer de 10 a 15 dias após a infecção, o que varia de acordo com a interação virótica e a resposta fisiológica da planta (REZENDE; COSTA, 1987). Na frequência de *roguing* de 7 dias, onde a taxa de infecção da doença é de 0,08, a eficiência de *roguing* deverá ser maior, concordando com Ventura et al. (2004), onde o aumento da eficiência ou rigor da *roguing* afetam diretamente a quantidade de inóculo presente no campo, sendo que quanto maior a eficiência, maior o decréscimo do inóculo presente na lavoura e consequentemente terá menor número de plantas erradicadas. Por outro lado, estima-se que com a frequência de vistorias fixada em 7 dias, associada

com uma menor taxa de infecção da doença (0,01) o emprego de um *roguing* de menor eficiência já seria capaz de conter o progresso da doença na área (Figura 3).

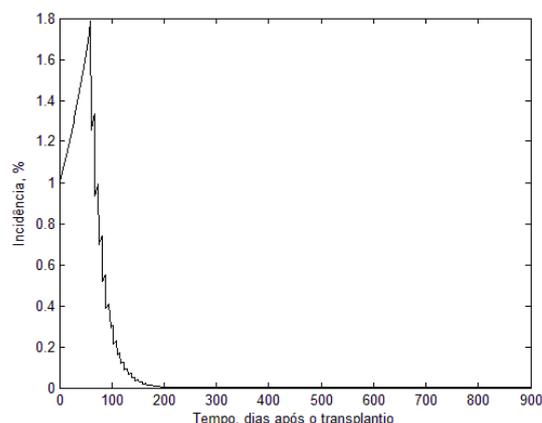


Figura 3: Curva de progresso da doença. Taxa de infecção = 0,01; frequência de vistorias de 7 dias; e, eficiência de *roguing* de 30%.

Quando a frequência de vistorias é de 15 dias os resultados são diferentes, em que em epidemias com taxas de infecção de 0,04 e 0,08, já ocorre a erradicação de todas as plantas, quando a eficiência é de 30%. Estimou-se que quando a taxa de infecção da doença é de 0,04 e a eficiência de *roguing* é de 30%, 100% das plantas foram seriam removidas do campo, assim como na eficiência de *roguing* de 50% e taxa de infecção de 0,08.

Segundo Abreu et al. (2015), no norte do Espírito Santo foi constatado que o percentual de plantas erradicadas com o mosaico, em lavouras bem conduzidas, situava-se em torno de 2%, correspondendo à aproximadamente a mesma porcentagem que foi estimada neste trabalho, nos casos de eficiência do *roguing* de 30%, 50%, 70% e 90%, taxa de infecção de 0,01 e frequências de vistorias de 7, 15 e 30 dias (Tabela 1).

Nota-se que o *roguing* apenas deveria ser feito na frequência de 30 dias em função da taxa de infecção de 0,01 da doença em campo, pois independentemente da eficiência do *roguing*, a partir de 0,04 de taxa de infecção os valores de

plantas retiradas de campo estimadas são relativamente elevadas, em comparação às frequências de vistorias de 7 e 15 dias (Tabela 1).

Com relação à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) quando, na simulação, foi relacionada

com a eficiência do *roguing*, os valores apresentaram-se inversamente proporcionais (Tabela 2), ou seja, quanto maior a eficiência do manejo, menor AACPD, o que indica uma menor intensidade da doença.

Tabela 2: Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) Mosaico do mamoeiro (*Papaya ringspot virus*), relacionando com a eficiência e frequência do *roguing* e taxa de infecção da doença.

AACPD Mosaico do Mamoeiro									
Eficiência do <i>Roguing</i>	Frequência 7 dias			Frequência 15 dias			Frequência 30 dias		
	Taxa de infecção			Taxa de infecção			Taxa de infecção		
	0,01	0,04	0,08	0,01	0,04	0,08	0,01	0,04	0,08
<i>Sem roguing</i>	438,39	782,56	840,13	438,39	782,56	840,13	438,39	782,56	840,13
30%	1,16	7,04	805,98	1,84	651,50	833,09	6,48	746,13	836,27
50%	0,94	3,33	25,70	1,15	9,68	817,93	1,75	665,72	831,82
70%	0,86	2,65	13,03	0,94	3,52	69,84	1,12	24,41	819,78
90%	0,82	2,36	9,87	0,84	2,51	12,28	0,88	3,09	164,13

Relacionando a AACPD com a taxa de infecção, observou-se que os resultados estimados obtiveram uma relação direta (Tabela 2). À medida que a taxa de infecção da doença aumenta a AACPD também aumenta e, portanto, maior foi intensidade da doença.

Quando o *roguing* apresenta baixa eficiência, a disseminação por afídeos ocorre em maiores proporções, principalmente quando em condições climáticas relacionadas à temperatura, chuvas e ventos, se mostram favoráveis, e conseqüentemente aumentando a incidência da doença em campo, assim evidenciando a importância da condução bem realizada da técnica (VALLEJO, 1999; MORA-AGUILERA, 1996; 1993; 1992).

A instrução normativa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) N° 17, de 27 de maio de 2010 exige uma frequência de, no máximo, 7 (sete) dias ao proprietário para realizar as vistorias e a eliminação de todas as plantas sintomáticas. Tal normativa pode ser questionada quando se observa que se mantido a eficiência de *roguing* acima de 70%, a prática poderá ser adotada com frequência de 15 ou até 30 dias.

Observa-se que a taxa de infecção e a eficiência do *roguing* são fatores que tem grande importância na dinâmica epidemiológica. Nas frequências de 7, 15 e 30 dias, quando a eficiência de *roguing* é 90% e taxa de infecção de 0,01, o número de plantas removidas não variou, porém, quando a eficiência do *roguing* é de 30%, os números de plantas retiradas, nos níveis mais

elevados de taxa de infecção e com frequência de erradicação de 7 dias, foram maiores.

Sendo assim, nota-se a necessidade de maximizar a eficiência do *roguing* e desenvolver metodologias para estimar e monitorar a taxa de infecção durante a epidemia e, a partir disso, determinar qual a frequência de *roguing* seria mais viável a ser adotada. Além disso, restaria também avaliar qual a proporção de doença em que não seria mais viável, economicamente, manter o cultivo, obrigando o proprietário a interromper a produção e eliminar todo o talhão.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a eficiência do *roguing* é inversamente proporcional ao número de plantas retiradas em uma epidemia de fitovirose transmitida por vetor. Além disso, verificou-se que a frequência de *roguing* de 7 dias é eficiente, no entanto, se mantido a taxa de infecção da doença acima de 70%, pode adotar frequências de vistorias de 15 ou 30 dias.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P.M.V.; ANTUNES, T.F.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B.; A Current

- Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, v.7, n.4, p.1853-1870, 2015.
- ANDRADE-PIEDRA, J.L.; HIJMANS, R.J.; FORBES, G.A.; FRY, W.E.; NELSON, R.J. Simulation of potato late blight in the Andes. I: Modification and parameterization of the LATEBLIGHT model. **Phytopathology**, v.95, n.10, p.1191-1199, 2005.
- BIEMBENGUT, M.S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. 3ª ed. São Paulo: Contexto, 2005. 128p.
- DAVIS, P.; HERSH, R. **A experiência matemática** Tradução de João Bosco Pitombeira. 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora S.A, 1985.
- GONSALVES, D. Control of papaya ringspot virus in papaya: A Case Study. **Annual Review of Phytopathology**, v.36, p.415-437, 1998.
- GOTTWALD, T. R.; DA GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B. Citrus huanglongbing: the pathogen, its epidemiology, and impact. **Plant Healthy Progress**. doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.
- KALLESHWARASWAMY, C.M.; KRISHNA KUMAR, N.K.; Transmission efficiency of Papaya ringspot virus by three aphid species. **Phytopathology**, v.98, n.5, p.541-546, 2008.
- LIMA, R.C.A.; COUTO, A.O.F.; ANDRADE, J.S.; MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; TATAGIBA, J.S.; COSTA, H. **Flutuação populacional de insetos vetores de doenças do mamoeiro e sua relação com a ocorrência de doenças viróticas**. In: MARTINS, D.S. (ed.). Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória-ES: INCAPER, 2003. p. 539-541.
- MACINTYRE, A.B.L. **Tecnologia e prazer - o ensino da matemática aplicada a administração**. 108 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2002.
- MORA-AGUILERA, G.; NIETO-ANGEL, D.; CAMPBELL-LEE, C.; TÉLIZ-ORTIZ, D.; GARCÍA-PÉREZ, E. Multivariate comparison of papaya ringspot epidemics. **Phytopathology**, v.86, n.1, p.70-78, 1996.
- MORA-AGUILERA, G.; NIETO-ANGEL, D.; TÉLIZ-ORTIZ, D.; CAMPBELL-LEE, C. Development of a prediction model for papaya ringspot in Veracruz, Mexico. **Plant Disease** v.77, n.12, p. 1205-1211, 1993.
- MORA-AGUILERA, G.; TÉLIZ-ORTIZ, D.; CAMPBELL, C.L.; AVILLA, C. Temporal and spatial development of papaya ringspot in Veracruz, Mexico. **Journal of Phytopathology** v.136, n.1, p.27-36, 1992.
- PFENDER, W.F.; UPPER, D. A simulation model for epidemics of stem rust in ryegrass seed crops. **Phytopathology**, V.105, n.1, p.45-56, 2015.
- REZENDE, J.A.M.; COSTA, A.S. Intensificação dos sintomas dificulta o controle do mosaico do mamoeiro por premunização. **Fitopatologia Brasileira**, v12, n.4, p.100-101, 1987.
- REZENDE, J.A.M.; MARTINS, M.C. **Doenças do mamoeiro (Carica papaya)**. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres. Ed. 4, v.2, p.435-443, 2005.
- SEGARRA, J.; JEGER, M.J.; BOSCH, F. Epidemic Dynamics and Patterns of Plant Diseases. **Phytopathology**, v.91, n.10, p.1001-1010, 2001.
- STEWART, D.W.; REID, L.M.; NICOL, R.W.; SCHAAFSMA, A.W. A mathematical simulation of growth of Fusarium in maize ears after artificial inoculation. **Phytopathology**, v.92, n.5, p.534-541, 2002.
- VALLEJO, G.G. Efectos de la fertilizacion com nitrogeno em la produccion de papaya (*Carica papaya* L.) y en la incidencia de virosis. **Rev. Fac. Nal. Agric. Medellin**, v52, n.1, p.515-526, 1999.
- VANDERPLANK, J.E. **Plant Diseases: Epidemics and Control**. New York, Academic Press, 1963. 349p.
- VENTURA, J.A.; COSTA, H. **Epidemias de viroses do mamoeiro**. In: Workshop de Epidemiologia, 2: Palestras, Campos do Jordão-SP: USP/ESALQ, 2007. p. 58- 64.
- VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S.; ANDRADE, J.S. **Meleira do mamoeiro: etiologia, sintomas e epidemiologia**. In: Martins, D.S. (ed.) Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno. Vitória: INCAPER. 2003. p. 267-2.
- VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S.; **Papaya diseases and integrated control**. In: NAQVI SAMH. Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management. v. 2, London: Klumer Academic Publishers, 2004. p. 201-268.