

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**FRANCISCO DE CASTRO ROCHA NETO**

**PROGRESSO ESPAÇO-TEMPORAL DA FUSARIOSE  
EM PLANTIOS DE PIMENTA-DO-REINO**

**São Mateus, ES  
Novembro de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**PROGRESSO ESPAÇO-TEMPORAL DA FUSARIOSE  
EM PLANTIOS DE PIMENTA-DO-REINO**

**FRANCISCO DE CASTRO ROCHA NETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva

**São Mateus, ES  
Novembro de 2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

R672p Rocha Neto, Francisco de Castro, 1987-  
Progresso espaço-temporal da fusariose em plantios de  
pimenta-do-reino / Francisco de Castro Rocha Neto. – 2013.  
44 f. : il.

Orientador: Marcelo Barreto da Silva.  
Coorientador: Edney Leandro da Vitória.  
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo.

1. Pimenta-do-reino. 2. *Fusarium solani*. 3. Epidemiologia. I. Silva,  
Marcelo Barreto da. II. Vitória, Edney Leandro da. III.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

---

# **PROGRESSO ESPAÇO-TEMPORAL DA FUSARIOSE EM PLANTIOS DE PIMENTA-DO-REINO**

**FRANCISCO DE CASTRO ROCHA NETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 27 de novembro de 2013

---

Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza  
Instituto Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Coorientador)

---

Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

Aos meus pais, Maria Acione Menezes de Castro e Oswaldo Alves de Castro, pelo amor incondicional, educação, incentivo, confiança a mim ofertada e por, incansavelmente, me darem toda atenção, carinho e suporte que sempre precisei para que o outrora almejado se tornasse real.

## AGRADECIMENTOS

Ao todo poderoso e eterno DEUS, o alfa e o ômega, o princípio e o fim. Por seu infinito, ímpar, incomensurável e transcendental amor. Sou grato a ti, ó DEUS, pois sem ti nada sou e nada posso fazer.

A minha mãe, Maria Acione Menezes de Castro, por me amar, pelas orações em meu favor, pelo apoio, por estar diretamente relacionada na formação do meu caráter e por me ensinar que sem luta não há vitória.

A meu pai, Oswaldo Alves de Castro, por me amar, pelo apoio, pela incansável luta do dia a dia, na preocupação de sempre me oferecer o melhor.

Aos meus irmãos que, mesmo distantes, lutaram pelo meu sucesso e sempre se preocuparam em me ensinar o que a vida tem de melhor a oferecer.

À minha namorada, Caroline Zuliani Pavezi, pelo companheirismo, amor, carinho, suporte, apoio nas derrotas, alegria nas vitórias e pela preocupação de sempre me oferecer o melhor.

Aos professores e amigos, Dr. Marcelo Barreto da Silva e Dr. Edney Leandro da Vitória, pela orientação na condução deste e de outros trabalhos e ainda por possibilitar que o outrora sonhado se tornasse uma realidade.

Aos demais professores do curso de Agronomia pelo ensino, amizade, disponibilidade de sempre atender-me e por despojar seus conhecimentos em favor da minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual nada teria se tornado real.

Ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) por me acolher, permitir galgar mais um degrau, conferindo-me o título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aos amigos Kristhiano Chagas, Deângelys Petene, Romar Marinho, Claudinei Caliman, Jânia Rosa, Tálita Botti, Rayan Carreta, e demais colegas, pelo constante incentivo, bom humor e cumplicidade nos momentos de trabalho e, também, de diversão, dando-me força nas horas de luta, apoio nas derrotas e alegria nas vitórias e, ainda, pelos trabalhos realizados juntos, “amigos para sempre é o que nós iremos ser. Na primavera ou em qualquer das estações [...]”.

Muito obrigado!

“Confia no senhor de todo o teu coração e, não te estribes no teu próprio entendimento. Reconhece-o em todos os teus caminhos e, Ele endireitará as tuas veredas. Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento, pois melhor é o lucro que ela dá do que o lucro da prata, e a sua renda do que o ouro. Mais preciosa é do que as jóias, e nada do que possas desejar é comparável a ela”.

*Provérbios 3: 5-6, 13-15 (Bíblia Sagrada)*

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. Gerais.....	3
2.2. Específicos .....	3
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Pimenta-do-reino.....	4
3.2. Fusariose.....	4
3.2.1. Etiologia.....	5
3.2.2. Sintomatologia.....	6
3.2.2. Epidemiologia .....	6
3.2.3. Controle.....	7
<b>4. ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL .....</b>	<b>9</b>
4.1. Estudo espacial .....	9
4.1.1. Lei de Taylor.....	11
4.2. Estudo temporal .....	11
4.2.1. Curva de Progresso da Doença .....	11
4.2.1.1. Modelo logístico .....	12
4.2.1.2. Modelo de Gompertz.....	12
4.2.1.3. Modelo monomolecular .....	13



<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
5.1. Análise temporal.....	15
5.2. Análise espacial .....	16
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
6.1. Estudo temporal .....	17
6.2. Estudo espacial .....	21
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	25
<b>8. REFERÊNCIAS</b> .....	26

## **LISTA DE SIGLAS**

AACPD – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CODESA – Companhia Docas do Espírito Santo

ES – Espírito Santo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

PA – Pará

pH – Potencial Hidrogeniônico

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura média e precipitação pluviométrica mensal dos anos de 2010 e 2011 para o município de São Mateus.....	15
Figura 2 – Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 3 anos de idade .....	17
Figura 3 – Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 4 anos de idade .....	18
Figura 4 – Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 5 anos de idade .....	18
Figura 5 – Mapas de distribuição da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo .....	22
Figura 6 – Relação entre variância observada e variância binomial da incidência da fusariose em pimenta-do-reino em lavouras de diferentes idades: 3 anos(a); 4 anos (b) e 5 anos (c).....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), obtidos pelo ajuste da curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino em lavouras de diferentes idades.....	20
---	----

## RESUMO

A pimenta-do-reino é o terceiro item na pauta das exportações agrícolas do Estado do Espírito Santo. A fusariose é uma das principais doenças da cultura por causar a morte da planta e inviabilizar a produção econômica. O estudo do comportamento espaço-temporal é uma importante ferramenta no diagnóstico e na orientação do manejo de doenças de plantas. Objetivou-se, com este trabalho, conhecer o comportamento espaço-temporal da fusariose em plantios de pimenta-do-reino. O experimento foi conduzido em condições de campo, na região Norte do Estado do Espírito Santo, no período de julho de 2010 a janeiro de 2012. Foram selecionados quatro talhões de cada idade, 1, 2, 3, 4 e 5 anos, em diferentes lavouras de pimenta-do-reino, com 500 plantas cada. A incidência da fusariose foi avaliada bimensalmente. No estudo temporal, realizado por meio da curva de progresso da doença, o modelo monomolecular foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos. O comportamento espacial mostrou uma distribuição inicial da doença de forma casualizada, seguindo a mudança do modelo para agregado, indicando o lento processo de disseminação da doença planta-a-planta, característico de patógenos habitantes do solo.

**Palavras-chave:** Pimenta-do-reino; *Fusarium solani*; Epidemiologia.

## ABSTRACT

Black pepper is the third item on Espirito Santo's agro-cultural exportation agenda. Fusariosis is one of the culture's main diseases, it causes the death of the plant and makes the economic production unworkable. The space-time study is an important tool on the diagnosis and orientation on the handling of plant diseases. The main goal of this work is to know fusariosis' space-time behavior in black pepper's culture. The experiment has been conducted in field conditions, in the north of Espirito Santo, between July 2010 and January 2012. Twenty plots were chosen, in different black pepper tillages, with 500 plants each, divided in four groups, according with tillage age, 1, 2, 3, 4 and 5 years. Fusariosis incidence has been evaluated every two months. On the field of time it has been made a study using the curve of disease progress, the monomolecular model proved to be the best on the epidemic's description. The space behavior demonstrated an initial distribution of the disease at random, followed by a change of model to aggregate, pointing to a slow process of plant to plant disease dissemination, characteristic to pathogens found in the soil.

**Keywords:** *Piper nigrum*; *Fusarium solani*; Epidemiology.

## 1. INTRODUÇÃO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*), conhecida como pimenta-preta, é uma das especiarias mais populares do mundo, largamente utilizada como condimento no preparo e processamento de alimentos (PRABHAKARAN NAIR, 2011). As principais características da pipericultura brasileira é sua produção por pequenos e médios produtores rurais e ter de 80 a 85% de sua produção destinada ao mercado externo (SERRANO et al., 2008).

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de pimenta-do-reino, sendo os estados do Pará (PA) e do Espírito Santo (ES), responsáveis por 91,5 % da produção nacional, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). O norte capixaba destaca-se, pois apresenta maior investimento tecnológico na expansão e renovação dos plantios, aliados à melhoria da qualidade do produto, proporcionando índices elevados de produtividade e garantindo mais rentabilidade (SERRANO et al., 2006; PARTELLI, 2009).

Dentre os problemas fitossanitários observados na pipericultura, a fusariose<sup>1</sup> se destaca por ser um dos principais a causar a morte da planta, reduzir a produtividade e a duração dos plantios no campo (DUARTE & ALBUQUERQUE, 1997). A doença normalmente inicia-se em pequenas reboleiras, evoluindo posteriormente a ponto de tornar a produção economicamente inviável no pimental (VENTURA & COSTA, 2004). Até o momento, não existem medidas curativas eficazes para o controle desta doença, sendo, portanto, necessário adotar medidas preventivas e práticas culturais que possam retardar o surgimento e/ou reduzir a taxa de progresso da doença.

Apesar de a fusariose ter sido detectada há mais de 40 anos (ALBUQUERQUE, 1961), ainda não foram realizados estudos da evolução espaço-temporal da doença em campo. Este estudo possibilitará conhecer o comportamento da fusariose ao longo do ciclo produtivo da cultura, os danos causados, identificação de fatores de favorabilidade, a disseminação dentro e entre lavouras, bem como outros comportamentos que poderão subsidiar a elaboração de um programa de manejo adequado da doença, possibilitando o convívio com ela e incremento na sustentabilidade da lavoura.

---

<sup>1</sup> A fusariose é causada pelo fungo *Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wr. emend. Snyd. & Hans. f. sp. *piperis*, Albuquerque (Tel.: *Nectria haematococca* Berk. & Br. f. sp. *piperis* Albuq.).

Em decorrência da importância socioeconômica da pipericultura para o Norte do Espírito Santo, do poder destrutivo e da falta de pesquisa que sustentem programas de manejo da doença, é que se justifica conhecer o comportamento espaço-temporal da fusariose no campo.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Gerais**

Explicar o comportamento espaço-temporal da fusariose da pimenta-do-reino, sob diferentes condições de campo.

### **2.2. Específicos**

- Conhecer a curva de progresso da fusariose;
- Determinar o modelo de crescimento que melhor caracteriza o progresso da fusariose;
- Caracterizar o comportamento espacial da doença.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Pimenta-do-reino

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma planta tropical de espécie perene, arbustiva e trepadeira, pertencente à família Piperácea, originária das florestas do Sul da Índia (DUARTE, 2005). É cultivada no Brasil desde o século XVII, a partir de material trazido da Índia pelos portugueses. A cultura é também conhecida como pimenta-da-Índia. Ela foi uma das especiarias mais cobiçadas durante o período mercantilista, mantendo sua importância na contemporaneidade (RODRIGUES & SILVA, 2010).

O Brasil é um dos maiores produtores de pimenta-do-reino, oscilando entre a segunda e terceira posição no mercado mundial. Somente no primeiro semestre de 2013 já foram exportadas, aproximadamente, 3,6 mil toneladas de pimenta para os Estados Unidos e vários países da Europa e Ásia. Um volume 83% superior em relação ao mesmo período do ano passado. As divisas geradas com as exportações somaram US\$ 22,5 milhões de dólares, de janeiro a junho de 2013. No ranking das exportações do agronegócio capixaba, a pimenta-do-reino está atrás apenas da celulose e do café (FAO, 2013).

O início do plantio da pimenta-do-reino no Espírito Santo não tem registro oficial, porém a área plantada cresceu de 186 hectares, em 1974 (DIAS, 2006), para 2.700 hectares em 2012, segundo o IBGE (2012). A produção capixaba representa, aproximadamente, 10% da produção nacional, em uma área de 2.600 hectares. No ano de 2012 o Estado do Espírito Santo exportou 7.741 toneladas de pimenta-do-reino pela Companhia Docas do Espírito Santo (Codesa) – Porto de Vitória –, gerando uma receita de 31 milhões de reais, ocupando o terceiro lugar nos produtos exportados pelo agronegócio capixaba. O cultivo capixaba do produto é concentrado essencialmente no Município de São Mateus – que é o maior produtor nacional –, que responde por 73,5% da produção (IBGE, 2012).

#### 3.2. Fusariose

A fusariose, doença também conhecida por podridão-do-pé, podridão-das-raízes e mal-de-mariquita. É a principal doença da cultura, de ocorrência restrita ao Brasil (TRINDADE & POLTRONIERI, 1997). Foi constatada em 1960 no Estado do Pará, e já se disseminou nos estados do Amazonas, Rondônia, Paraíba, Mato

Grosso, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo. No Espírito Santo ela encontra-se nas regiões produtoras dos municípios de Linhares, São Mateus, Jaguaré, Nova Venécia, Colatina, Boa Esperança e Aracruz (VENTURA & MILANEZ, 1983). No Pará mais de 10 milhões de pimenteiras foram dizimadas pela doença (DUARTE & ALBUQUERQUE, 1997). As perdas causadas pelas doenças são bem maiores, considerando a redução de produtividade e do ciclo produtivo da planta. Até o momento não há registro de variedades resistentes ou tolerantes à doença. A fusariose tem reduzido a vida útil dos pimentais que variavam de doze a quinze anos, para a faixa de seis a oito anos (ALBUQUERQUE & CONDURU, 1971; TRINDADE & POLTRONIERI, 1997).

A doença já se estabeleceu na região produtora de pimenta-do-reino do Espírito Santo ao longo dos últimos trinta anos, passando, cada vez mais, a ser um componente que afeta a sustentabilidade da produção no Estado, reduzindo o período da produção da lavoura, que apresenta alto custo de implantação. Observações de campo sugerem que fatores com potencial hidrogeniônico (pH) e características físicas de solo, bem como presença de nematoides, podem influenciar no desenvolvimento da doença, contudo não existem estudos que comprovem ou quantifiquem estas observações, muito menos que apontem caminhos que viabilizem o convívio sustentável da cultura na região.

### **3.2.1. Etiologia**

A doença é causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, que possui microconídios hialinos, unicelulares, elípticos ou alantóides e macroconídios falcados, hialinos com três a cinco septos. Os clamidósporos são unicelulares, hialinos, com uma a duas células de paredes espessas, podendo ser intercalares ou terminais. Estes desempenham papel importante na sobrevivência e na disseminação da doença. Macro e microconídios são disseminados por vento, água e pelo homem (DUARTE et al., 2005).

No estágio perfeito que corresponde a *Nectria haematococca* f. sp. *piperis*, formam-se peritécios, irregularmente globosos, vermelhos a pardacentos, isolados ou gregários, de aspecto gelatinoso e com parede externa rugosa. Os ascos são inicialmente cilíndricos, tornando-se clavados, possuindo ápice arredondado como um poro. Ascósporos são elipsoides, pardacentos e apresentam constrição à altura do septo transversal localizado próximo ao centro do esporo (DUARTE et al., 2005).

### **3.2.2. Sintomatologia**

A doença pode iniciar a partir das raízes ou ramos. Quando iniciada pela raiz, as folhas tornam-se amareladas e flácidas, culminando com a queda prematura das folhas. Os internódios também amarelecem e caem, e à medida que a doença evolui ocorre a seca total da planta. O sistema radicular é reduzido e torna-se necrótico. Esta necrose pode evoluir até 20 centímetros acima do solo, na base da planta. Quando a planta doente entra em fase de produção, a doença promove a queda dos frutos. A ocorrência da doença a partir da parte aérea é caracterizada pela presença de ramos amarelados em uma planta bem vigorosa. Com a evolução da doença é observado o secamento da planta, tanto para a parte de cima, quanto para a de baixo. A disseminação da doença na parte aérea ocorre pela fase perfeita do fungo (VENTURA & COSTA, 2004).

Em épocas com alta umidade, observa-se nos tecidos necrosados a reprodução do fungo, formando peritécios dos quais se formam os ascósporos que podem ser disseminados a longa distância, provocando novas infecções (DUARTE et al., 2005; VENTURA & COSTA, 2004).

### **3.2.3. Epidemiologia**

Condições de elevada umidade do ar favorecem a produção de conídios, que se disseminam pela água e vento, a partir de tecidos infectados das raízes e dos ramos. Os esporos germinam em contato com as raízes e a penetração nos tecidos é favorecida por ferimentos causados por nematoides ou outros fatores. A infecção no sistema radicular e na parte aérea ocorre, predominantemente, na época chuvosa, apesar da planta, nestas condições, aparentemente não apresentar sintomas da doença (DUARTE & ALBUQUERQUE, 1997).

A doença foi constatada em solos com pH variando de 4,5 a 7,0, sendo que o pH recomendado para a cultura da pimenta varia de 5,5 a 6,6. Solos com problemas de drenagem parecem ser mais favoráveis à doença, fazendo com que ela se manifeste entre o terceiro e quarto ano, elevando os danos causados pela doença (DUARTE et al., 2005).

Segundo Duarte & Albuquerque (1997), observações de campo sugerem que a fusariose pode ocorrer a partir de três condições: a) pimentais novos, formados com estacas sadias e plantados bem distantes de lavouras doentes; b)

pimentais novos, implantados em áreas isoladas, porém utilizando estacas provenientes de plantios infectados; c) epidemias precoces podem surgir em pimentais preparados com estacas saudáveis, caso o novo plantio se encontre próximo de plantios infectados pela doença.

#### **3.2.4. Controle**

Ainda não existe uma medida única e eficiente para o controle da fusariose. Uma série de orientações deve ser observada para garantir maior sanidade do plantio e retardar o aparecimento da doença.

As medidas de controle mais recomendadas para a fusariose da pimenta-do-reino são as preventivas, evitando, assim, a introdução do patógeno na área de plantio.

A principal medida preventiva é o controle de qualidade das estacas de propagação (TRINDADE & POLTRONIERI, 1997). As estacas devem ser provenientes de plantios saudáveis e apresentar bom estado de desenvolvimento vegetativo. Outra medida é evitar o reaproveitamento de tutores vindos de áreas em que a doença já tenha sido observada e fazer a desinfecção com produtos fitossanitários como hipoclorito de sódio (TREMACOLDI, 2009).

Quanto à área de plantio, o desejável é que não tenha histórico de ocorrência da doença, esteja distante de plantios infectados, apresente solos bem drenados e com declinação menor que 20%. Área com histórico de ocorrência da doença pode ser utilizada somente após um período de cinco a oito anos, após o último plantio (VENTURA & COSTA, 2004).

Alguns tratamentos culturais recomendados é realizar cobertura morta na época seca do ano, fazer uso de adubação orgânica, evitar o trânsito de máquinas provenientes de áreas infectadas. No caso da ocorrência da fusariose na parte aérea, caso a mesma seja detectada na fase inicial, a realização de poda e eliminação do material da lavoura, seguido da pulverização de fungicida, é recomendável (VENTURA & COSTA 2004). O controle da doença a partir de 15% de incidência não tem sido mais eficiente (DUARTE & ALBUQUERQUE, 1986). Nesta condição, o recomendável é o arranquio e eliminação da planta doente, evitando, assim, a disseminação do patógeno dentro da lavoura.

As medidas convencionais de controle utilizadas para permitir o convívio com a doença no campo, como as práticas culturais, obtenção de variedades mais

tolerantes e aplicação de fungicidas (DUARTE & ALBUQUERQUE, 1980; ALBUQUERQUE et al., 1997; ANDO et al., 1996), têm se mostrado onerosas e pouco eficientes (BENCHIMOL et al., 2000).

Novos métodos alternativos têm sido estudados, como o controle biológico, pela adição de microrganismos benéficos, método este que pode ser otimizado a partir de estudos epidemiológicos, procurando identificar características que compõe solos supressivos à doença.

## 4. ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL

As variações entre diferentes epidemias ocorrem tanto no espaço, quanto no tempo. Estas variações podem ser representadas na forma de curvas ou em mapas, fornecendo a informações sobre o comportamento da doença sob os fatores ambientais. Conhecimento sobre condições de favorabilidade, velocidade de desenvolvimento, disseminação da doença na lavoura, fonte de inóculo, dentre outros, podem ser inferidos a partir de diferentes análises obtidas, doravante acompanhamento da doença no campo em seu aspecto temporal, espacial e espaço-temporal.

Está bem estabelecido na literatura (JEGER, 1989; CAMPBELL & MADDEN, 1990; HUGHES et al., 1997; GOTTWALD et al., 2001; 2002) que o conhecimento amplo de todas as características de uma epidemia – temporais e espaciais – possibilita uma visão mais completa da estrutura e do comportamento de patossistemas. Assim, maiores informações podem ser extraídas dos dados, caso as análises temporal e espacial sejam combinadas, permitindo o progresso acadêmico e a aplicação prática, como demonstrado por outros autores (MARCUS et al., 1984; LECOUSTRE, et al., 1989; HUGHES & GOTTWALD, 1999; TURECHEK et al., 2001).

### 4.1. Estudo espacial

A análise temporal de patossistemas foi predominante por muitos anos, especialmente pelo fato de ser mais simples e de fácil aplicação (BERGAMIN FILHO et al., 2002). Contudo, nos últimos anos, o estudo da dinâmica espacial, que consiste na caracterização de padrões espaciais de doenças de plantas, tem se destacado. A distribuição espacial é considerada uma das ferramentas mais importantes dos diferentes patossistemas, expressando características do processo de dispersão do patógeno (HUGHES et al., 1997).

Os padrões espaciais de doença originam-se das interações de fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam os processos de dispersão e infecção (TAYLOR, 1984). A análise de padrões espaciais pode ser usada para gerar hipóteses sobre processos ecológicos fundamentais (reprodução, dispersão, competição, sobrevivência, etc.), ou para sugerir mecanismos que deram origem a esses processos (UPTON & FINGLETON, 1985). Além disso, pode fornecer

informação quantitativa sobre a dinâmica populacional do patógeno (GOTTWALD et al., 2002), pode ajudar no delineamento de experimentos epidemiológicos (JEGER, 1989), no desenvolvimento de metodologia de amostragem e monitoração do patógeno (HUGHES & GOTTWALD, 1999), além de poder ser útil no processo de tomada de decisão para um manejo mais racional do patossistema considerado (RISTAINO & GUMPERTZ, 2000).

Taylor (1984) vê a distribuição espacial como uma das propriedades ecológicas mais características das espécies. O mesmo pode ser dito para patossistemas de modo geral. Hughes e outros (1997) enfatizam que a principal razão para o estudo de padrões espaciais de doenças no campo é sua expressão no processo de dispersão do patógeno. Uma advertência, no entanto, deve ser feita, uma vez que diferentes mecanismos ecológicos observados frequentemente podem resultar em interpretações errôneas, ocasionando uma origem a mesmo padrão (CLIFF & ORD, 1981; UPTON & FINGLETON, 1985; CAMPBELL & MADDEN, 1990). A análise espacial de patossistemas teve grande impulso nas duas últimas décadas (CAMPBELL & MADDEN, 1990; MADDEN & HUGHES, 1995; HUGHES et al., 1997) e permitiu uma melhor compreensão, tanto da estrutura, quanto do comportamento de diversos patossistemas, especialmente daqueles mais complexos e ainda não bem elucidados.

O universo de abrangência do estudo de distribuição espacial de uma doença pode ser dentro de uma copa, dentro de lavouras ou entre países, dependendo do tipo de doença e do estudo desejado. O patógeno movimenta-se por vários mecanismos, como: ejeção de esporos, insetos, vento, erosão, tratos culturais e outros. Esse movimento, a resultante variação na presença do patógeno, e da doença, podem ser descritos e quantificados como uma das características de diferentes epidemias (CAMPBELL & MADDEN, 1990).

Embora o estudo de dispersão implique em uma variável temporal, as análises espaciais fornecem dados estáticos ou podem ser obtidos em vários períodos de tempo, o que permite a análise espaço-temporal. O gradiente de doença ou de infecção, ou seja, a variação da doença com a distância, pode ser causado por um gradiente ambiental, como: tipo de solo, variação em aspectos nutricionais ou mesmos nas características que favorecem a disseminação do patógeno como tratos culturais e sentido do arraste de solo.



As doenças também podem variar quanto ao seu grau de dissociação ou forma de distribuição na lavoura. Esta associação varia de continuidade ao alto grau de agregação (CAMPBELL & MADDEN, 1990). A análise espacial e seu modelo de distribuição geram informações sobre o comportamento da doença no campo, o que pode subsidiar, por exemplo, a geração de hipóteses sobre disseminação da doença e origem do inóculo inicial.

#### **4.1.1. Lei de Taylor**

Dentro da epidemiologia clássica, a Lei de Taylor é utilizada para estudar diferentes graus de agregação de doenças e é calculada pela fórmula:  $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ , onde  $V_{obs}$  é a variância da área experimental,  $V_{bin}$  é a variância binomial padrão teórico,  $A$  e  $b$  são parâmetros (BERGAMIN FILHO et al., 2002). Com base na lei de Taylor, se  $\log(A) = 0$  e  $b = 1$ , a distribuição da doença é ao acaso, se  $\log(A) > 0$  e  $b = 1$  a distribuição é agregada (BASSANEZI et al., 2013). Segundo Hau e outros (2011), a vantagem deste método é que o conjunto dos dados é descrito pelo menor número de parâmetros ( $A$  e  $b$ ). Estudo como este vem sendo utilizado em diferentes patossistemas tropicais (UCHÔA et al., 2011; ROSA, 2010).

#### **4.2. Estudo temporal**

A curva de progresso da doença, onde plota-se a variação da doença em função do tempo é a melhor representação de uma epidemia (KRANZ, 1974). Esta representação expressa e permite a caracterização da interação entre o patógeno e o hospedeiro sob a influência do ambiente, possibilita também avaliar estratégias de controle e prospectar futuros níveis de doença (BERGAMIN FILHO, 1995). No caso da interação fusarium x pimenta-do-reino, é importante a consideração dos fatores ambientais climáticos, como: chuva, temperatura do ar, bem como condições do solo (pH, textura e presença de nematoides).

##### **4.2.1. Curva de Progresso da Doença**

A Curva de Progresso da Doença expressa a proporção de doença *versus* o tempo que pode caracterizar, de acordo com o modelo ajustado, através de seus parâmetros, a época de início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial ( $x_0$ ), a taxa de aumento da doença ( $r$ ), a área abaixo da Curva de Progresso da Doença

(AACPD), as quantidades máxima ( $x_{\text{máx}}$ ) e final ( $x_f$ ) de doença e a duração da epidemia (BERGAMIN FILHO, 1995). Alguns dos modelos matemáticos mais utilizados são: logístico, de Gompertz e monomolecular (BERGAMIN FILHO & AMORIN, 1996).

#### 4.2.1.1. Modelo logístico

Esse modelo tem sido o mais empregado para descrever o progresso de epidemias e é exposto pela seguinte equação diferencial:

$$dx / dt = rLx(1 - x),$$

Em que:

$dx / dt$  = taxa absoluta de aumento da doença;

$rL$  = taxa de aumento específica para este modelo ou taxa aparente de infecção;

$x$  = quantidade de doença;

$(1 - x)$  = fator de correção e representa a quantidade de tecido sadio.

A interpretação biológica desta equação indica que a velocidade de aumento da doença  $dx / dt$ , é proporcional à própria quantidade de doença  $x$  e à quantidade de tecido sadio disponível  $(1 - x)$  (BERGAMIN FILHO, 1995).

#### 4.2.1.2. Modelo de Gompertz

Apesar do modelo de Gompertz ter sido introduzido na epidemiologia vegetal algum tempo depois do modelo logístico, sua origem é mais antiga (GOMPertz, 1825).

Ambos os modelos são bastante empregados no domínio das doenças de plantas. A equação diferencial é:

$$dx / dt = rG x(-\ln(x)),$$

Na qual:

$dx / dt$  = taxa absoluta de aumento da doença;

$rG$  = taxa de aumento específica para este modelo ou taxa aparente de infecção;

$x$  = quantidade de doença;

$\ln(x)$  = logaritmo neperiano da quantidade de doença.

A plotagem de  $dx/dt$  contra o tempo mostra incrementos crescentes até que o ponto de inflexão seja atingido, seguindo-se incrementos decrescentes que tendem a zero (BERGAMIN FILHO, 1995).

#### 4.2.1.3. Modelo monomolecular

Neste modelo a velocidade de aumento da doença é proporcional ao inóculo inicial existente e a uma taxa de infecção, e é descrito pela equação diferencial:

$$dx / dt = rMx (1 - x),$$

Onde:

$dx / dt$  = taxa absoluta de aumento da doença;

$rM$  = taxa de aumento específica para este modelo;

$(1 - x)$  = fator de correção e representa a quantidade de tecido sadio.

A plotagem de  $dx/dt$  contra o tempo mostra que os incrementos são sempre decrescentes e que se aproximam de zero à medida que se esgota o tecido sadio (BERGAMIN FILHO, 1995).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

A fusariose foi monitorada no Município de São Mateus, Região Norte do Estado do Espírito Santo, situada na latitude 18° 42' S e longitude 39° 51' W, numa altitude de 26 m. Foram selecionadas vinte lavouras de pimenta-do-reino, agrupadas de acordo com a idade no início do monitoramento, formando grupos de quatro lavouras com 1, 2, 3, 4 e 5 anos, apresentando as seguintes características em comum: tutores novos provenientes de eucalipto imunizado, áreas sem histórico de ocorrência da fusariose, irrigadas por aspersão com espaçamento 3,0 x 2,0 da variedade Bragantina. Em cada lavoura selecionou-se uma área quadrada contendo quinhentas plantas (dez linhas de cinquenta plantas) para padronizar a área amostral.

De acordo com a classificação de Koppen, a Região Norte do Espírito Santo é caracterizada por um clima tropical úmido, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso, e registra uma temperatura média anual de 24,8°C, com média do mês mais frio de 19,8°C, mês mais quente de 29,8°C e precipitação média acumulada de 1.288mm (Figura 1).

O comportamento dos dados meteorológicos no período da condução do experimento foi registrado na estação meteorológica pertencente à rede de observação de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e os dados foram disponibilizados pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), São Mateus-ES.

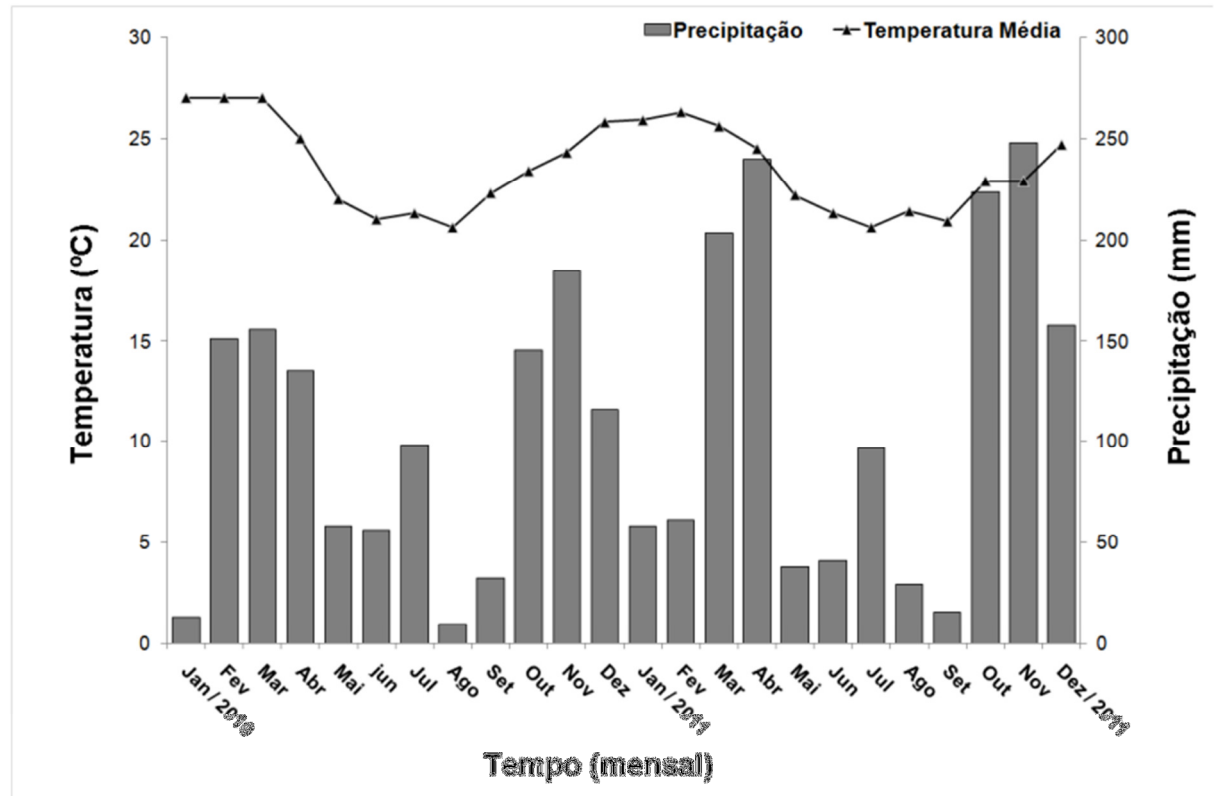


Figura 1 - Temperatura média e precipitação pluviométrica mensal dos anos de 2010 e 2011 para o município de São Mateus. CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013. Fonte: INCAPER e INMET.

### 5. 1. Análise temporal

A incidência da doença foi monitorada bimensalmente, de julho de 2010 a julho de 2011, através da atribuição de notas de 0 ou 1, em que a nota 0 referia-se a plantas com ausência de sintomas e a nota 1 para a presença de sintomas típicos da fusariose.

As curvas de progresso obtidas foram ajustadas aos modelos monomolecular ( $dx/dt = r(1-x)$ ), logístico ( $dx/dt = rx(1-x)$ ) e de Gompertz ( $dx/dt = rx(-\ln x)$ ). Em que  $x$  é a incidência da doença na área amostrada (em porcentagem),  $r$  é a taxa de infecção, e  $t$  o tempo (CAMPBELL & MADDEN, 1990). O ajuste foi feito utilizando-se o programa *Statistica* 9.0 (Tulusa, Statsoft). O grau de ajuste de cada modelo aos dados foi avaliado em função dos valores do coeficiente de determinação da análise de regressão ( $R^2$ ), (JESUS JUNIOR et al., 2000).

## 5. 2. Análise espacial

A incidência foi quantificada no período de agosto de 2011 a janeiro de 2012 com a mesma atribuição de notas e intervalo de tempo do estudo anterior, trabalhando-se com uma lavoura de cada idade, 3, 4 e 5 anos, que melhor representou a disseminação da doença no campo.

Para avaliação do comportamento espacial aplicou-se a Lei de Taylor com a utilização de 'quadrats' 2x2 por apresentar distribuição de valores agregados e aleatórios mais coerentes com o fenômeno. Posteriormente foi calculada a variância observada ( $V_{obs}$ ) e a variância binomial esperada ( $V_{bin}$ ) (HUGHES & MADDEN, 1992); estudo dos diferentes graus de agregação da doença pela fórmula:  $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ , onde  $V_{obs}$  é a variância da área experimental,  $V_{bin}$  é a variância binomial padrão teórico, A e b são parâmetros (BERGAMIN FILHO, 2002); e, estudo do grau de agregação de cada lavoura, se  $\log(A) = 0$  e  $b = 1$ , a distribuição da doença é ao acaso, se  $\log(A) > 0$  e  $b = 1$  a distribuição é agregada (BASSANEZI et al., 2003).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que as lavouras de 1 e 2 anos de idade não apresentaram a doença durante o período de avaliação, trabalhou-se com os grupos de lavouras com 3 , 4 e 5 anos.

### 6. 1. Estudo temporal

A seguir estão apresentados os gráficos da curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras com diferentes idades.

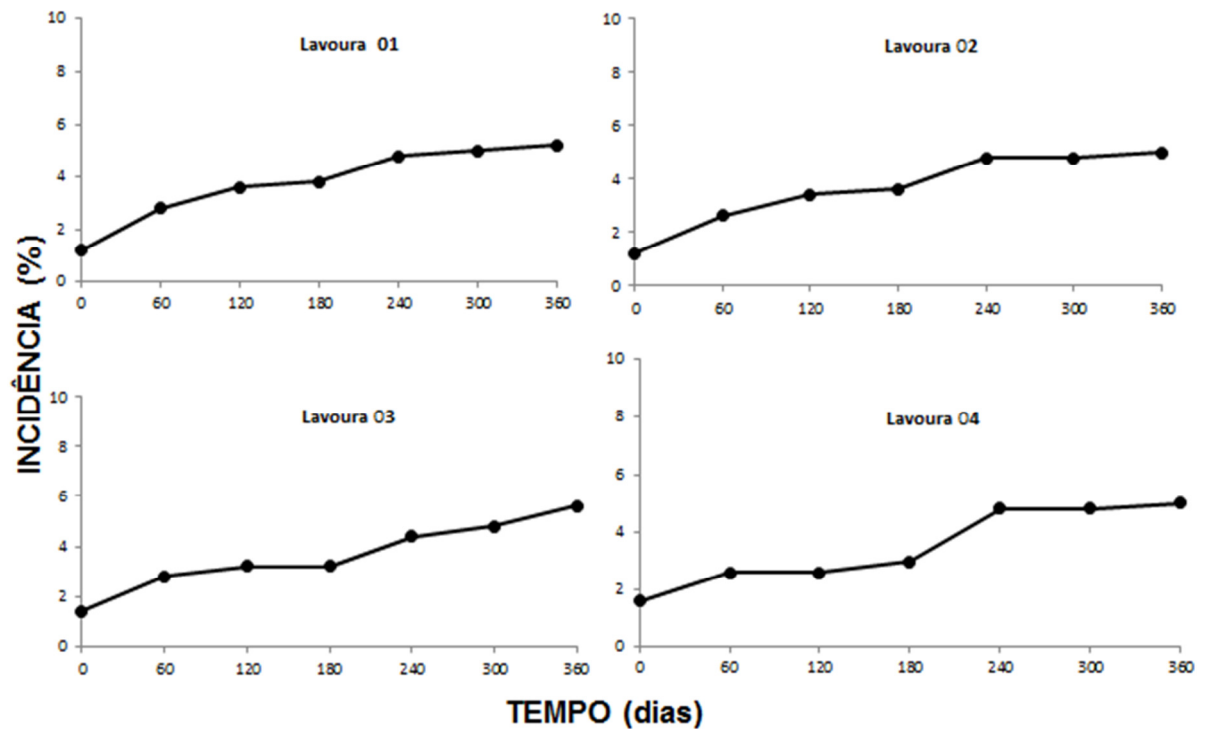


Figura 2 - Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 3 anos de idade. CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013.

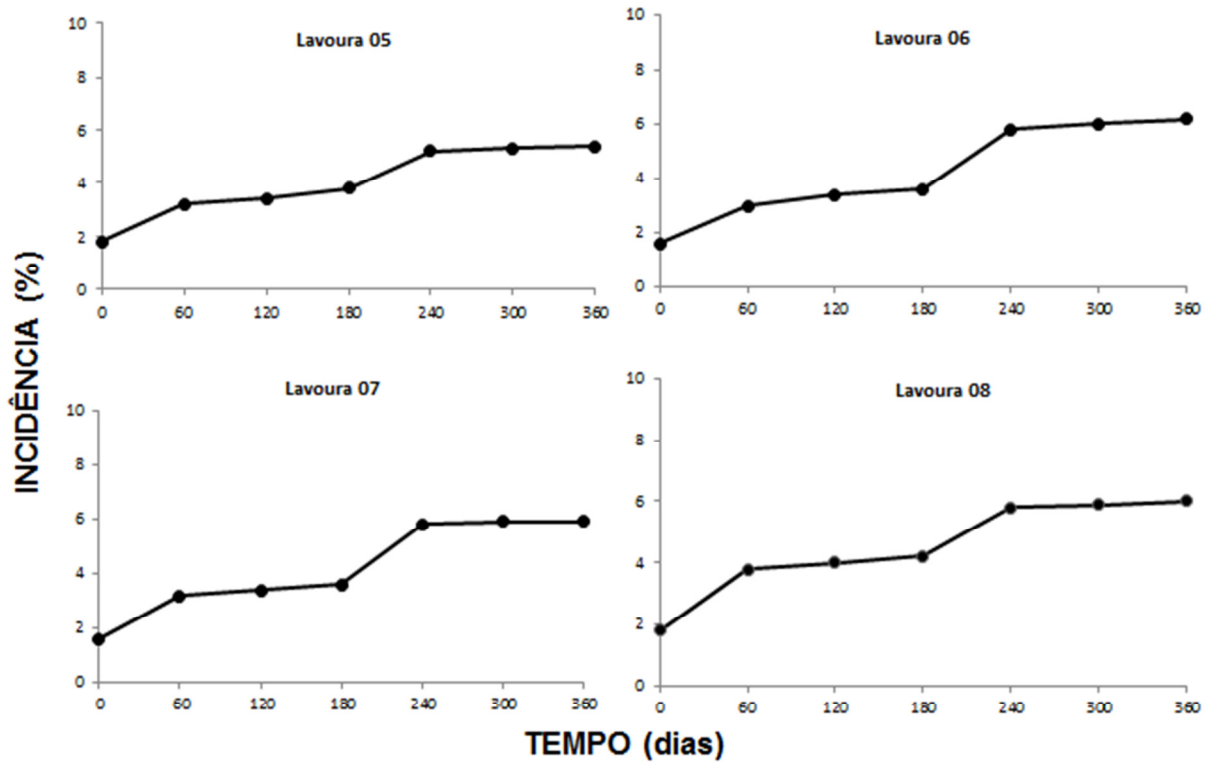


Figura 3 - Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 4 anos de idade. CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013.

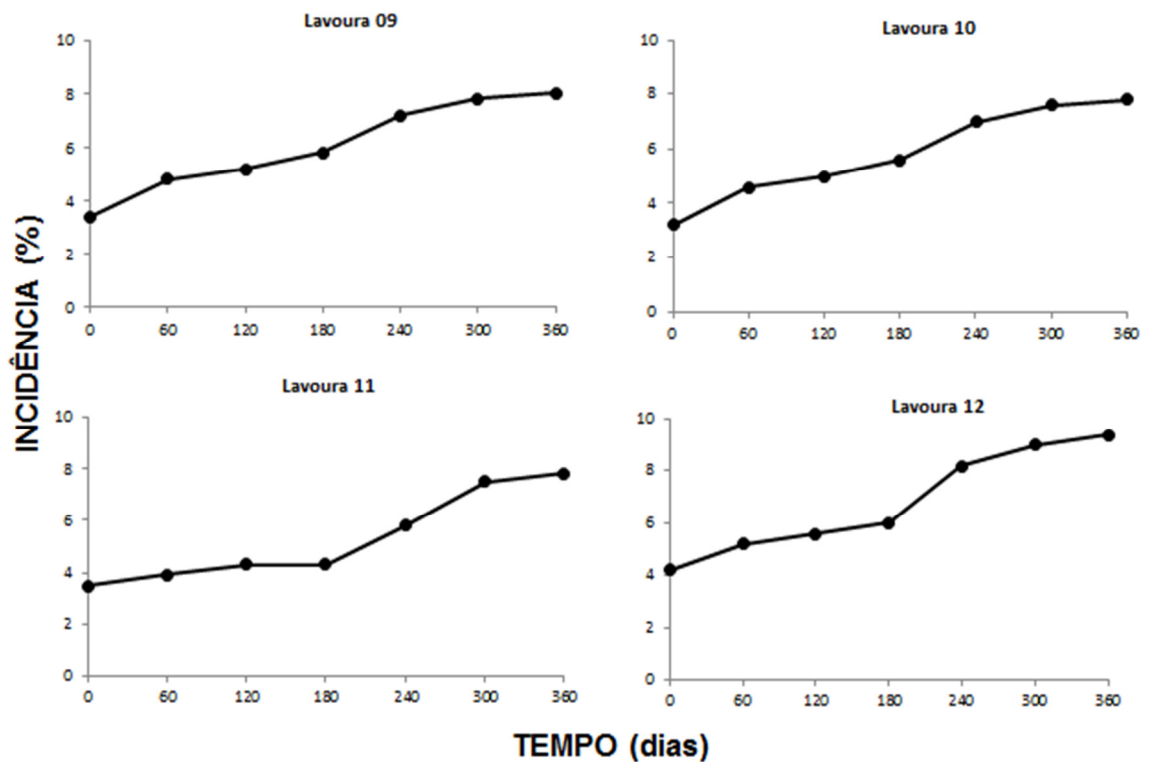


Figura 4 - Curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino ao longo do tempo em lavouras de 5 anos de idade. CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013.



Para os três grupos de lavouras, observam-se dois pontos de maior crescimento (de “0” para “60” e de “180” para “240” dias de avaliação), seguidos de um crescimento com menor intensidade nos demais intervalos. Estes períodos de crescimento diferenciados coincidem com o período de colheita da pimenta-do-reino.

A colheita é o período de maior influência antrópica durante o cultivo da pipericultura, evidenciada pela manipulação alternada de plantas infectadas e plantas sadias, utilização de escadas para coleta de cachos no terço superior da planta, além do estresse causado à planta devido à perda de folhas e ramos. Segundo Duarte e outros (2005), essas práticas adotadas são as principais responsáveis pela disseminação da fusariose no campo. Em geral, patógenos vinculados ao solo, predominam mecanismos de dispersão a curtas distâncias.

Bergamim Filho e outros (2002) relatam que condições ambientais também estão diretamente relacionadas à atuação desses patógenos, principalmente temperatura e umidade. No caso de *F. solani*, temperaturas entre 25-35°C favorecem o seu desenvolvimento e a evolução da doença no campo (BEDENDO, 2005).

Apesar da precipitação e temperatura durante a segunda colheita ser mais favorável à fusariose em relação à primeira colheita, isso não resultou em um maior crescimento da doença nesse período, o que sugere que o processo de colheita foi o principal fator que contribuiu para o incremento da doença. Nesse período deve-se concentrar medidas que dificultem a disseminação da doença durante o processo de colheita. Uma possível medida seria um planejamento da colheita através da diferenciação de áreas, com e sem ocorrência da fusariose, associada à erradicação de plantas em estágio avançado da doença.

O grau de ajuste de cada modelo para a fusariose da pimenta-do-reino foi avaliado em função dos valores do maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), obtidos pelo ajuste da curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino em lavouras de diferentes idades, CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013.

Talhão	Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) dos Modelos de Ajustes		
	<b>Gompertz</b>	<b>Logístico</b>	<b>Monomolecular</b>
3 anos de cultivo			
1	0,77	0,72	0,80
2	0,76	0,72	0,79
3	0,89	0,86	0,91
4	0,64	0,78	0,85
4 anos de cultivo			
5	0,82	0,77	0,84
6	-	0,78	0,86
7	0,79	0,74	0,82
8	0,78	0,74	0,80
5 anos de cultivo			
9	-	0,87	0,92
10	0,90	0,88	0,93
11	0,95	0,93	0,94
12	0,99	0,90	0,96

Um dos aspectos mais importantes da análise temporal de epidemias é a seleção de um modelo apropriado para descrever a curva de progresso da doença. Essa seleção tem como objetivo estimar variáveis que são utilizadas na análise estatística, para comparação das curvas de progresso de doenças (CAMPBELL & MADDEN, 1990).

Com base nos dados representados pela Tabela 1, nota-se que o modelo monomolecular foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de progresso da doença em estudo, pois proporcionou um maior  $R^2$  em 83,33 % dos casos, em relação ao modelo matemático de Gompertz, que, por sua vez, proporcionou um

maior  $R^2$  em apenas 16,67 % dos casos. O modelo logístico não se ajustou aos dados obtidos.

Os patógenos monocíclicos têm no máximo uma geração por estação de cultivo, ou seja, apresentam somente um ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Segundo Vale e outros (2004), doenças monocíclicas ajustam-se ao modelo monomolecular e as policíclicas ao logístico, corroborando com os resultados obtidos pelo ajuste da fusariose que é um patógeno habitante do solo caracteristicamente monocíclico. Porém, existem contraexemplos, como a ferrugem do feijoeiro (*Uromyces appendiculatus*) que é uma doença policíclica, cujo modelo que melhor se ajustou foi o monomolecular.

## **6. 2. Estudo espacial**

O padrão de distribuição da fusariose na pimenta-do-reino pode ser observado na Figura 5. A porcentagem de plantas doentes, da primeira a décima avaliação, apresentou um crescimento de 1,4% para 16,2 %; de 5% para 25,8% e de 6,8% para 32% para lavoura de 3 (A), 4 (B) e 5 (C) anos, respectivamente.

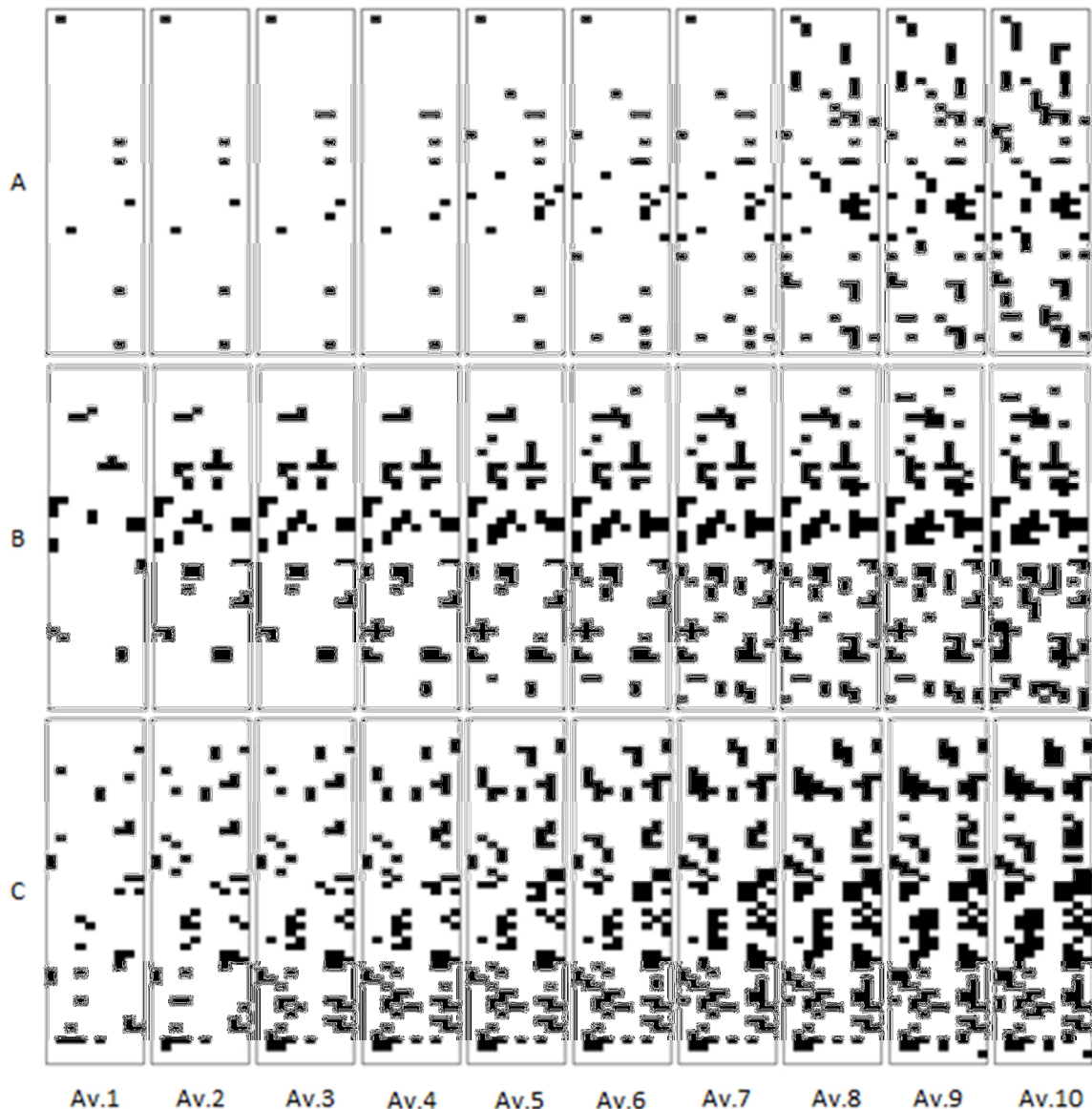


Figura 5 - Mapas de distribuição da fusariose em pimenta do reino ao longo do tempo. Os quadrados escuros representam plantas sintomáticas e os quadrados brancos plantas assintomáticas. Letra (A) representa lavoura de 3 anos; (B) lavoura de 4 anos e (C) lavoura de 5 anos. CEUNES/UFES, São Mateus-ES, 2013.

Na lavoura de 3 anos de idade, a distribuição da doença iniciou-se ao acaso e permaneceu nesta condição até a sétima avaliação, finalizando com um início de agregação nas três últimas avaliações. A lavoura de 4 anos comportou-se no início com uma distribuição semelhante a lavoura anterior, porém com um grau de agregação mais intenso a partir da quinta avaliação. Já na lavoura de 5 anos a distribuição ao acaso só ocorreu na primeira avaliação com posterior agregação até a última avaliação. Talhões mais velhos estão sujeitos, por mais tempo, aos processos que facilitam a disseminação do inóculo, como a capina manual, o

revolvimento do solo, trânsito de máquinas e, principalmente, o maior número de colheitas, dentre outros tratos culturais.

A relação entre o comportamento observado e binomial encontra-se representada na figura 6. Os índices de dispersão da doença ( $V_{obs}/V_{bin}$ ) variou de 0,96 a 1,34 para lavoura de 3 anos; 0,98 para 1,45 para lavoura de 4 anos e de 1,02 para 1,53 para a lavoura de 5 anos.

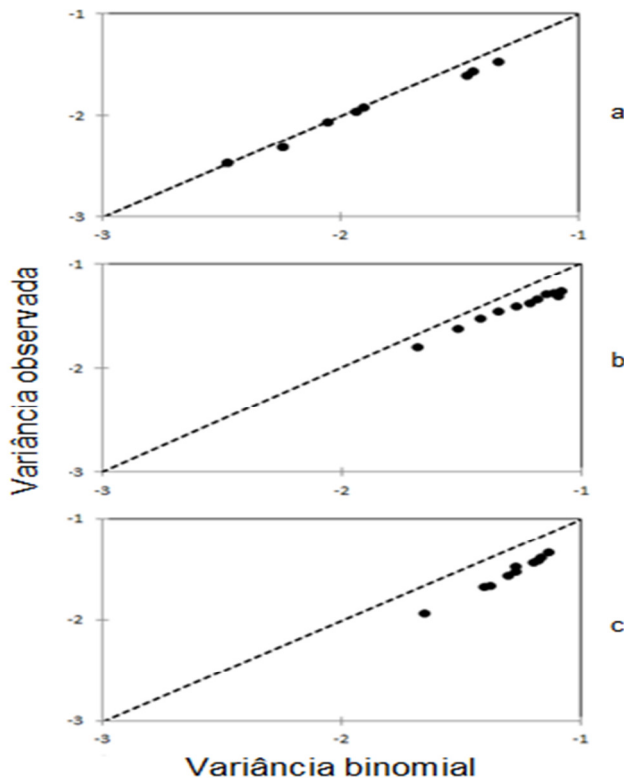


Figura 6 - Relação entre variância observada e variância binomial da incidência da fusariose da pimenta-do-reino em lavouras de diferentes idades: 3 anos(a); 4 anos (b) e 5 anos (c). Cada ponto representa uma avaliação ao longo do tempo. As linhas tracejadas representam a linha binomial (isto é, variância observada = variância binomial).

Em geral, em todas as lavouras avaliadas a agregação foi detectada, no entanto, a agregação entre a sintomatologia de plantas adjacentes aumentou com o crescimento da incidência da fusariose, especialmente nas lavouras mais velhas. Resultados semelhantes foram obtidos por Bassanezi e outros (2003), que detectaram um comportamento agregado para a morte súbita dos citrus principalmente nas parcelas mais velhas com um aumento da agregação proporcional ao maior índice de incidência da doença.

A distribuição inicial da doença, de forma casualizada, sugere que o patógeno foi distribuído ao acaso na lavoura, fenômeno este que pode estar associado ao plantio com mudas infectadas.

Nas lavouras monitoradas não foram observados efeitos de bordadura ou a ocorrência da doença em reboleiras. Este tipo de distribuição estaria associado ao plantio próximo a lavouras doentes ou em áreas com histórico de ocorrência da doença, respectivamente.

## 7. CONCLUSÃO

A curva de progresso da fusariose apresenta um crescimento contínuo ao longo do ano, com intervalos de maior crescimento durante o período de colheita da pimenta-do-reino.

O modelo monomolecular é o que melhor descreve a curva de progresso da fusariose em pimenta-do-reino.

A distribuição espacial da fusariose em lavouras de pimenta-do-reino evolui de ao acaso para agregado, com aumento do grau de agregação, em decorrência da evolução da doença ao longo do tempo.

## 8. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. C. Podridão das raízes e do pé da pimenta-do-reino. **Circular do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte**, Belém, 45 p, nov. 1961.
- ALBUQUERQUE, F. C.; CONDURÚ, J. M. P. Cultura da pimenta-do-reino na região amazônica. **Série Fitotecnia**, Belém: IPEAN, v. 2, n. 3, 1971.
- ANDO, A. et al. Comportamento de germoplasma de pimenta-do-reino em áreas de ocorrência de fusariose no estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA-CPATU: JICA, 1996. p. 237-243.
- BASSANEZI, R. B. et al. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology**, New York, v. 93, n. 4, p. 502-512, 2003.
- BEDENDO, I. P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.331-342.
- BENCHIMOL, R. L. et al. Controle da fusariose em pimentas-do-reino com bactérias endofíticas: sobrevivência e respostas morfofisiológicas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1343-1348, jul. 2000.
- BERGAMIN FILHO, A. Curvas de Progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. v. 1. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. Princípios e Conceito, p. 902-626.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. v. 1. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 919
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. p. 289.
- BERGAMIN FILHO, A. et al. Análise espacial de epidemias. v. 10. Passo Fundo, 2002. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. p. 155-218.
- BRAZILIAN PEPPER STATISTICS. **Brazilian Peppertrade Board**, 2012. Disponível em: < <http://www.peppertrade.com.br/pepper-braz-stats2011.php>>. Acesso em: 01 out. 2013.



CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley-Interscience, 1990.

CLIFF, A. D.; ORD, J. K. **Spatial processes**: models and applications. London: Pion, 1981.

DIAS, A. G. **O cultivo da pimenta-do-reino**. Vitória: SLV, 2006. p. 204.

DUARTE, M. L. R. **Sistemas de Produção da Pimenta-do-reino**: Importância econômica, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/PimenteiradoReino/index.htm>>. Acesso em: 26 de out. 2013.

DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C. Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). Controle de doenças. In: VALE, F. C. R.; ZAMBOLIM, L. (eds). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. vol. 2, p. 879-923.

\_\_\_\_\_. Eficiência de diferentes fungicidas no tratamento de estacas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) infectadas por *Nectria haematococca* (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, p.169-175, 1980.

\_\_\_\_\_. Secamento dos ramos da pimenta-do-reino. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. 1., 1986, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1986, p. 383-394.

DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Doenças da Pimenta-do-reino. In: **Manual de Fitopatologia**: Doenças das Plantas Cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. cap. 58, p. 507-522.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO-Food Price Index**, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>. Acesso em: 05 out. 2013.

GOMPERTZ, B. **On the nature of the function expressive of the law of human mortality**. London, 1825. v. 36. p. 513-585.

GOTTWALD, T. R. et al. The citrus canker epidemic in Florida: the scientific basis of regulatory eradication policy for an invasive species. **Phytopathology**, 2001, 91:30-4.

\_\_\_\_\_. Geo-referenced a patio-temporal analysis of the urban citrus canker epidemic in Florida. **Phytopathology**, 2002, v. 92 (aceito para publicação).

HAU, B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia: Análise Espacial. In: **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v.1. cap. 38, p. 667-668.

HUGHES, G.; MADDEN, L. V. **Aggregation and incidence of disease**. Londres, 1992. v. 41. n. 6, p. 657-660.

HUGHES, G.; GOTTWALD, T. R. 1999. Survey methods for assessment of citrus tristeza vírus incidence when *Toxoptera citricida* is the predominant vector. **Phytopathology**, v. 89, p. 487-94.

HUGHES, G. et al. Validating mathematical models of plant-disease progress in space and time. **IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology**. v. 14, p. 85-112, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201108.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201108.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2013.

JEGER, M. J. **Spatial components of plant disease epidemics**. New Jersey:Prentice-Hall, 1989.

JESUS JUNIOR, W. C. et al. Análise Temporal de Epidemias (2000). In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Eds.) **Epidemiologia Aplicada MG**. p. 125-192. (MAPPA 2013). Disponível em: <<http://www.es.gov.br:81/Lists/Notcias/DispForm.aspx?ID=162129>>. Acesso em: 23 out. 2013.

KOSHIKUMO, E. S. M. **Epidemiologia da mancha de phaeosphaeria e da cercosporiose em milho**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal.

KRANZ, J. **Comparison of epidemics**. Annual Review of Phytopathology, 1974, v. 12, p. 355-374.

LECOUSTRE, R.; FARGETTE, D.; REFFYE, P. Analysis and mapping of the spatial spread of African cassava mosaic vírus using geostatistics and the kriging technique. **Phytopathology**, 1989, 79:913-20.

MADDEN, L.V. & HUGHES, G. 1995. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. Annu. Ver. **Phytopathol**, 33:529-64.

MARCUS, R. et al. On the spatial distribution of citrus tristeza vírus disease. **Phytoparasitica**, 1984, 12:45-52.

PARTELLI, F. L. **Nutrition of black pepper** (Piper nigrum L.) - a Brazilian experience. *J. Spices Aromatic Crops*, 2009. 18:73-83.

PRABHAKARAN NAIR, K. P. **Agronomy and economy of black pepper and cardamom**. The “King” and “Queen” of Spices. London: Elsevier Science Publishing, 2011. 366 p.

RISTAINO, J. B.; GUMPERTZ, M. L. New frontiers in the study of dispersal and spatial analysis of epidemics caused by species in the genus *Phytophthora*. *Annu. Ver. Phitopathol*, 2000, 38:541-76.

RODRIGUES, R. S.; SILVA, R. R. A história sob o olhar da química: As especiarias e sua importância na alimentação humana. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2010. v. 32, n.2, p. 85.

ROSA, J. **Distribuição espacial e raio de agregação de cancro cítrico definidos por geoestatística**. 2010. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SERRANO, L. A. P.; NOVAK, L. R.; LIMA, I. M. **Colheita e pós-colheita da pimenta-do-reino**. Vitória: Incaper, 2008. p. 40.

SERRANO, L. A. L.; LIMA, I. M.; MARTINS, M. V. V. **A cultura da pimenteira-do-reino do Estado do Espírito Santo**. Vitória: INCAPER, 2006. p. 34.

TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *ann. rev. Entomol*, 1984, 29:321-57.

TREMACOLDI, C. R. Principais Pragas da pimenta-do-reino e recomendações: doenças fúngicas. In: I WORKSHOP DA PIMENTA-DO-REINO DO ESTADO DO PARÁ, Belém. **Anais...** Belém, 2009. Palestras.

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S. Doenças do guaraná. In: KIMATI, H. et al (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 459-462.

TURECHEK, W. W.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Sequential sampling for incidence of *Phomopsis* leaf blight of strawberry. **Phitopathology**, 2001, 91:336-47.

UCHÔA, C. L. et al. Modelagem geoestatística da sigatoka-negra e sua relação com a fertilidade do solo. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 357-362, 2011.

UPTON, G.; FINGLETON, B. **Spatial data analysis by example**: Point pattern and quantitative data. Chichester, Wiley. 1985. v.1.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. p. 532.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. **Manejo da fusariose da pimenta-do-reino no Estado do Espírito Santo**. Vitória: INCAPER, 2004. p. 18.

VENTURA, J. A.; MILANEZ, D. Fusariose da pimenta do reino e seu controle. n.2. Cariacica: Emcapa, **Circular Técnica**, 1983.