

Análise da Dinâmica e Estrutura de Focos da Morte Súbita dos Citros

Waldir C. de Jesus Junior & Renato B. Bassanezi

Departamento Científico, Fundecitrus, CEP 14807-040, Araraquara, SP, fax: (016) 201-7032,
e-mails: wcintra@fundecitrus.com.br e rbbassanezi@fundecitrus.com.br

(Aceito para publicação em 04/03/2004)

Autor para correspondência: Renato Beozzo Bassanezi

JESUS JUNIOR, W.C. de & BASSANEZI, R.B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. Fitopatologia Brasileira 29:399-405. 2004.

RESUMO

A morte súbita dos citros (MSC) é uma nova e destrutiva doença que afeta laranjeiras doces (*Citrus sinensis*) e algumas tangerineiras (*C. reticulata*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*). Sua etiologia e mecanismos de transmissão são ainda desconhecidos e estudos epidemiológicos foram iniciados recentemente. Com o objetivo de caracterizar a disseminação da MSC, foi empregada a técnica de análise da dinâmica e estrutura de focos (ADEF) em 166 mapas de distribuição espacial de plantas com sintomas de MSC, provenientes de 51 talhões do norte do Estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. Pela ADEF, as epidemias de MSC se iniciam com focos unitários distribuídos de maneira aleatória no talhão. Em talhões com até 2% de incidência, 85% dos focos continham uma planta. Posteriormente, o progresso da doença ocorreu mais pelo

aumento de novos focos, que pelo aumento do tamanho dos focos, indicado pelo aumento do número de focos até 18% de incidência e pelo número reduzido de plantas por foco (menos de quatro plantas por foco a 20% de incidência). Na maioria dos casos (71,5%), os focos apresentaram maior expansão na direção da linha de plantio que entre as linhas. A diminuição da compactidade dos focos com o aumento da incidência da MSC sugere que os focos maiores tendem a ser menos compactos e que a disseminação da doença não ocorre de forma homogênea e contínua ao redor da primeira planta afetada. Estes padrões são similares aos padrões de doenças causadas por um agente infeccioso, transmitido por vetores.

Palavras-chave adicionais: epidemiologia, distribuição espacial, padrão de disseminação.

ABSTRACT

Dynamics and structure analysis of citrus sudden death foci

Citrus Sudden Death (CSD) is a new and destructive disease that affects sweet oranges (*Citrus sinensis*) and some mandarins (*C. reticulata*) grafted on Rangpur lime (*C. limonia*). Its etiology and transmission mechanisms are still unknown, epidemiologic study of the disease was recently initiated. Dynamics and structure analysis of foci technique (DSAF) was used to characterize CSD dissemination on 166 spatial distribution maps of CSD symptomatic trees from 51 blocks of northern São Paulo State and the southern of Triângulo Mineiro. According to DSAF, the CSD epidemic begins with unitary foci randomly distributed in the block. At an incidence up to 2%, most of the foci were

composed by an unique plant. Later, the disease progresses more by increasing the number of foci than by increasing the size of the focus. This was indicated by an increase in the number of foci up to 18% of disease incidence and by the reduced number of plants per focus (less than four plants per focus at 20% of incidence). In most cases (71.5%), foci expanded more within-row than across-row. Compactness reduction of foci with increase in CSD incidence suggests that larger foci are less compact and, thus, that disease dissemination does not occur in a homogenous and continuous way around the first affected tree. The observed patterns are similar to those of diseases caused by an infectious agent, which is transmitted by a vector.

INTRODUÇÃO

Uma nova doença, afetando pomares de laranjeiras doces [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] 'Valência', 'Hamlin', 'Natal', 'Westin' e 'Pera' e tangerineiras (*C. reticulata* Blanco) 'Cravo' e 'Ponkan' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck), foi descrita pela primeira vez no início de 2001, em Comendador Gomes, no sul do Triângulo Mineiro (Gimenes-Fernandes & Bassanezi, 2001). Devido à velocidade com que as plantas definham e morrem, a denominação de Morte Súbita dos Citros (MSC) foi atribuída a esta doença (Informativo Centro de Citricultura, 2001). A MSC está associada à combinação laranjeira doce sobre limoeiro 'Cravo', uma vez que combinações de laranjeiras doces sobre

porta-enxertos de tangerineiras 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.) e 'Sunki' (*C. sunki* Hort. ex Tanaka), *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. e citrumelo 'Swingle' [*P. trifoliata* (L.) Raf. X *C. paradisi* Macf.] até então não apresentam sintomas da doença (Gimenes-Fernandes *et al.*, 2002). As plantas afetadas apresentam sintomas de definhamento generalizado. Inicialmente, toda a copa da planta afetada apresenta folhas sem brilho e de coloração verde pálida, poucas brotações, ausência de brotações internas e desfolha parcial. O sistema radicular apresenta grande quantidade de raízes podres e mortas, com poucas radículas. O sintoma característico da doença é uma coloração amarelada a alaranjada nos tecidos internos da casca do porta-enxerto abaixo da região da enxertia, contrastando com a coloração creme dos tecidos da casca da

copa. Estes tecidos amarelados correspondem, na maior parte, aos vasos do floema que se encontram obstruídos e degenerados (Gimenes-Fernandes & Bassanezi, 2001). Todo este quadro sintomatológico pode ocorrer rapidamente, de um a mais de 12 meses, dependendo da época do ano e da condição de produção da planta (Bassanezi *et al.*, 2002). Até o momento, nenhuma planta com menos de 22 meses, em pomares na região com maiores incidências da doença, apresentou sintomas. Isto leva a crer que o período de incubação da MSC deva ser de pelo menos dois anos em plantas jovens e que as plantas atualmente sintomáticas foram infetadas à algum tempo no passado. Como ainda não há diagnóstico precoce para a MSC, as avaliações da doença, baseadas no aparecimento dos sintomas, subestimam o número de plantas infetadas.

Nos pomares afetados, o progresso e a disseminação da doença são bastante rápidos, podendo atingir de 30 a 70% das plantas em apenas seis meses (Bassanezi *et al.*, 2002; Bassanezi *et al.*, 2003). O número de plantas sintomáticas tem aumentado rapidamente na região em que a doença foi detectada, partindo de 500 plantas em 1999 para mais de um milhão em dezembro de 2002 (Fundecitrus, 2002). A disseminação é também rápida. De fevereiro a dezembro de 2001, a doença já havia sido constatada em 45 propriedades nos municípios de Comendador Gomes, Frutal e Uberlândia, no sul do Triângulo Mineiro, e em Altair, Barretos, Colômbia e Guaraci, no norte do Estado de São Paulo (Libanore *et al.*, 2002). Em outubro de 2003, a doença já estava registrada em 29 municípios: 11 em Minas Gerais e 18 em São Paulo (Fundecitrus, 2003). Por sua capacidade de definhando e matar as plantas sobre limoeiro 'Cravo', que representam 85% das 200 milhões de árvores do Estado de São Paulo, e da sua velocidade de progresso e disseminação, a MSC tem causado grande preocupação ao setor citrícola.

Até o momento, nenhum patógeno foi associado à MSC, mas a hipótese mais provável é que a MSC seja causada por um vírus disseminado por um vetor, de maneira semelhante à tristeza dos citros na sua forma de declínio rápido, quando a laranja doce é enxertada sobre laranja 'Azeda' (*C. aurantium* L.). Por enquanto, somente foram observadas e detectadas, por testes serológicos e moleculares, partículas de vírus semelhantes ao *Citrus tristeza virus* (CTV), gênero *Closterovirus*, família *Closteroviridae*, nas plantas com sintomas de MSC. Além disso, esta hipótese é baseada em semelhanças entre a MSC e a tristeza quanto à sintomatologia, velocidade de progresso da doença e distribuição espacial das plantas afetadas nos talhões, e por serem doenças de combinação copa/porta-enxerto, cuja remissão dos sintomas pode ser conseguida pela substituição do porta-enxerto pela sub-enxertia com porta-enxertos tolerantes (Bassanezi *et al.*, 2003). Caso esta hipótese se confirme, a MSC é séria ameaça à citricultura brasileira, como foi a tristeza, que entre 1939 e 1949 destruiu 90% das plantas existentes em São Paulo (Kimati & Galli, 1980).

As epidemias de MSC começaram a ser caracterizadas há pouco tempo (Bassanezi *et al.*, 2002; Bassanezi *et al.*, 2003), porém análises epidemiológicas devem ser realizadas para

melhor entender o patossistema em questão. Os estudos epidemiológicos de doenças visam a busca de padrões (Waggoner & Aylor, 2000). O padrão espacial da doença, ou seja, a distribuição de plantas doentes umas em relação às outras, fornece dados que podem ser utilizados para auxiliar o esclarecimento da etiologia da doença e do papel de possíveis vetores (Gottwald *et al.*, 1997; Laranjeira *et al.*, 1998b) ou de outros agentes, como o vento (Gottwald *et al.*, 1993) e a chuva (Agostini *et al.*, 1993), na sua disseminação. As doenças de causa biótica, especialmente em hospedeiros perenes, exibem padrões definidos de aparecimento (Gottwald *et al.*, 1993; Gottwald *et al.*, 1996; Laranjeira, 1997) e de crescimento de focos (Gottwald *et al.*, 1993; Gottwald *et al.*, 1996). Em geral, nestes casos, há agregação de plantas doentes a partir de incidências relativamente elevadas (van de Lande, 1993; Gottwald *et al.*, 1995; Gottwald *et al.*, 1996; Laranjeira, 1997; Laranjeira *et al.*, 1998b).

A análise de dinâmica e estrutura de focos (ADEF) foi desenvolvida com o objetivo de superar as imprecisões estatísticas advindas da Análise Bidimensional de Classes de Distância (2dclass), utilizada para caracterizar espacialmente as epidemias cujas avaliações são baseadas na incidência (Nelson, 1996). Por este método simples e de fácil uso, é possível determinar um número razoável de descritores da epidemia, tais como o número de focos de plantas doentes, sua forma, o número médio de plantas por foco e sua compactidade em função da incidência da doença. Além da sua simplicidade e rapidez de execução, a ADEF pode complementar as informações oriundas de outras técnicas de análise espacial.

Inicialmente, esta técnica foi desenvolvida e utilizada por Nelson (1996) e, posteriormente aprimorada por Laranjeira *et al.* (1998a) em estudos com a clorose variegada dos citros (CVC) cuja transmissão por vetores foi caracterizada. Recentemente, Nunes *et al.* (2001) utilizaram a ADEF para comparar a eficiência da avaliação da incidência da CVC por sintomatologia e por serologia. Bergamin Filho *et al.* (2001) utilizaram a ADEF para explicar as diferenças dos padrões espaciais das plantas com cancro cítrico na presença ou ausência da larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton).

As variáveis obtidas com a ADEF podem ser utilizadas para testes de hipóteses ou empregadas em conjunto a outras técnicas, para melhor entender o patossistema, fato que é de extrema importância no caso de doenças de etiologia desconhecida como a MSC. Este trabalho teve por objetivo caracterizar a dinâmica e estrutura de focos da MSC em pomares do norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas todas as plantas de 51 talhões de laranjeiras doces enxertadas em limoeiro 'Cravo' com diferentes incidências de MSC, na região norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro, entre março de 2001 e setembro de 2002. Os talhões avaliados continham de 400 a 3.013

plantas (média de 1.054 plantas por talhão) e incidência de plantas com sintomas de MSC de 0,1 a 88,0%. A localização de cada planta com sintomas típicos de MSC, em diferentes meses, gerou 166 mapas, os quais foram utilizados para a ADEF. Em cada área selecionada para a avaliação havia de 10 a 46 linhas com 20 a 131 plantas por linha.

Usando a metodologia empregada por Nelson (1996) e Laranjeira *et al.* (1998a), considerou-se que somente as plantas com sintomas de MSC imediatamente adjacentes no padrão de proximidade vertical, horizontal ou diagonal pertenciam ao mesmo foco. Os focos unitários são aqueles compostos por apenas uma única planta afetada. Em todas as avaliações determinou-se o número de focos (NF), o número de plantas em cada foco i (NPF $_i$) e o número máximo de linhas (If $_i$) e colunas (Ic $_i$) ocupadas por cada foco i . Como a quantidade de plantas em cada área era diferente, o NF foi padronizado, como número de focos por 1000 plantas (NFM, onde $NFM = NF \cdot 1000 / \text{número de plantas no talhão}$), para permitir a análise conjunta dos dados.

A partir dessas informações, também se calculou, conforme Nelson (1996) e Laranjeira *et al.* (1998a), o número de focos unitários por 1000 plantas (NF1M); a porcentagem de focos unitários (%FU); o número médio de plantas por foco (NMPF); o índice médio de forma de focos (IFF, onde $IFF = [\sum (If_i / Ic_i)] / NF$) e o índice médio de compactação de focos (ICF, onde $ICF = [\sum (NPF_i / Ic_i * If_i)] / NF$). Valores de IFF iguais a 1,0 indicam focos isodiamétricos, valores maiores que 1,0 indicam focos com maior comprimento na direção entre as linhas de plantio, e valores menores que 1,0 indicam focos com maior comprimento na direção da linha de plantio. Valores de ICF próximos a 1,0 indicam focos mais compactos, isto é, maior agregação e proximidade entre todas as plantas pertencentes ao foco (Nelson, 1996). A fim de diminuir a influência dos focos unitários no cálculo destes dois últimos índices, optou-se por calcular também o índice médio de forma de focos não unitários (IFFNU) e o índice médio de compactação de focos não unitários (ICFNU). Todas estas variáveis calculadas foram relacionadas com a incidência de plantas com sintomas de MSC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de focos e tamanho dos focos

As curvas do número de focos por 1.000 plantas (NFM) (Figura 1a) e do número de focos unitários por 1.000 plantas (NF1M) (Figura 1B) apresentaram padrões semelhantes, porém os picos foram diferentes. Para o NFM a inversão da curva ocorreu com incidência de 18% e com um número estimado de 64 focos/1.000 plantas, enquanto que para o NF1M, ocorreu com incidência de 13% e com um número estimado de 34 focos unitários/1.000 plantas. Ao mesmo tempo em que se formaram novos focos, ocorreu, em menor proporção, um aumento do número de plantas no foco. O fato de a inclinação inicial da curva de NFM ser similar à de NF1M indica que, em geral, o início das epidemias de MSC se dá por meio de plantas isoladas. Nos casos com até 2% de plantas

com sintomas, 85% dos focos eram constituídos por uma única planta e, nos casos com até 10% de incidência mais de 65% dos focos eram unitários (Figura 1C). O início de epidemias de CVC, transmitida por diversas espécies de cigarrinhas, também ocorreu quase que exclusivamente por plantas isoladas (Laranjeira *et al.*, 1998a; Nelson, 1996). No caso da CVC, a inversão das curvas de NFM e NF1M em função da incidência ocorreu com 20 a 30% de plantas doentes e 10% de plantas doentes, respectivamente, portanto, depois do observado para MSC. Adicionalmente, quando a incidência de CVC foi de 10%, cerca de 60% dos focos eram unitários (Laranjeira *et al.*, 1998a), valor abaixo do encontrado para MSC. Isto sugere que a agregação de plantas com MSC é menor que a de plantas com CVC no início da epidemia, provavelmente pela maior distribuição aleatória dos possíveis vetores do agente causal da MSC quando chegam no talhão.

Antes de atingir o pico de NFM ainda não se pode detectar a coalescência de focos, portanto, o aumento mais acentuado no NFM sugere que as plantas isoladas estão servindo como fonte de inóculo para as plantas sadias adjacentes. A relação inversa entre a porcentagem de focos unitários e a porcentagem de plantas doentes (Figura 1C) é outra evidência da transmissão planta a planta do possível agente causal da MSC. Estes dados corroboram os resultados obtidos por Bassanezi *et al.* (2003), que, pela análise de seqüências ordinárias, detectaram agregação entre plantas com sintomas de MSC nas linhas e entre linhas. Esta agregação foi mais pronunciada para maiores incidências e nas linhas de plantio de pomares com plantas mais velhas, cujas copas estavam se tocando. Como é típico em doenças de causa biótica, as plantas com sintomas de MSC influenciam a condição das plantas imediatamente adjacentes.

O NMPF aumentou com o aumento da incidência de plantas com sintomas de MSC (Figura 1D). Este fato é mais uma evidência da maior proximidade de plantas com sintomas de MSC à medida que o número de plantas com sintomas aumenta e reforça os resultados obtidos por Bassanezi *et al.* (2003). Estes autores, pela análise dos valores dos índices de dispersão beta-binomial (D) e de correlação intra-classes (k) e dos parâmetros da forma binária da lei de Taylor (a e b), identificaram agregação crescente de plantas com sintomas de MSC à medida que a incidência foi aumentando. Entretanto, o NMPF de MSC foi relativamente baixo. Até 10%, 20% e 30% de incidência, o NMPF foi inferior a duas, a quatro e a sete plantas, respectivamente, indicando que os focos com poucas plantas predominaram nos talhões com MSC. Em 88% dos casos, os focos apresentaram tamanho médio inferior a dez plantas, sendo que 7% tiveram tamanhos entre 11 e 100 plantas e 5% dos focos possuíam mais de 100 plantas. Grandes focos, com média acima de dez plantas, só foram observados em incidências superiores a 40% (Figura 1D). A predominância de focos unitários ou com poucas plantas em incidências relativamente elevadas (acima de 10%), principalmente no caso de hospedeiros perenes, é comum para doenças de causa biótica cuja disseminação do agente causal ocorre por vetores (Gottwald *et al.*, 1989; van de Lande, 1993; Gottwald *et al.*,

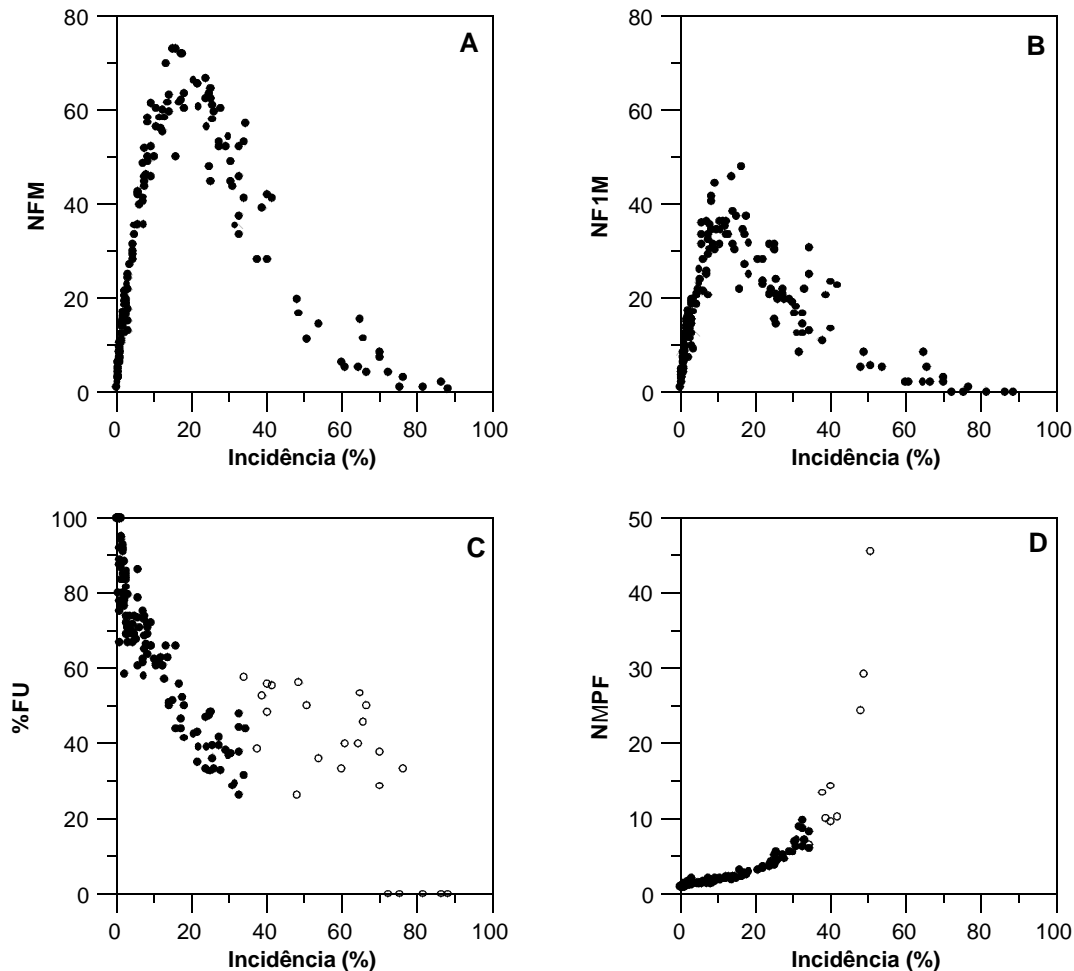


FIG. 1 - Dinâmica de focos da morte súbita dos citros (*Citrus* spp.). Número de focos por 1.000 plantas - NFM (A); número de focos unitários por 1.000 plantas - NF1M (B); porcentagem de focos unitários - %FU (C) e número médio de plantas por foco - NMPF (D) em função da incidência (%) de plantas com sintomas da doença. Em (C) e (D), os círculos cheios representam as áreas com até 35% de plantas com sintomas e os círculos vazios as áreas acima de 35% de plantas com sintomas.

1995; Nelson, 1996; Gottwald *et al.*, 1996; Laranjeira, 1997; Gottwald *et al.*, 1998; Laranjeira *et al.*, 1998a; Laranjeira *et al.*, 1998b). A relação positiva entre a agregação e a incidência de plantas sintomáticas é consistente com comportamento hipotético de um vetor infetivo que introduz a doença no talhão vindo de uma fonte externa. O vetor ao chegar no talhão se distribui aleatoriamente entre as plantas, que inicialmente apresentam um padrão espacial de plantas sintomáticas tipicamente ao acaso. À medida que o vetor se movimenta dentro do talhão, principalmente entre plantas vizinhas ou próximas, aumenta a agregação das plantas sintomáticas (maior NMPF).

Formato e compacidade dos focos

Neste tipo de análise, a interpretação da forma e compacidade dos focos deve ser cuidadosa, principalmente nos talhões com incidência relativamente elevada. A partir de determinada incidência, a forma do talhão avaliado começa a interferir nos resultados do IFF e do ICF. Normalmente,

quando a incidência de plantas doentes é relativamente alta, neste caso maior que 35%, é comum que um foco ocupe todas as linhas ou plantas de uma linha do talhão e que o seu crescimento só ocorra em uma única direção por falta de mais linhas ou plantas. Este tipo de interferência devido à forma do talhão avaliado já havia sido observado na análise de talhões com CVC (Laranjeira *et al.*, 1998a). Nesse trabalho, os talhões avaliados apresentavam um número de linhas maior que o número de plantas na linha. Até a incidência de 40% de CVC, os focos foram considerados isodiamétricos. A partir de então, o IFF aumentou, o que sugere crescimento maior do número de linhas ocupadas pelo foco em detrimento do crescimento do foco no número de plantas na mesma linha. Com relação aos talhões de MSC, de maneira contrária, estes apresentavam o número de plantas por linha maior que o número de linhas. A partir de 35% de incidência, o IFF tendeu a diminuir, em oposição ao observado para a CVC (Figura 2A). Esta interferência também foi observada quanto ao ICF, que em talhões com incidência 30% apresentou clara tendência de

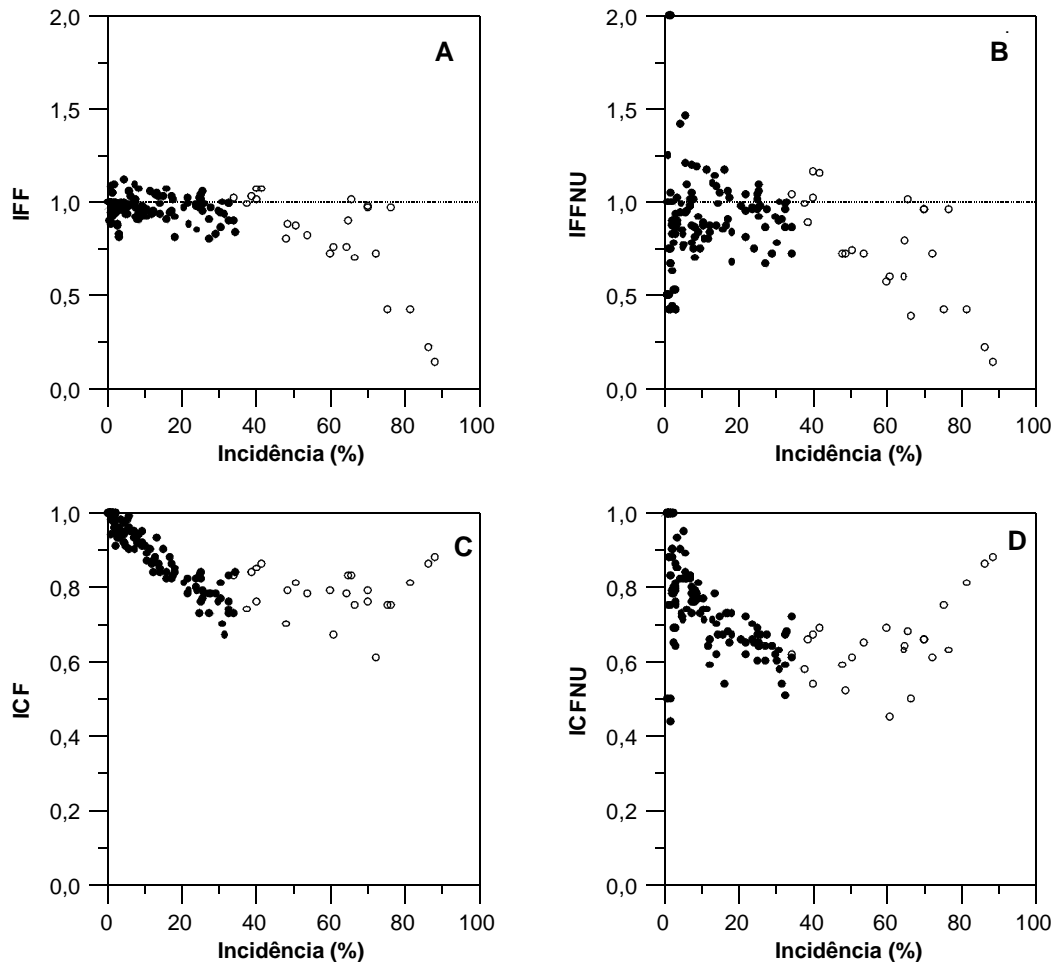


FIG. 2 - Estrutura de focos da morte súbita dos citros (*Citrus* spp.). Índice médio de forma de focos - IFF (A); índice médio de forma de focos não unitários - IFFNU (B); índice médio de compactação de focos - ICF (C) e índice médio de compactação de focos não unitários - ICFNU (D) em função da incidência (%) de plantas com sintomas da doença. Os círculos cheios representam as áreas com até 35% de plantas com sintomas e os círculos vazios as áreas acima de 35% de plantas com sintomas.

queda com o aumento da incidência, mas nos talhões com incidência acima de 30% foi bastante variável (Figura 2C). Certamente, nos dois casos, os resultados observados a partir destes valores de incidência acima de 35% são muito mais artefatos da forma dos talhões, que da disseminação natural do agente patogênico e do crescimento real dos focos. Portanto, para a interpretação dos resultados deste trabalho, foram considerados válidos os 142 mapas com até 35% de plantas com sintomas de MSC.

Nos talhões com incidência até 35%, IFF foi menor, igual e maior que um, respectivamente, em 61,3%, 20,4% e 18,3% dos casos (Figura 2A). Quando os focos unitários foram eliminados no cálculo do IFFNU, 71,5%, 4,9% e 26,6% dos casos tiveram o IFFNU menores, iguais e maiores que um, respectivamente (Figura 2B). Nos casos em que predominam focos de uma única planta (IFF = 1), como no caso da MSC, há tendência dos valores do IFF serem próximos a 1,0 e com menor variação (média = 0,97, desvio padrão da média = 0,06). Portanto, o cálculo do IFFNU permite melhor visualização da

forma dos demais focos e interpretação do modo de disseminação da doença entre plantas (média = 0,90, desvio padrão da média = 0,26). Assim como obtido por Bassanezi *et al.* (2003), os focos de MSC tiveram maior número de plantas sintomáticas na direção da linha de plantio do que entre as linhas, tendo uma forma elíptica e não isodiamétrica, como observado para a CVC (Nelson, 1996; Laranjeira *et al.*, 1998a). Esta estrutura sugere um aumento no comprimento dos focos (número de plantas na mesma linha de plantio), em detrimento da largura (número de linhas). A maior proximidade entre as plantas dispostas na mesma linha de plantio em relação à distância entre as linhas facilitaria a disseminação de um provável patógeno nesta direção.

No tocante a compactação dos focos, houve diminuição no ICF e no ICFNU com o aumento na incidência (Figuras 2C e 2D). A compactação dos focos não unitários foi menor (média = 0,76, desvio padrão da média = 0,13) do que quando se consideraram também os focos unitários, que na média resultaram em ICF próximo a 1,0 (média = 0,91, desvio padrão

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Reginaldo E. Ferreira, Lucas F. de O. Rocha e Valdeci F. da Costa, pelo auxílio na obtenção dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

da média = 0,09). Focos mais compactos possuem valores de ICF próximos a 1,0 e os menos compactos, valores menores (Nelson, 1996). Deste modo, a diminuição no ICF e, principalmente, no ICFNU indica que os focos maiores tendem a ser menos compactos que os menores, sugerindo que a disseminação da doença não ocorre necessariamente de forma contínua e homogênea ao redor de uma primeira planta afetada, isto é, da planta afetada para plantas imediatamente adjacentes. Esta estrutura de focos também foi observada para a CVC (Laranjeira *et al.*, 1998a). A disseminação de patógenos por vetores que se movimentam pelo ar normalmente ocorre de maneira não homogênea a partir de uma planta doente, o que acarreta em focos menos compactos (Gottwald *et al.*, 1999).

A ADEF da MSC permite conhecer o modo como a doença se desenvolve no espaço e inferir sobre seu modo de disseminação e, conseqüentemente, sobre a sua etiologia. As doenças de causa biótica, especialmente quando o hospedeiro é perene, exibem padrões definidos de aparecimento e de crescimento de focos (Gottwald *et al.*, 1993; Gottwald *et al.*, 1996; Laranjeira, 1997). Pelos resultados obtidos, este parece ser o caso da MSC, o que sugere o envolvimento de processos bióticos na formação dos focos de plantas com sintomas de MSC. As epidemias de MSC se iniciam com focos unitários distribuídos de maneira aleatória no talhão. Posteriormente, o progresso da doença ocorre principalmente pelo aumento de novos focos unitários relativamente distantes dos focos iniciais, o que é indicado pelo aumento do número de focos, pelo número reduzido de plantas por foco e pela menor compactidade dos focos maiores. À medida que a incidência de plantas com sintomas aumenta, os focos acabam por coalescer. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, adicionado às informações de Bassanezi *et al.* (2003), a dinâmica e a estrutura de focos da MSC apresentam similaridades com doenças causadas por um agente biótico transmitido por vetor. De acordo com Bassanezi *et al.* (2003), o agente causal da MSC poderia ser um vírus e, provavelmente, é disseminado por afídeos de maneira similar ao observado para o CTV. Entretanto, esta hipótese só será confirmada com a identificação do agente causal da MSC e do seu vetor (Bassanezi *et al.*, 2003).

Os resultados obtidos pela ADEF neste trabalho complementam e corroboram os resultados obtidos por Bassanezi *et al.* (2003), que utilizaram outras técnicas de análise espacial de epidemias de MSC. Apesar da técnica de ADEF ser relativamente nova e não estar totalmente desenvolvida, ela foi adequada ao tratamento inicial do aspecto espacial de epidemias quantificadas pela incidência (Nelson, 1996). O estudo comparativo de doenças com modos de disseminação conhecidos e distintos na cultura dos citros, como por exemplo a CVC (Nelson, 1996; Laranjeira *et al.*, 1998a) e cancro cítrico (Bergamin Filho *et al.*, 2001), utilizando a ADEF, permitirá verificar se a dinâmica e estrutura de focos da MSC apresenta diferenças em relação às estas doenças e sugerir o envolvimento de processos ou vetores na sua disseminação.

AGOSTINI, J.P., GOTTWALD, T.R. & TIMMER, L.W. Temporal and spatial dynamics of postbloom fruit drop of citrus in Florida. *Phytopathology* 83:485-490. 1993.

BASSANEZI, R.B., BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L., GIMENES-FERNANDES, N., GOTTWALD, T.R. & BOVÉ, J.M. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. *Phytopathology* 93:502-512. 2003.

BASSANEZI, R.B., YAMAMOTO, P.T. & GIMENES-FERNANDES, N. Progresso dos sintomas de "morte súbita" em pomares de laranjeiras 'Valência' e 'Pera'. *Summa Phytopathologica* 28:23. 2002 (Resumo).

BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L., GOTTWALD, T.R. & LARANJEIRA, F.F. Spatial distribution of citrus canker in São Paulo – Brazil. Book of Abstracts, VIII Internacional Workshop on Plant Disease Epidemiology, Ouro Preto, Brazil. 2001. p.29.

FUNDECITRUS. Cresce a morte súbita. *Revista do Fundecitrus* 112:4-6. 2002.

FUNDECITRUS. MSC. *Revista do Fundecitrus* 118:8-9. 2003.

GIMENES-FERNANDES, N. & BASSANEZI, R.B. Doença de causa desconhecida afeta pomares cítricos no norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. *Summa Phytopathologica* 27:93. 2001. (Resumo).

GIMENES-FERNANDES, N., BASSANEZI, R.B., YAMAMOTO, P.T. & AYRES, A.J. Árvores de limoeiro 'Cravo' não mostram sintomas de "morte súbita" em área afetada. *Summa Phytopathologica* 28:72. 2002 (Resumo).

GOTTWALD, T.R., AUBERT, B. & ZHAO, X.Y. Preliminary analysis of citrus greening (Huanglungbin) epidemics in the People's Republic of China and French Reunion Island. *Phytopathology* 79:687-693. 1989.

GOTTWALD, T.R., GIDTTI, F.B., SANTOS, J.M. & CARVALHO, A.C. Preliminary spatial and temporal analysis of citrus variegated chlorosis (CVC) in São Paulo, Brazil. Proceedings, 12th I.O.C.V. Conference, Campinas, Brazil. 1993. pp.327-335.

GOTTWALD, T.R., AVINENT, L., LLÁCER, G., HERMOSO DE MENDOZA, A. & CAMBRA, M. Analysis in the spatial spread of sharka (plum pox virus) in apricot and peach orchards in eastern Spain. *Plant Disease* 79:266-278. 1995.

GOTTWALD, T.R., CAMBRA, M., MORENO, P., CAMARASA, E. & PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. *Phytopathology* 86:45-55. 1996.

GOTTWALD, T.R., GARNSEY, S.M., CAMBRA, M., MORENO, P., IREY, M. & BORBON, J. Comparative effects of aphid vector species on increase and spread of citrus tristeza virus. *Fruits* 52:397-404. 1997.

GOTTWALD, T.R., GARNSEY, S.M. & BORBON, J. Increase and patterns of spread of citrus tristeza virus infections in Costa Rica and the Dominican Republic in the presence of the brown citrus aphid,

- Toxoptera citricida*. Phytopathology 88:621-636. 1998.
- GOTTWALD, T.R., GIBSON, G.J., GARNSEY, S.M. & IREY, M. Examination of the effect of aphid vector population composition on the spatial dynamics of citrus tristeza virus spread by stochastic modeling. Phytopathology 89:603-608. 1999.
- HAU, B. & KRANZ, J. Mathematics and statistics for analysis in epidemiology. In: Kranz, J. (Ed.) Epidemics of plant diseases: mathematical analysis and modeling. Berlin. Springer-Verlag. 1990. pp.12-52.
- INFORMATIVO CENTRO DE CITRICULTURA. Nova doença já causa prejuízos a pomares de SP e MG. Informativo Centro de Citricultura 76:1-4. 2001.
- KIMATI, H. & GALLI, F. Doenças dos citros. In: Galli, F. (Coord.) Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas v.2. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres. 1980. pp.213-235.
- LARANJEIRA, F.F. Dinâmica Espacial e Temporal da Clorose Variiegada dos Citros. (Dissertação de Mestrado). Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1997.
- LARANJEIRA, F.F., BERGAMIN FILHO, A. & AMORIM, L. Dinâmica e estrutura de focos da clorose variegada dos citros (CVC). Fitopatologia Brasileira 23:36-41. 1998a.
- LARANJEIRA, F.F., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., BERGER, R.D. & HAU, B. Análise espacial do Amarelecimento Fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. Fitopatologia Brasileira 23:397-403. 1998b.
- LIBANORE, A.C., MASSARI, C.A., BASSANEZI, R.B., YAMAMOTO, P.T., GIMENES-FERNANDES, N. & AYRES, A.J. Levantamento da ocorrência da "morte súbita dos citros" no Estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. Summa Phytopathologica 28:72-73. 2002 (Resumo).
- NELSON, S.C. A simple analysis of disease foci. Phytopathology 86:332-339. 1996.
- NUNES, W.M.C., MACHADO, M.A., CORAZZA-NUNES, M.J. & FURTADO, E.F. Dinâmica espacial de foco da clorose variegada dos citros (CVC) avaliada por meio da sintomatologia e serologia. Acta Scientiarum 23:1215-1219. 2001.
- VAN DE LANDE, H.L. Spatio-temporal analysis of spear rot and 'marchitez sorpresiva' in African oil palm in Surinam. Netherlands Journal of Plant Pathology 99:129-138. 1993.
- WAGGONER, P.E. & AYLOR, D.E. Epidemiology: a science of patterns. Annual Review of Phytopathology 38:71-94. 2000.