

**Efeito das Condições
Edafoclimáticas na Ocorrência
da Resinose do Cajueiro**



ISSN 1679-6543

Setembro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 100

Efeito das Condições Edafoclimáticas na Ocorrência da Resinose do Cajueiro

Edson Souza Alves

José Emilson Cardoso

Joilson Silva Lima

Luís Gustavo Chaves da Silva

Embrapa Agroindústria Tropical

Fortaleza, CE

2015

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: *Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*

Secretária-executiva: *Celli Rodrigues Muniz*

Membros: *Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra, Luiz Augusto
Lopes Serrano, Marlon Vagner Valentim Martins,
Guilherme Julião Zocolo, Rita de Cássia Costa Cid,
Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial: *Marcos Antônio Nakayama*

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*

Normalização: *Rita de Cássia Costa Cid*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

Foto da capa: *José Emilson Cardoso*

1ª edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Efeito das condições edafoclimáticas na ocorrência da resinose do cajueiro / Edson Souza Alves ... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015.

28 p. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 100).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Anacardium occidentale* L. 2. *Lasiodiplodia theobromae*. 3. Patossistema.
4. Amplitude térmica. 5. Resinose. I. Alves, Edson Souza. II. Cardoso, José Emilson. III. Lima, Joilson Silva. IV. Silva, Luís Gustavo Chaves da. V. Série.

CDD 634.573

© Embrapa 2015

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	26
Agradecimentos	26
Referências	27

Efeito das Condições Edafoclimáticas na Ocorrência da Resinose do Cajueiro

Edson Souza Alves¹

José Emilson Cardoso²

Joilson Silva Lima³

Luís Gustavo Chaves da Silva⁴

Resumo

A resinose do cajueiro causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* é a principal doença no semiárido nordestino e caracteriza-se pelo declínio das plantas e redução do estande. O conhecimento das condições de ambiente que possam ser associados a processos infecciosos poderá contribuir para elucidar a interação patógeno-hospedeiro. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo estabelecer associações de fatores edafoclimáticos a diferentes zonas de ocorrência para o patossistema da resinose do cajueiro. Foram comparados dados climáticos como precipitação pluviométrica, temperatura máxima, temperatura mínima, amplitude térmica e também características de solo, clima e altitude de 13 municípios nordestinos classificadas em quatro faixas de ocorrência da resinose: 0 (sem ocorrência), 1 (ocorrência rara), 2 (ocorrência frequente) e 3 (ocorrência generaliza). Para tanto, utilizou-se do teste de Mann-Whitney, além de correlações, sendo admitidos 5% de nível de significância. Temperatura máxima, temperatura mínima, amplitude

¹ Biólogo, M.Sc. em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

² Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

³ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, doutorando na Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

⁴ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, professor da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Redenção, CE.

térmica, altitude, além de profundidade e drenagem do solo foram fatores associados às diferentes áreas de ocorrência da resinose.

Termos para indexação: *Anacardium occidentale*, *Lasiodiplodia theobromae*, patossistema, amplitude térmica.

Effect of Soil and Climatic Conditions in Occurrence of Cashew Resinose

Abstract

The cashew gummosis, caused by Lasiodiplodia theobromae, is recognized as the most important disease of cashew plant in semi-arid northeast Brazil, which may bring about the complete decline of orchards within few years. The knowledge of environmental conditions associated with gummosis occurrence will surely contribute to the understanding of host-pathogen interaction. Based on that, this work aimed to establish the relationship among the environmental factors in regions characterized by different levels of gummosis occurrence. Data of rainfall, maximum and minimum temperature, temperature range, soil, and altitude of 13 townships characterized by four different levels of gummosis occurrence (0 = no report, 1 = rare, 2 = frequent, 3 = always present) were used in this study. The Mann-Whitney test was used in addition to correlation analyses, admitting 5% significance level. Maximum, minimum, temperature range, altitude, and soil depth and drainage were associated with high gummosis incidence.

Index terms: Anacardium occidentale, Lasiodiplodia theobromae, environmental conditions, temperature range, gummosis.

Introdução

A resinose, causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* (família Botryosphaeriaceae), é apontada como a principal doença do cajueiro no semiárido nordestino. A doença é caracterizada pelo intumescimento dos tecidos do tronco e dos ramos lenhosos que, eventualmente, racham e exsudam goma característica, assumindo aspecto de cancro escuro. A disseminação da doença não é bem compreendida, apesar de o fungo ter sido isolado de sementes e propágulos vegetativos, sugerindo que os materiais de propagação de plantas podem atuar como fonte primária de inóculo (CARDOSO et al., 1998, 2009; FREIRE et al., 2002). No entanto, a hipótese de transmissão do patógeno por mudas assintomáticas se mostra como a principal forma de disseminação já que foi comprovada a sobrevivência endofítica de *L. theobromae* em tecidos da planta (CARDOSO et al., 2009).

Estudos apontam que o fungo *L. theobromae* tem grande variabilidade cultural, morfológica e patogênica entre isolados provenientes de diferentes regiões geográficas, caracterizando uma elevada diversidade genética (CEDENŐ et al., 1995; CILLIERS, 1993). Espécies da família Botryosphaeriaceae são encontradas associadas a diversos substratos na natureza, sendo predominantes em árvores e madeiras como patógenos oportunistas, de baixa agressividade e caracterizados por uma fase endofítica (CEDENŐ et al., 1995; CILLIERS, 1993; CARDOSO et al., 2009; MOHALI et al., 2005; MULLEN et al., 1991; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007; SMITH et al., 1996). O processo infeccioso é induzido por fatores de estresse na planta hospedeira e não pela ação direta do fungo (CIPRIANO et al., 2014).

Recentemente, foram encontradas diferenças nas atividades enzimáticas entre clones de cajueiro resistentes e susceptíveis à resinose, sugerindo que proteínas associadas a estresses predisponham as plantas à infecção por *L. theobromae* (GONDIM, 2010).

No semiárido nordestino, o estresse hídrico é um fenômeno recorrente, afetando a produção, processos bioquímicos e fisiológicos da planta.

Essas alterações podem proporcionar a predisposição ou vulnerabilidade da planta ao ataque de patógenos menos especializados como *L. theobromae*. Por outro lado, solo e clima exercem influência direta sobre o metabolismo da planta, podendo inclusive ser utilizados como indicadores de interações positivas ou negativas de processos infecciosos.

Nesse enfoque, este trabalho teve como objetivo identificar associações de fatores edafoclimáticos a diferentes zonas de ocorrência da resinose do cajueiro, visando elucidar as interações relacionadas ao patossistema em questão. Essas informações deverão contribuir tanto no zoneamento agroecológico dos pomares de cajueiro, como na recomendação de clones para determinadas regiões de acordo com as suas reações à resinose.

Material e Métodos

Foram analisadas as variáveis edafoclimáticas em 13 municípios (Tabela 1) produtores, distribuídos nos estados do Ceará e Piauí de acordo com a ocorrência da resinose no cajueiro. Dois grupos distintos de variáveis foram formados, um de natureza quantitativa (Tabela 1) e outro qualitativa (Tabela 2), ambos relacionados com a ocorrência da doença. Com base em observações realizadas pelos autores nos últimos anos, os municípios foram divididos em quatro zonas de ocorrência da resinose: 0 (sem ocorrência), 1 (ocorrência rara, < 10% dos pomares), 2 (ocorrência frequente, de 10% a 25% dos pomares) e 3 (ocorrência generalizada, > 25% dos pomares). Para processo de escolha dos locais a serem analisados, levaram-se em consideração as regiões produtoras de caju com ou sem ocorrência da resinose, além da distribuição das estações meteorológicas.

A comparação dos parâmetros das zonas de ocorrência da resinose foi feita por meio de teste de hipótese. Como os dados observados não seguiram uma distribuição normal, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, e por se tratar de análise de um grupo quantitativo (variáveis

climáticas) associado a outro qualitativo (ocorrência da resinose), o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado. Esse teste é frequentemente aplicado para amostras independentes, sendo a hipótese de nulidade quando a distribuição a partir de ambos os grupos é a mesma.

As análises foram realizadas com auxílio do software computacional R, versão 2.14.2, desenvolvido pela Universidade Auckland, admitindo o nível de 10% de significância.

Tabela 1. Relação dos municípios com as respectivas altitudes (ALT) (m), latitude sul (LAT), longitude oeste (LONG), médias anuais de precipitação pluviométrica (PP) (mm), temperatura máxima (TX) (°C), temperatura mínima (TM) (°C), amplitude térmica (AT) (°C) e ocorrência da resinose (RES) do período de 2006 a 2011.

Município ⁽¹⁾	ALT	LAT	LONG	PP	TX	TM	AT	RES ⁽²⁾
Acaraú, CE (5)	13	2°54'	40°60'	1.260	29,6	23,8	6,0	0
Alto Santo, CE (5)	160	5°33'	38°04'	537	31,8	22,2	9,6	2
Barbalha, CE (2)	410	7°19'	39°18'	1.190	31,5	20,5	11,7	1
Beberibe, CE (6)	12	4°12'	38°09'	992	28,5	21,4	7,1	0
Crato, CE (3)	426	7°15'	39°27'	1.188	26,5	17,0	9,8	1
Jaguaruana, CE (3)	20	4°50'	37°48'	736	30,3	22,4	7,9	0
Mauriti, CE (3)	524	7°18'	38°42'	674	32,1	21,1	10,9	2
Missão Velha, CE (3)	361	7°15'	39°08'	1.071	30,7	21,2	9,5	1
Pacajus, CE (9)	74	4°10'	38°03'	984	28,8	22,2	6,6	1
Pio IX, PI (9)	700	6°32'	40°48'	754	31,7	20,1	11,8	3
São José do Piauí, PI (5)	400	6°52'	41°28'	752	33,1	21,9	11,2	2
São Raimundo Nonato, PI (6)	353	9°00'	42°42'	1.016	32,6	20,6	13,1	3
Tabuleiro do Norte, CE (2)	145	5°18'	37°58'	869	33,1	22,2	11,0	1

⁽¹⁾ Número entre parênteses indica a quantidade de pomares observados em cada município.

⁽²⁾ Ocorrência da resinose baseada na escala de notas: 0 = sem ocorrência, 1 = ocorrência rara, 2 = ocorrência frequente e 3 = ocorrência generalizada.

Tabela 2. Relação dos municípios avaliados e suas características de solo, clima (Classificação de Köppen), altitude e ocorrência da resinose do cajueiro.

Município	Estado	Solo ⁽¹⁾	Clima ⁽²⁾	RES ⁽³⁾
1. Acaraú	CE	5	Aw	0
2. Alto Santo	CE	7	As	2
3. Barbalha	CE	17	Aw	1
4. Beberibe	CE	10	As	0
5. Crato	CE	17	Aw	1
6. Jaguaruana	CE	6	As	0
7. Mauriti	CE	17	Aw	2
8. Missão Velha	CE	17	Aw	1
9. Pacajus	CE	5	As	1
10. Pio IX	PI	11	Aw	3
11. São José do Piauí	PI	11	Aw	2
12. São Raimundo Nonato	PI	17	BSh	3
13. Tabuleiro do Norte	CE	7	As	1

⁽¹⁾ Classificação de solo de acordo com a Embrapa Solos UEP Recife (2006), caracterizada como: 5 = Podzólico vermelho-amarelo, 6 = solos aluviais, 7 = Cambissolos, 10 = areias quartzosas distróficas, 11 = Latossolo amarelo e 17 = Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico.

⁽²⁾ Classificação do clima: Aw = clima tropical com chuvas de verão, As = clima tropical com chuvas de inverno e BSh = clima de estepes com precipitação anual média compreendida entre 380 mm e 760 mm e temperatura média anual acima de 18 °C.

⁽³⁾ Ocorrência da resinose baseada na escala: 0 = sem ocorrência, 1 = ocorrência rara, 2 = ocorrência frequente e 3 = ocorrência generalizada.

As áreas de severidade da doença foram correlacionadas (correlação de Spearman), admitindo o nível de 5% de significância, com os dados climáticos de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, amplitude térmica, solo, altitude e clima, utilizando o programa estatístico Minitab, versão 15, desenvolvido pela Penn State University. O Minitab também foi utilizado para traçar mapas de contornos para algumas variáveis climáticas, assim como para a realização da análise de agrupamento das cidades a partir do método UPGMA e como referência à distância euclidiana, coeficiente de Pearson e o coeficiente de Jaccard. Para a formação dos grupos, todas as variáveis estudadas foram consideradas, exceto a severidade.

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica foram obtidos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Calculou-se a média mensal desses valores no período de 2006 a 2011. No entanto, nem todos os municípios analisados tinham estações meteorológicas, sendo necessária a utilização de dados das estações mais próximas. Para Alto Santo, CE, os dados de temperatura são da estação de Quixeré, CE. Para Pio IX, PI, foram utilizados os dados de Campos Sales, CE, para temperatura e de Parambu, CE, para precipitação. Já para São José do Piauí, PI, foram usados os dados climatológicos de Picos, PI, enquanto para São Raimundo Nonato, PI, os dados foram de Bom Jesus do Piauí, PI. Os valores de temperatura máxima e mínima para Pio IX, Barbalha e São Raimundo Nonato são referentes ao período de 1970 a 1990.

A determinação dos tipos de solos para os municípios foi de acordo com as coordenadas geográficas presentes na Tabela 1. Os solos dos municípios de Alto Santo, Mauriti, Pio IX e São José do Piauí estão nas áreas onde ocorre a doença. A classificação foi feita de acordo com a Embrapa Solos UEP Recife (2006), caracterizada como: 5 (Podzólico vermelho-amarelo), 6 (solo aluviais), 7 (Cambissolos), 10 (areias quartzosas distróficas), 11 (Latosolo amarelo) e 17 (Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico). As características gerais dos solos estão representadas na Tabela 3 (JACOMINE et al., 1973).

A classificação climática utilizada foi a de Köppen, determinada para cada região utilizando o programa computacional Google Earth (versão 6.2) juntamente com o aplicativo desenvolvido pelo Instituto de Veterinária da Universidade de Viena. As denominações Aw, As e BSh referem-se, respectivamente, a clima tropical com chuvas de verão, clima tropical com chuvas de inverno e clima de estepes com precipitação anual média compreendida entre 380 mm e 760 mm e temperatura média anual acima de 18 °C.

Os dados de altitudes referentes a Alto Santo, Mauriti, Pio IX e São José do Piauí foram obtidos nos locais de ocorrência da doença, enquanto, nos demais, os dados referem-se aos locais onde a estação meteorológica se encontra.

Tabela 3. Características gerais dos tipos de solo dos municípios analisados.

Tipo de solo	Características gerais		
	Acidez	Fertilidade	Profundidade
Podzólico vermelho-amarelo	Forte a moderadamente ácido	Baixa	Normalmente profundo
Solos aluviais	Moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos	Alta	Profundo
Cambissolos	Material heterogêneo	Baixa ou alta	Variável
Areias quartzosas distróficas	Forte a moderadamente ácidas	Baixa	Profundo
Latossolo	Forte a moderadamente ácido	Baixa	Profundo
Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico	Moderadamente ácido a ligeiramente alcalino	Média a alta	Normalmente profundo

Fonte: Jacomine et al. (1973).

Resultados e Discussão

Observações em campo

A região do litoral cearense, caracterizada como tabuleiros litorâneos, é onde se concentra boa parte da produção de caju do estado.

Em Acaraú, Pacajus e Beberibe, não se observa a ocorrência da resinose, com exceção de Pacajus, onde uma única vez essa doença foi registrada em uma planta isolada. Uma possível causa para essa ocorrência pode ter sido a presença de inóculo do fungo associada à alta susceptibilidade do hospedeiro.

A região da Chapada do Araripe, representada pelos municípios de Barbalha, Crato e Missão Velha, não é uma região tradicional na produção de caju, assim como Tabuleiro do Norte; entretanto, a ocorrência de *L. theobromae* em outras anacardiáceas na região é bastante comum, além de ocorrer no próprio cajueiro, ainda que raramente (LIMA, 2011). Já a região da Chapada do Apodi, onde a doença foi observada pela primeira vez, em Alto Santo por Freire et al. (2002), caracteriza-se pela observação frequente da resinose, porém é possível o convívio da cultura com a doença. Esse mesmo cenário é observado em Mauriti e São José do Piauí, ambas as regiões produtoras. Vale ressaltar que essas regiões não evoluíram para o estágio de ocorrência generalizada. Por fim, os municípios de Pio IX e São Raimundo Nonato são caracterizados pela ocorrência generalizada da doença e com o comprometimento dos pomares em poucos anos.

De acordo com o relatado, é possível identificar, no mapa (Figura 1), as regiões de ocorrência e não ocorrência da doença. A imagem retrata parte da região do Nordeste brasileiro conforme a classificação climática de Köppen. Analisando os municípios de não ocorrência da doença, com nota 0 (Tabela 2), Acaraú está em área classificada como *Aw* (clima tropical com chuvas de verão), Pacajus, Beberibe e Jaguaruana estão em *As* (clima tropical com chuvas de inverno). De modo geral, ao se observar a área classificada como *As*, percebe-se que a severidade da doença, no decorrer do tempo de observação, teve nota máxima 2 (Tabela 2). Vale salientar que outras variáveis, logo mais discutidas, têm que ser levadas em consideração.



Figura 1. Mapa aproximado das condições climáticas da região estudada.

Fonte: Aplicativo Google Earth 6.2 desenvolvido pela Universidade de Viena. Legenda das cores segundo a classificação climática de Köppen: Rosa escuro – As (clima tropical com chuvas de inverno). Rosa claro – Aw (clima tropical com chuvas de verão). Marrom – BSh (clima de estepes com precipitação anual média compreendida entre 380 mm e 760 mm e temperatura média anual acima de 18 °C).

Por outro lado, as duas regiões críticas para a doença, com nota 3 na escala de severidade (Tabela 2), encontram-se na zona *BSh* (São Raimundo Nonato) ou bem próxima a ela (Pío IX). Apesar de esta última não estar inserida em *BSh* e sim em *Aw*, pode-se considerar que Pío IX seja uma zona de transição em que uma área exerça influência sobre a outra, mesmo que indiretamente. A classificação *BSh* é para locais onde predomina clima de estepes com precipitação pluvial entre 360 mm e 760 mm; ou seja, nessas áreas as plantas são submetidas a condições de estresse, alterando sua fisiologia (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O fato de implantações de plantio comercial de cajueiro no Nordeste ocorrer primeiramente em regiões litorâneas (onde as plantas são, supostamente, menos vulneráveis à resinose) e posteriormente em regiões do interior do continente reforça a hipótese de que a doença seja mesmo influenciada por fatores ambientais (PAIVA et al., 2003).

Clima e resinose

Na Figura 2, são apresentados os dados climáticos, cedidos pela Funceme e INMET, dos municípios sem ocorrência da resinose (ocorrência 0).

Analizando a figura, percebe-se que, em Acaraú e Beberibe, regiões produtoras de caju e próximas ao litoral, a amplitude térmica durante o ano não supera 10 °C, e a média anual de precipitação pluvial ultrapassa os 900 mm. Um cenário semelhante para a amplitude térmica pode ser encontrado em Jaguaruana, porém a pluviosidade é inferior a 800 mm.

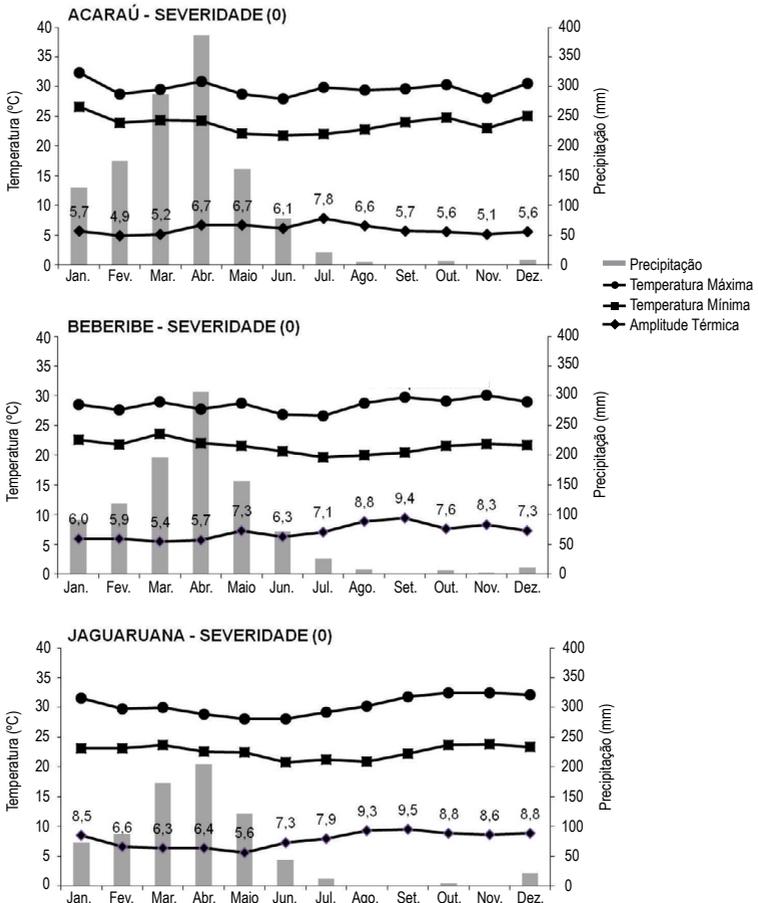


Figura 2. Média mensal dos dados climáticos de Acaraú, Beberibe, Jaguaruana.

Ao analisar as regiões com ocorrência rara de resinose (Figura 3), a amplitude térmica, a precipitação e a altitude de Pacajus são semelhantes àsquelas encontradas em Acaraú e Beberibe. Já os municípios de Barbalha, Crato e Tabuleiro do Norte apresentam, no segundo semestre do ano, amplitude térmica superior a 10 °C e precipitação, com exceção de Tabuleiro do Norte, superior a 1.000 mm. Em Missão Velha, somente o mês de setembro apresentou variação de temperatura maior que 10 °C, já a precipitação também supera os 1.000 mm.

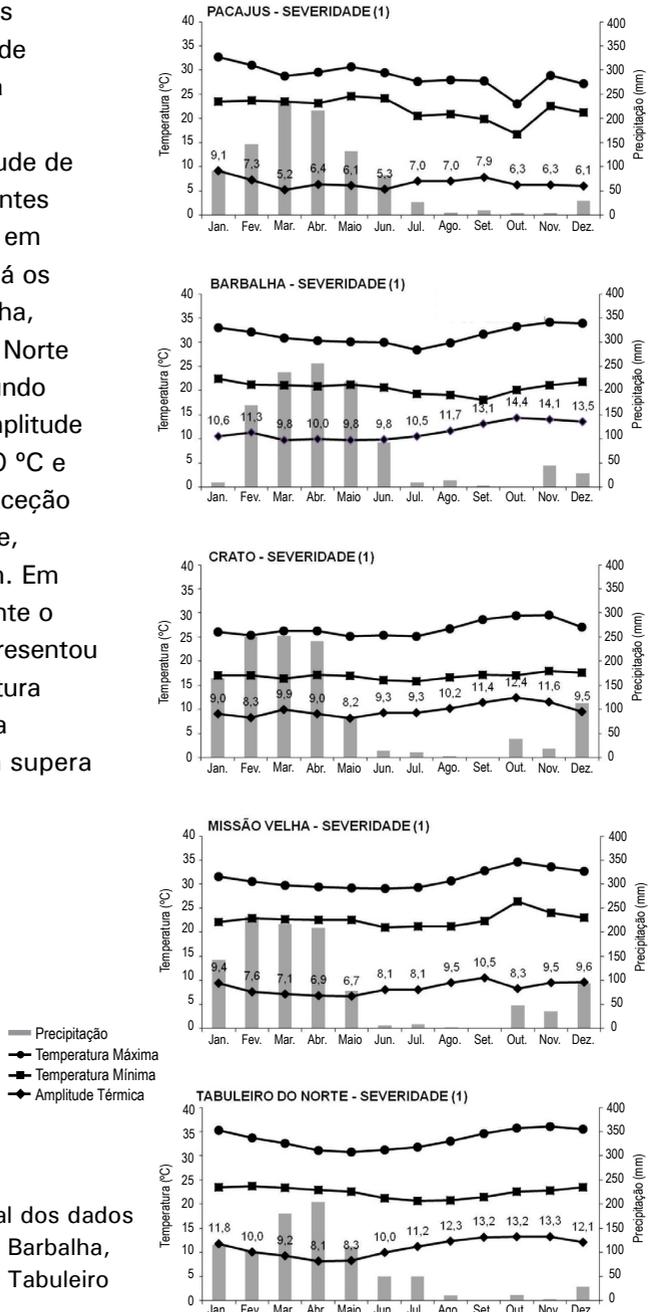


Figura 3. Média mensal dos dados climáticos de Pacajus, Barbalha, Crato, Missão Velha e Tabuleiro do Norte.

Os municípios de Alto Santo, Mauriti e São José do Piauí (Figura 4) apresentam amplitude que ultrapassa os 10 °C e precipitação abaixo dos 800 mm. Ao longo dos anos, a ocorrência da resinose do cajueiro nesses locais se estabilizou na nota 2, não evoluindo para um terceiro estágio caracterizado pela ocorrência generalizada e com elevado grau de severidade.

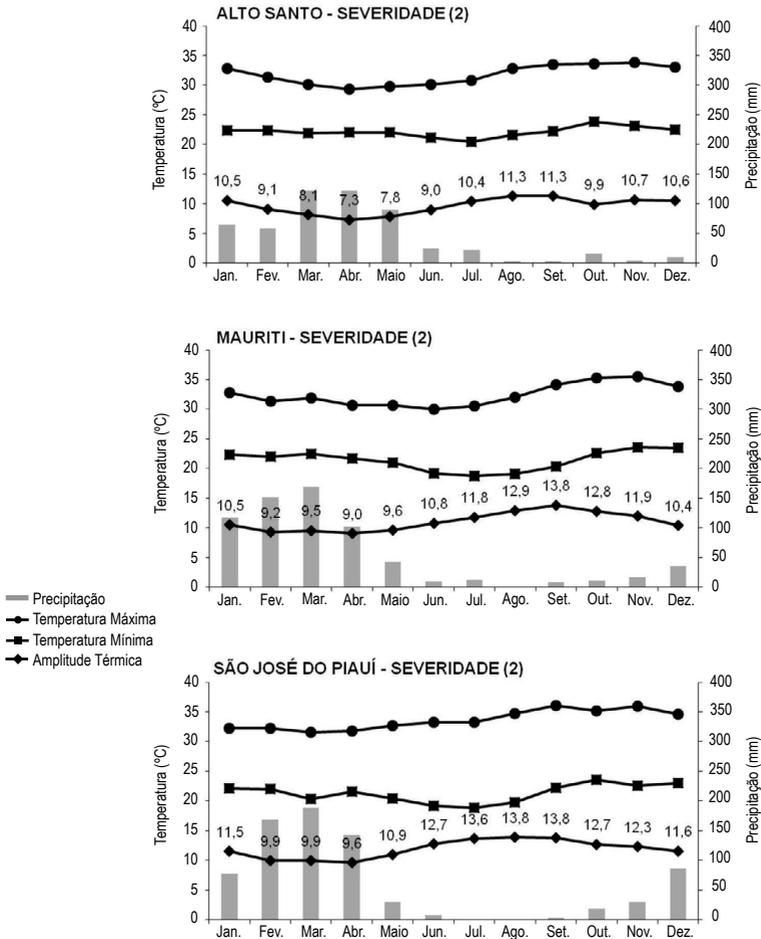


Figura 4. Média mensal dos dados climáticos de Alto Santo, Mauriti e São José do Piauí.

As regiões analisadas que apresentam o maior grau de ocorrência (nota 3) foram Pio IX e São Raimundo Nonato (Figura 5). Nesses lugares, percebe-se que a variação da temperatura durante todos os meses do ano é sempre superior a 10 °C, situação não encontrada nos outros locais analisados. No entanto, a precipitação é distinta para os dois municípios: em Pio IX é abaixo dos 800 mm e, em São Raimundo Nonato, é próxima de 1.000 mm.

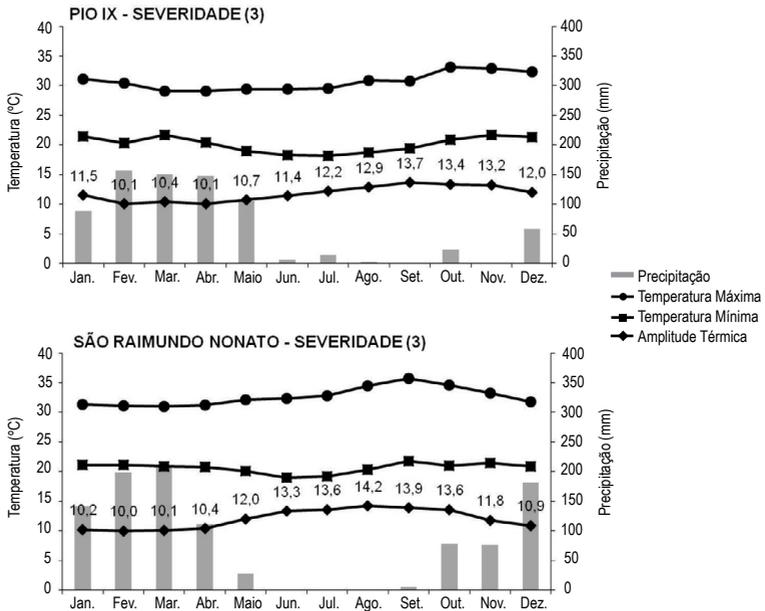


Figura 5. Média mensal dos dados climáticos de Pio IX e São Raimundo Nonato.

Análises estatísticas

De acordo com a série histórica das condições climáticas e os dados de severidade para os locais de estudo, foi possível estabelecer correlação de Spearman em nível de 5% de significância entre severidade e amplitude térmica ($r = 0,57$), entre severidade e altitude ($r = 0,59$) e entre severidade e solo ($r = 0,56$), consideradas de moderadas a forte (Tabela 4). No entanto, os valores de correlação entre a ocorrência e as outras variáveis estudadas foram considerados fracos.

Tabela 4. Valores das correlações entre a severidade da resinose e as variáveis edafoclimáticas analisadas.

Variáveis edafoclimáticas	Ocorrência da resinose
Amplitude térmica	0,57*
Altitude	0,59*
Solo	0,56*
Temperatura Máxima	0,36*
Temperatura Mínima	-0,24*
Precipitação pluviométrica	-0,02 ^{ns}
Clima	-0,10 ^{ns}

* Significativo ao nível de 5%.

^{ns} Não significativo ao nível de 5%.

Por outro lado, o teste de Mann-Whitney apontam que há diferenças ao nível de 1% e 10% de significância entre as quatro categorias de severidade da resinose em relação às variáveis climáticas analisadas (Tabela 5).

Tabela 5. Valor-*P* dos testes de Mann-Whitney para variáveis climáticas em relação às quatro categorias de ocorrência da resinose.

Variáveis climáticas	Categoria de ocorrência da resinose ⁽¹⁾				
	0	1	2	3	
Precipitação	0	-	0,1662	0,3061	0,3091
	1	-	-	0,0131*	0,0281*
	2	-	-	-	0,7677
Temperatura Mínima	0	-	> 0,0001**	0,0041**	> 0,0001**
	1	-	-	0,0652*	0,1632
	2	-	-	-	0,0003**
Temperatura Máxima	0	-	> 0,0001**	> 0,0001**	> 0,0001**
	1	-	-	0,0036**	0,2774
	2	-	-	-	0,3325
Amplitude Térmica	0	-	> 0,0001**	> 0,0001**	> 0,0001**
	1	-	-	0,0750*	> 0,0001**
	2	-	-	-	> 0,0001**

⁽¹⁾ Ocorrência da resinose baseada na escala de notas: 0 = sem ocorrência, 1 = ocorrência rara, 2 = ocorrência frequente e 3 = ocorrência generalizada.

* Significativo ao nível de 10%. ** Significativo ao nível de 1%.

Os dados apresentados na Tabela 5 sugerem que a precipitação não está diretamente relacionada à doença, sendo os outros fatores determinantes para sua expressão, fato também observado na correlação.

Apesar da baixa correlação entre a ocorrência da resinose e as temperaturas máxima e mínima (Tabela 4), o teste de Mann-Whitney (Tabela 5) mostra que os municípios sem ocorrência da resinose são significativamente diferentes dos demais, indicando que essas variáveis possam ser associadas à vulnerabilidade à infecção. Verifica-se também que, para a temperatura máxima, a nota 1 é diferente da 2, porém igual à da 3, indicando que essa variável não tem efeito na severidade da doença. Resultado similar é observado para a temperatura mínima.

A amplitude térmica foi diferente para todas as categorias de severidade (Tabela 5), podendo constituir uma importante variável para a predisposição à doença. Por isso, é possível utilizar a amplitude térmica como um dos principais componentes para a diferenciação de uma região. A correlação entre a amplitude térmica e a ocorrência da doença foi significativa, refletindo o resultado apresentado pelo teste de Mann-Whitney.

De acordo com as variáveis edafoclimáticas correlacionadas com a severidade da doença, verifica-se, a partir dos mapas de contorno (Figura 6), que é possível observar semelhança dos modelos de amplitude térmica, altitude e temperatura máxima com o da severidade. Para todos esses modelos, nota-se formação de “ilhas” geralmente entre as latitudes -4° a -6° e longitudes de -41° a -40° . Na região central dessas “ilhas” é onde se encontram os maiores valores das variáveis analisadas, aspecto esse observado de forma semelhante no intervalo de -7° a -9° de latitude. As regiões de menor severidade coincidiram com as que apresentaram menores amplitudes térmicas, altitudes e temperatura máxima.

Ainda na Figura 6, observa-se que o único mapa que está disforme das demais variáveis estudadas é o de solo, isso se deve ao fato de ele ser uma variável qualitativa e não quantitativa como as outras; entretanto, nota-se uma tendência de predominância do solo podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico para as regiões de maior severidade.

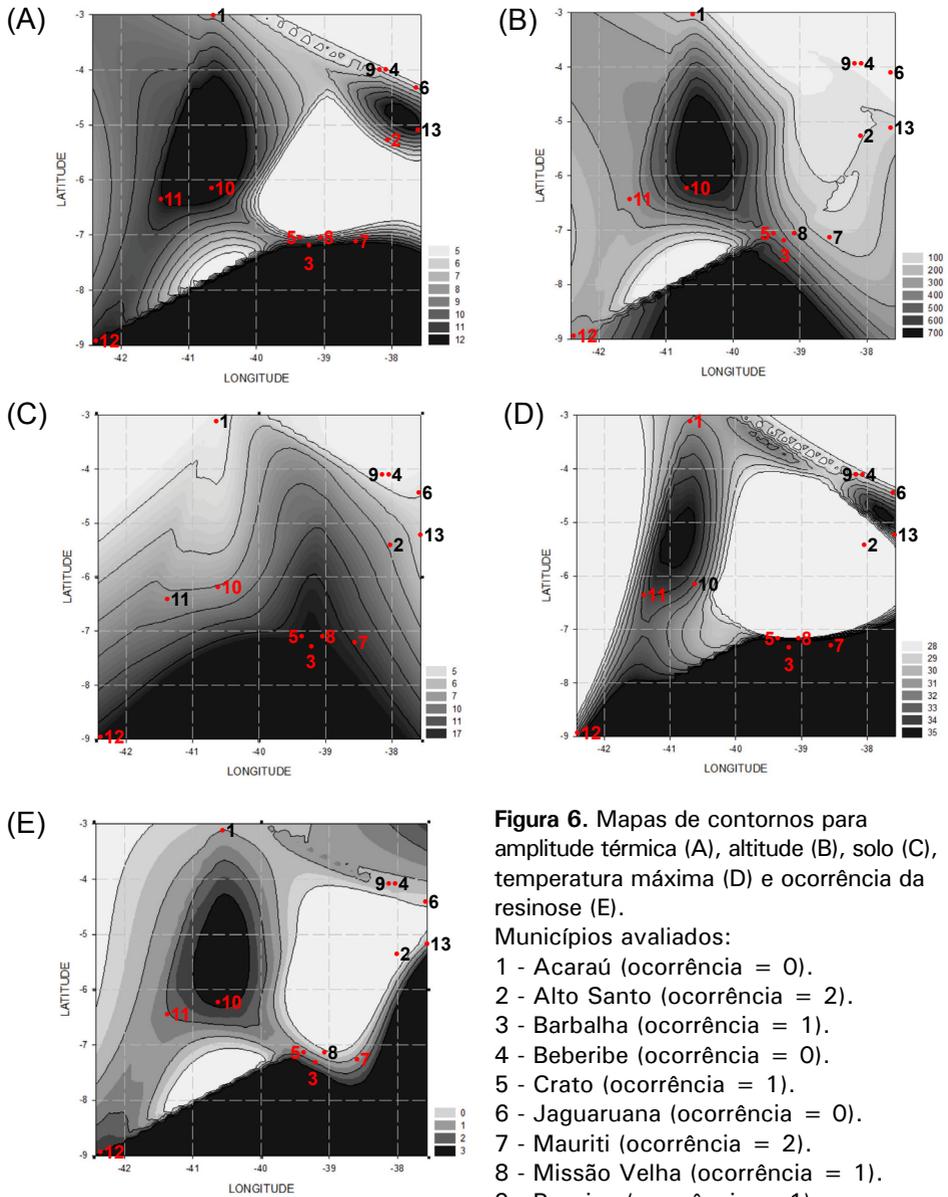


Figura 6. Mapas de contornos para amplitude térmica (A), altitude (B), solo (C), temperatura máxima (D) e ocorrência da resinose (E).

Municípios avaliados:

- 1 - Acaraú (ocorrência = 0).
- 2 - Alto Santo (ocorrência = 2).
- 3 - Barbalha (ocorrência = 1).
- 4 - Beberibe (ocorrência = 0).
- 5 - Crato (ocorrência = 1).
- 6 - Jaguaruana (ocorrência = 0).
- 7 - Mauriti (ocorrência = 2).
- 8 - Missão Velha (ocorrência = 1).
- 9 - Pacajus (ocorrência = 1).
- 10 - Pio IX (ocorrência = 3).
- 11 - São José do Piauí (ocorrência = 2).
- 12 - São Raimundo Nonato (ocorrência = 3).
- 13 - Tabuleiro do Norte (ocorrência = 1).

A distância euclidiana para as localidades avaliadas (Figura 7) permitiu a divisão em cinco grupos distintos, verificando-se uma tendência de agrupamento dos municípios relacionado com o grau de severidade de cada localidade. Os Grupos 1, 2 e 3 concentram notas mais altas de severidade, enquanto os grupos 4 e 5 englobaram as localidades com menor severidade. O grupo 5 obteve a menor média de severidade (Tabela 6), enquanto o grupo 1 é o que contém o maior valor de severidade (Tabela 6).

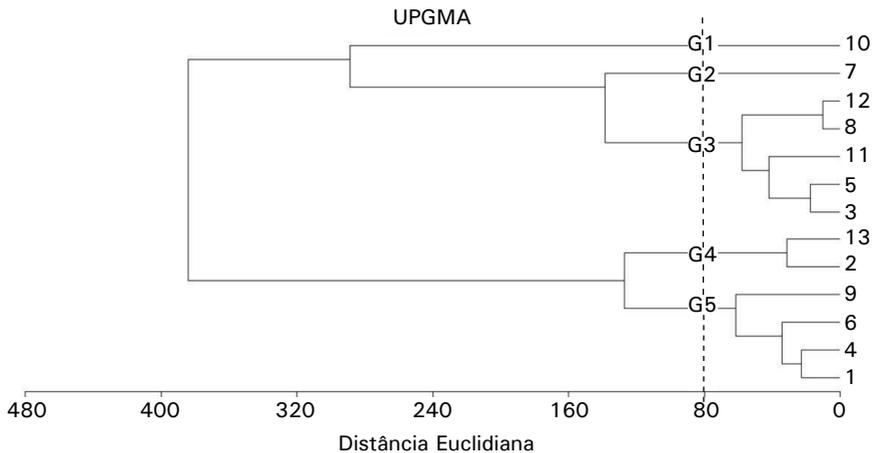


Figura 7. Dendrograma com a distância euclidiana para as localidades avaliadas considerando as variáveis edafoclimáticas, exceto a ocorrência da resinose. Municípios avaliados: 1 - Acaraú (ocorrência = 0); 2 - Alto Santo (ocorrência = 2); 3 - Barbalha (ocorrência = 1); 4 - Beberibe (ocorrência = 0); 5 - Crato (ocorrência = 1); 6 - Jaguaruana (ocorrência = 0); 7 - Mauriti (ocorrência = 2); 8 - Missão Velha (ocorrência = 1); 9 - Pacajus (ocorrência = 1); 10 - Pio IX (ocorrência = 3); 11 - São José do Piauí (ocorrência = 2); 12 - São Raimundo Nonato (ocorrência = 3) e 13 - Tabuleiro do Norte (ocorrência = 1).

A análise de agrupamento foi realizada também considerando a severidade como uma variável e resultou em um dendrograma idêntico ao obtido sem considerar a severidade, indicando que as variáveis escolhidas podem ser indicativas das condições favoráveis ou não à doença. Esses resultados apontam que essas variáveis climáticas podem descrever as epidemias de resinose de forma mais precisa, porém avaliações mais detalhada devem ser propostas. Outros dois dendogramas foram gerados levando em consideração o coeficiente de Jaccard e de Pearson: o primeiro

foi descartado por gerar um dendograma totalmente dependente da severidade, já o segundo não foi considerado por seu uso ser indicado para dados paramétricos, apesar de ter gerado um dendograma similar ao obtido pela distância euclidiana.

Tabela 6. Frequência para a nota de severidade por grupo de municípios⁽¹⁾.

Grupo ⁽²⁾	Nº de municípios por grupo	FN 0	FN 1	FN 2	FN 3	Média nas notas
1	1	0	0	0	1	3
2	1	0	0	1	0	2
3	5	0	3	1	1	1,6
4	2	0	1	1	0	1,5
5	4	3	1	0	0	0,25
Total	13	3	5	3	2	-

⁽¹⁾ FN: frequência para a nota de severidade.

⁽²⁾ Grupos: 1 – Pio IX, PI; 2 – Mauriti, CE; 3 – Barbalha, Crato, Missão Velha, CE, São José do Piauí e São Raimundo Nonato, PI; 4 – Alto Santo e Tabuleiro do Norte, CE; 5 – Acaraú, Beberibe, Jaguaruana e Pacajus, CE.

O resumo dos grupos gerados no dendograma (Figura 7) é apresentado na Tabela 6. O grupo 1 composto somente por Pio IX apresentou média de nota 3; o grupo 2, também formado por uma única localidade, Mauriti, teve como média de notas 2. O grupo 3 é bastante heterogêneo, apresentando cinco municípios com frequências de notas de 1 a 3 e tendo 1,6 como média. Já o grupo 4, formado por Tabuleiro do Norte e Alto Santo, teve 1,5 como média de notas, enquanto o grupo 5 é composto pelos municípios onde a doença não ocorre e Pacajus, onde foi verificada uma única vez.

Interessante notar que a Tabela 6 poderia ser gerada sem o uso da nota de severidade, indicando que esses fatores estão realmente relacionados com a doença. Conclui-se que, após maior refinamento, esses fatores podem ser usados no prognóstico da ocorrência da doença em determinadas regiões.

Os gráficos de superfície das principais variáveis edafoclimáticas com as funções representativas da resinose são apresentadas na Figura 8, visando oferecer uma melhor análise de cada variável. Uma clara evidência dos fatores altitude e amplitude térmica podem ser verificadas. À medida que a amplitude térmica vai aumentando, percebe-se um ligeiro aumento da severidade, mesmo em baixas altitudes. Observando as médias altitudes e as baixas amplitudes térmicas, a doença se apresenta em menor severidade quando comparada com as médias altitudes e as altas amplitudes térmicas. Nas altas altitudes, a doença se apresenta com a maior severidade, havendo pequena diminuição nas amplitudes térmicas medianas.

Entretanto, a influência da precipitação e da amplitude térmica na severidade possibilita encontrar associação clara entre essas variáveis. Em baixas e altas precipitações, a doença se apresenta de forma constante em baixas amplitudes térmicas. Nota-se uma pequena influência na severidade com o aumento da amplitude térmica. Quando esta aumenta, há maior incidência e severidade da doença; porém, a temperatura máxima tem pouco efeito sobre a severidade, ficando restrito ao intervalo de 27 °C a 30 °C. A partir de então, a temperatura máxima perde a influência sob a severidade.

No que diz respeito às variáveis de clima, não foi possível estabelecer correlação com a severidade da doença. Uma possível causa é o fato de que a classificação de Köppen é macroclimática. O mais recomendável para estudos posteriores seria o estabelecimento da classificação climática em uma escala menor, restrita ao local de cultivo do cajueiro. A classificação climática de Thornthwaite poderia ser uma ferramenta útil para um futuro zoneamento da resinose baseado em dados climáticos (OMETTO, 1981), assim como o fez Silva (2007) para o mal das folhas da seringueira. Para tanto, seria necessária a adição de outras informações aqui não trabalhadas, como radiação e pressão atmosférica, além do fato de todos esses dados serem de natureza quantitativa e não qualitativa.

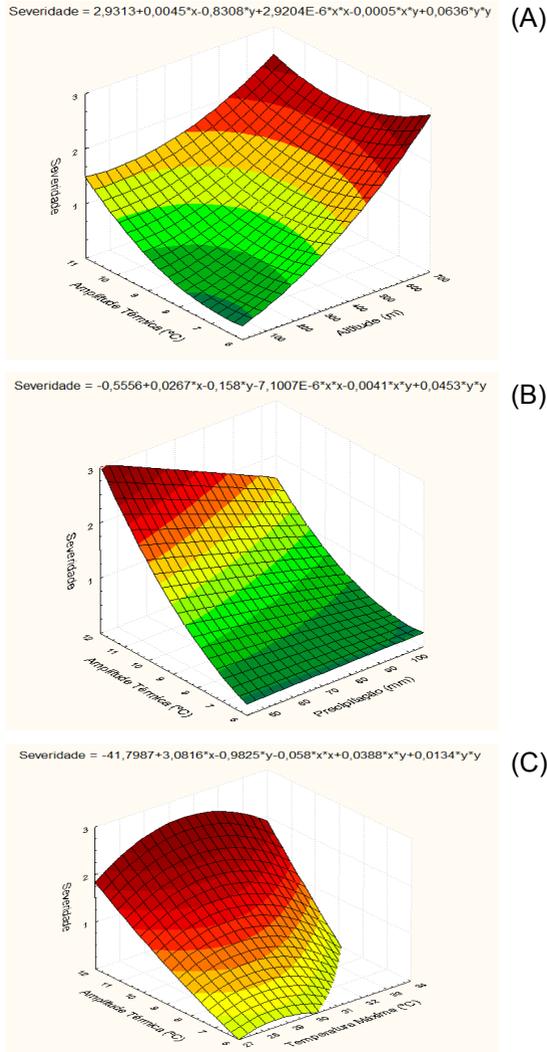


Figura 8. Gráficos de superfície das principais variáveis contínuas avaliadas: (A) influência da amplitude térmica e da altitude nos valores de ocorrência da resinose; (B) influência da amplitude térmica e da precipitação nos valores de ocorrência e (C) influência da amplitude térmica e da temperatura máxima nos valores de ocorrência. As equações dos modelos estão representadas por y como amplitude térmica e x para altitude, precipitação e temperatura máxima respectivamente para os gráficos A, B e C.

A ocorrência da resinose se correlacionou com os solos analisados; entretanto, são necessárias análises mais detalhadas dessa variável, já que a escala de caracterização dos solos usada neste trabalho foi muito abrangente. Como se pode observar, Acaraú, Beberibe e Jaguaruana são municípios que não apresentam a doença, mas possuem algumas características em comum, como solo de forte a moderadamente ácido, de baixa a alta fertilidade e forte a imperfeitamente drenado. Pacajus, apesar de ter nota de severidade diferente desses municípios, apresenta essas mesmas características. Por outro lado, municípios onde ocorre a doença apresentam solos profundos e bem a moderadamente drenados, indicando a baixa capacidade de retenção da água no solo, que pode ser associada ao estresse hídrico.

Conclusões

- Não há associação direta entre a pluviosidade e a resinose do cajueiro.
- A amplitude térmica e a altitude são fatores fundamentais na ocorrência da resinose do cajueiro.
- Solos profundos e bem drenados estão associados às zonas de ocorrência da doença.
- Municípios que apresentaram variáveis edafoclimáticas semelhantes também apresentaram semelhança na ocorrência da resinose do cajueiro.
- A classificação climática de Köppen não tem relação com as zonas de ocorrência da resinose do cajueiro.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pelo financiamento parcial do trabalho, à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela cessão de dados meteorológicos.

Referências

CARDOSO, J. E.; BEZERRA, M. A.; VIANA, F. M. P.; SOUSA, T. R. M.; CYSNE, A. Q.; FARIAS, F. C. Ocorrência endofítica de *Lasiodiplodia theobromae* em tecidos de cajueiro e sua transmissão por propágulos. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 4, p. 262-266, 2009.

CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O.; SÁ, F. T. Disseminação e controle da resinose em troncos de cajueiro decepados para substituição de copa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 48-50, 1998.

CEDENŐ, L.; CARRERO, C.; MOHALI, S.; PALACIOS-PRÜ, E.; QUINTERO, K. Muerte regresiva em parchita causada por *Lasiodiplodia theobromae* em Venezuela. **Fitopatologia Venezolana**, v. 8, n. 1, p. 7-10, 1995.

CILLIERS, A. A Review of *Lasiodiplodia theobromae* with particular reference to its occurrence on coniferous seeds. **South African Forest Journal**, Pretoria, v. 166, p. 47-52, 1993.

CIPRIANO A. K. A. L.; GONDIM, D. M. F.; VASCONCELOS, I. M.; MARTINS, J. A. M.; MOURA, A. A.; MORENO, F. B.; MONTEIRO-MOREIRA, A. C. O.; MELO, J. G. M.; CARDOSO, J. E.; PAIVA, A. L. S.; OLIVEIRA, J. T. A. Proteomic analysis of responsive stem proteins of resistant and susceptible cashew plants after *Lasiodiplodia theobromae* infection, **Journal of Proteomics**, v. 113, jan. p. 90-109, 2015.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; VIANA, F. M. P. Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.

GONDIM, D. M. F. **Bases bioquímicas da interação do cajueiro anão precoce com o fungo *Lasiodiplodia theobromae* causador da resinose.** 2010. 142 f. Tese (Doutorado em

Bioquímica e Biologia Molecular) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: Sudene, 1973. v.1. 301 p.

LIMA, J. S. **Diversidade cultural, morfológica e patogênica de isolados de *Lasiodiplodia theobromae* associado a frutíferas tropicais**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MOHALI, S.; BURGESS, T. I.; WINGFIELD, M. J. Diversity and host association of the tropical tree endophyte *Lasiodiplodia theobromae* revealed using simple sequence repeat markers. **Forest Pathology**, Berlin, v. 35, p. 385-396, 2005.

MULLEN, J. M.; GILLIAM, C. H.; HAGAN, A. K.; MORGAN-JONES, G. Canker of dogwood caused by *Lasiodiplodia theobromae*, a disease influenced stress or cultivar selection. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 886-889, 1991.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

PAIVA, J. R.; CRISOSTOMO, J. R.; BARROS, L. M. **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 42 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65).

SILVA, L. G. C. **Zoneamento do risco de ocorrência do mal das folhas da seringueira com base em sistemas de informações geográficas**. 2007. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. **Fungal Biology Reviews**, Amsterdam, v. 21, p. 90-106, 2007.

SMITH, H.; WINGFIELD, M. J.; PETRINI, O. Botryosphaeria dothidea endophytic in Eucalyptus grandis and Eucalyptus nitens in South Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 89, p. 189-195, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

Embrapa

Agroindústria Tropical

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA