

## ANÁLISE MULTIVARIADA DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA DA CULTIVAR DE MAMOEIRO RUBI INCAPER 511

**Larissa de Ramos Fischer<sup>1</sup>, Karin Tesch Kuhlcamp<sup>2</sup>, Moises Zucoloto<sup>1</sup>, Fabíola Lacerda de Souza Barros<sup>2</sup>, Cristina Simão Delesposte Zanuncio<sup>3</sup>, Sarah Ola Moreira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo/Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, São Mateus, ES.

<sup>2</sup> Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Norte, Rodovia BR 101 Norte, Km 51, Linhares, ES.

<sup>3</sup> Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano, Rodovia BR 262, Km 94, Domingos Martins, ES, [sarah.moreira@incaper.es.gov.br](mailto:sarah.moreira@incaper.es.gov.br)

**Resumo-** O uso da análise multivariada na determinação da divergência genética tem sido vantajosa para identificar fontes de variabilidade, avaliar a importância dos caracteres para a divergência e identificar as combinações genéticas mais promissoras. Portanto, o objetivo deste trabalho foi utilizar tais técnicas para avaliar a divergência genética para caracteres de frutos, sementes e tolerância a doenças dentro da cultivar Rubi Incaper 511. Foram avaliados 13 caracteres em 150 indivíduos da 'Rubi Incaper 511' em condições de campo. Foi calculada a dissimilaridade genética pela Distância Euclidiana Média e o agrupamento dos indivíduos pelos métodos da Ligação Média Entre Grupo (UPGMA) e Tocher. Foi estimado o coeficiente de correlação cofenético e a importância relativa dos caracteres pelo método do Singh. No dendrograma formado pelo método UPGMA verificou-se a formação de cinco grupos, e pelo método de Tocher formou-se nove grupos. O coeficiente de correlação cofenético foi de 0,7537\*\*. Os caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade genética foram largura da cavidade ovariana do fruto e a altura de inserção do primeiro fruto. Há diversidade genética disponível, o que permite identificar genitores para a realização de cruzamentos na 'Rubi Incaper 511'.

**Palavras-chave:** *Carica papaya*; variabilidade genética; técnicas de agrupamento; importância de caracteres.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Agrônoma

### Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com aproximadamente 1,8 milhão de toneladas de frutos, o que representa 16% da produção mundial (FAO, 2013). No Brasil, o Estado do Espírito Santo é o principal exportador do produto, respondendo por 50% do total exportado pelo Brasil, com uma área plantada de 7.976 hectares e produção de 630 mil toneladas em 2008 (IBRAF, 2010), concentrando-se esta produção na Região Norte do Estado.

As cultivares de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Solo, com frutos de 0,35 a 0,70 kg e Formosa que produzem frutos maiores que 1,0 kg. Por seu tamanho, o grupo Formosa é mais utilizado por consumidores coletivos, como na rede hoteleira, restaurantes e na indústria. No Espírito Santo, as cultivares mais utilizadas para o plantio são as híbridas, como o importada 'Tainung 01' (SERRANO; CATTANEO, 2010), e a nacional

Calimosa, o que torna os produtores dependente da compra de semente a cada plantio.

Em 2010, o Incaper lançou a cultivar Rubi INCAPER 511, de polinização aberta, que possui peso médio de frutos de 1,5 kg, espessura média de polpa de 3 cm e boa firmeza de polpa, proporcionando um bom aproveitamento dos frutos e facilidade no transporte. Seu sabor é suave, com Brix° de 10,2°; coloração de polpa vermelho-alaranjada e produtividade média de 170 toneladas por hectare, quando sob boas condições de manejo. Tais características morfoagronômicas são semelhantes às do híbrido 'Tainung 01' (CATTANEO et al., 2010; COSTA et al., 2013).

No entanto, a busca de cultivares mais produtivas, resistentes a pragas e doenças e com frutos de melhor qualidade é constante. No entanto, o sucesso de um programa de melhoramento reside na existência de variabilidade na população de trabalho. Para a

formação desta população-base, tem-se recomendado o intercruzamento entre materiais superiores e divergentes agronomicamente (CRUZ et al., 2014).

As técnicas multivariadas são análises biométricas utilizadas para estimar medidas de dissimilaridade, para obter gráficos de dispersão que possibilitam a avaliação da diversidade genética, estabelecer grupos de indivíduos com mesmo padrão de similaridade e identificar quais características mais contribuem para a diversidade genética dos materiais (CRUZ, 2006). Com o resultado dessas análises é possível identificar genitores para realização de cruzamentos que explorem melhor a diversidade disponível e que não provoquem a erosão genética.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi aferir a divergência genética para caracteres de frutos, sementes e tolerância a doenças dentro da 'Rubi Incaper 511' utilizando técnicas de análise multivariadas.

## Metodologia

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Sooretama, região norte do Estado do Espírito Santo, principal produtora de mamão. O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw), com temperatura anual média de 23,5°C e precipitação anual média de 1276 mm (ALVARES et al., 2013).

Inicialmente introduziu-se uma população de 750 plantas de mamoeiro da cultivar Rubi Incaper 511 sob espaçamento de 3,5 x 2m isolada de outros cultivos de mamoeiro. No preparo da área foi realizada aração, gradagem e sulcamento. A adubação do solo, no plantio, cobertura e condução do experimento foi feita segundo análise de solo e a recomendação para a cultura (PREZOTTI, 2015). O fornecimento de água foi feito por irrigação do tipo gotejamento.

Foram plantadas três mudas por cova e, após o surgimento dos botões florais, foi realizada a sexagem, de forma a manter na área de cultivo apenas uma planta hermafrodita por cova. A área de plantio foi monitorada constantemente para eliminação de plantas com sintomas de mosaico ou meleira;. Demais tratos culturais foram realizados conforme recomendação para cultura (MARTINS; COSTA, 2003).

Após a formação dos primeiros frutos, foram selecionadas 150 plantas com padrão fenotípico condizente com a 'Rubi Incaper 511'. Aos oito meses foi medida a altura da planta, o perímetro

do caule a 20 cm do solo e a altura de inserção do primeiro fruto. De cada uma destas plantas foram coletados três frutos no estágio 2 de maturação (15% da superfície amarela) onde foram avaliadas as seguintes características: massa, comprimento e largura dos frutos; espessura de polpa; comprimento e largura da cavidade ovariana; e teor de sólidos solúveis.

Ainda, avaliou-se a incidência de pinta-preta (*Asperisporium caricae* Speg.) nas folhas e frutos e de mancha-de-phoma (*Stagonosporopsis caricae* (Sydow & P. Sydow) Aveskamp, Gruyter & Verkley) nas folhas. A incidência de sintomas de pinta-preta e de mancha-de-phoma foi avaliada na folha com a primeira flor aberta, dando notas de acordo com a porcentagem de área lesionada, conforme ANDRADE et al. (2002), em que: 1 = 0%, 3 = <5%, 5 = 6-15%, 7 = 16-25%, 8 = 26-50%, 9 = >50% de área lesionada. Para avaliação de severidade de pinta-preta no fruto foi utilizada uma escala diagramática adaptada por Vivas et al. (2010) variando de 1 = 0%; 2 = 0,1%; 3 = 0,3%; 4 = 0,6%; 5 = 1,2%; 6 = 2,5%; 7 = 5,0%; 8 = 10,0%; e 9 = 20,0% de superfície de fruto lesionada. Com os dados de severidade ao longo do tempo foram elaboradas as curvas de progresso das doenças, empregando o modelo trapezoidal (SHANER & FINNY, 1977).

Para a quantificação de divergência genética foi estimada a matriz de dissimilaridade genética pela Distância Euclidiana Média. A partir dessa matriz foi realizado o agrupamento dos genótipos utilizando o método hierárquico da ligação média entre grupo (*Unweighted Pair-Group Average – UPGMA*) e pelo método de otimização de Tocher Otimizado, para permitir uma interpretação mais robusta dos grupos formados. A validação dos agrupamentos foi determinada pelo Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC) (SOKAL; ROHLF, 1962). A significância da correlação cofenética foi calculada pelo Teste de Mantel (1967) (1.000 permutações). Foi estimada a importância relativa dos caracteres para a dissimilaridade pelo método do Singh. A análise dos dados foi realizada com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

## Resultados

O agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico da ligação média entre grupo (UPGMA) é estruturado graficamente tendo no eixo X as porcentagens das distâncias entre os genótipos e no eixo Y estão representados os 150 indivíduos (Figura 1).

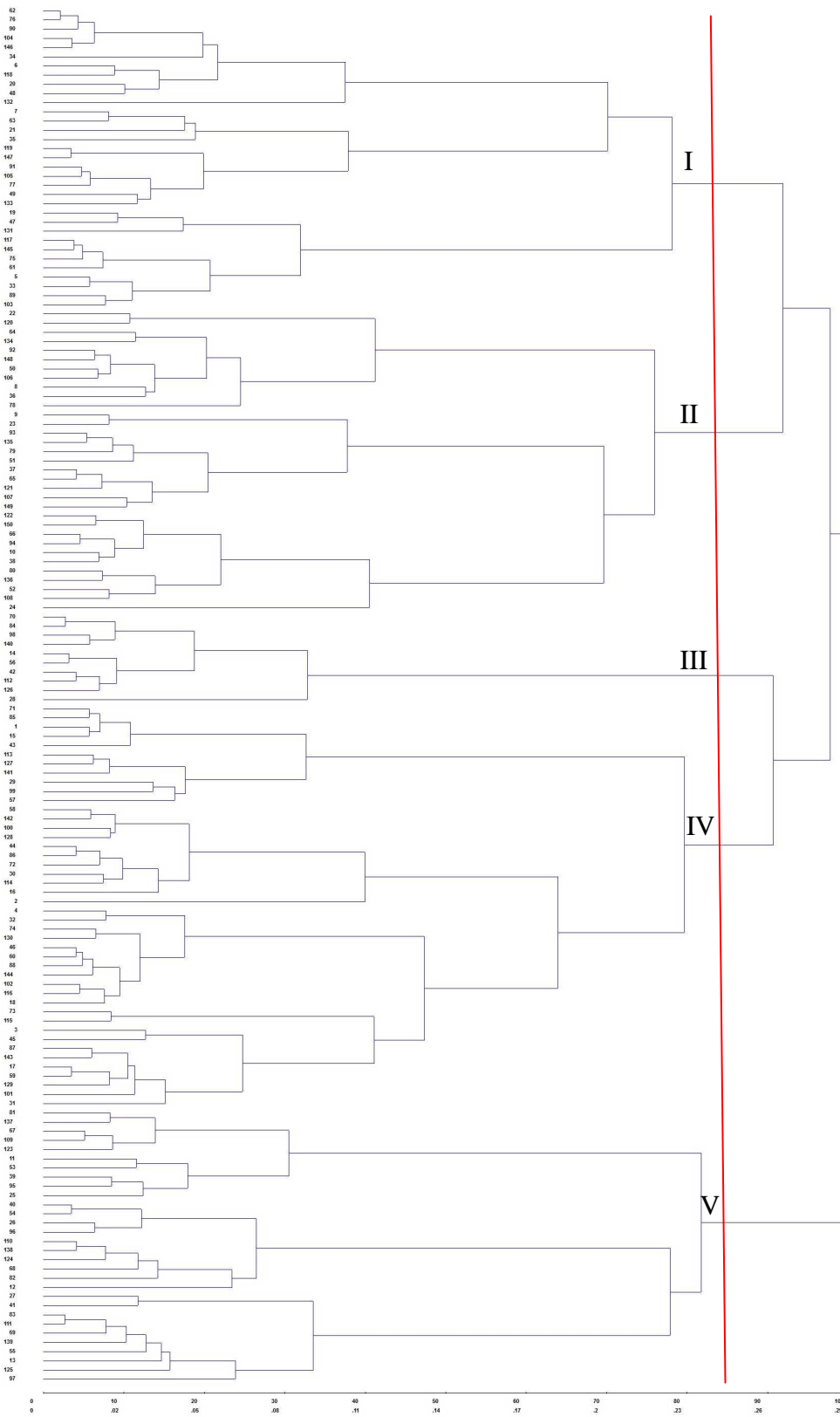


Figura 1 - O agrupamento 150 indivíduos da cultivar Rubi Incaper 511 pelo método UPGMA.



A ocorrência de mudanças abruptas nas distâncias genéticas é utilizada para a formação de grupos no dendrograma (CRUZ et al., 2014). Foram formados cinco grupos: o Grupo I e o Grupo II com 33 indivíduos; o Grupo III com 10; o Grupo IV com 44; e o Grupo V com 30 indivíduos da 'Rubi Incaper 511'. As características que se destacaram dentro de cada grupo, baseado na média de seus indivíduos foram:

- *Grupo I:* menor incidência de pinta-preta nas folhas e maior perímetro do caule;
- *Grupo II:* menor comprimento da cavidade ovariana, menor massa e comprimento de fruto;
- *Grupo III:* menor espessura de polpa, menor teor de sólidos solúveis e menor incidência de pinta-preta nos frutos;

- *Grupo IV:* maior incidência de mancha-de-phoma e menor altura de inserção do primeiro fruto;
- *Grupo V:* maior largura da cavidade ovariana e maior massa e comprimento de fruto.

Pelo método agrupamento de Tocher Otimizado foram formados nove grupos, com 10; 9; 100; 16; 8; 2; 2; 2; e 1 indivíduos (Tabela 1).

O coeficiente de correlação cofenético foi de 0,7537, significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Mantel.

A importância relativa dos caracteres para a divergência genética pelo método de Singh mostrou que a largura da cavidade ovariana e a altura de inserção do primeiro fruto foram as características que mais contribuíram para a diversidade genética dos indivíduos avaliados, com 9,85 e 9,01%, respectivamente. (Tabela 2).

Tabela 1 - Agrupamento de 150 indivíduos da cultivar Rubi Incaper 511 pelo método de Tocher Otimizado.

Grupo	Indivíduos
I	62; 76; 90; 104; 146; 118; 6; 34; 20; 48
II	83; 111; 69; 139; 55; 13; 125; 97; 27
III	70; 84; 140; 98; 14; 56; 112; 42; 126; 28; 29; 99; 141; 57; 127; 113; 43; 15; 85; 1; 71; 100; 142; 58; 128; 86; 44; 72; 30; 45; 16; 114; 3; 46; 130; 74; 60; 144; 88; 102; 116; 18; 4; 32; 143; 87; 129; 17; 59; 101; 31; 131; 19; 132; 133; 47; 80; 134; 49; 91; 79; 136; 64; 105; 77; 108; 93; 135; 81; 137; 52; 61; 148; 50; 92; 51; 96; 123; 106; 121; 26; 66; 94; 10; 109; 37; 65; 38; 122; 67; 78; 36; 8; 147; 119; 75; 145; 117; 149; 150
IV	40; 54; 82; 138; 110; 124; 68; 12; 11; 53; 25; 39; 95; 41; 24; 107
V	5; 33; 89; 103; 7; 63; 35; 21
VI	9; 23
VII	73; 115
VIII	22; 120
IX	2

Tabela 2 – Contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética pelo método de Singh.

Característica	% de contribuição para a divergência genética
Largura da cavidade ovariana	9,8571
Altura de inserção do primeiro fruto	9,0112
Comprimento da cavidade ovariana	8,5164
Largura do fruto	8,2228
Incidência de pinta-preta nos frutos	8,1724
Espessura de polpa	7,9676
Massa do fruto	7,4940
Incidência de mancha-de-phoma nas folhas	7,0304
Altura da planta	6,9862
Comprimento de fruto	6,8522
Perímetro do caule	6,6866
Incidência de pinta-preta nas folhas	6,6106
Teor de sólidos solúveis	6,5925

## Discussão

Os resultados evidenciaram que há diversidade genética dentro da cultivar Rubi Incaper 511, o que permite o potencial de uso desses indivíduos em programas de melhoramento, identificando genitores para a realização de cruzamentos de acordo com o interesse. O conhecimento da diversidade é de fundamental importância para o melhoramento de plantas, pois além de identificar combinações que possam expressar elevada heterose, aumenta a perspectiva de seleção de segregantes superiores, com a potencialização da variabilidade no cruzamento entre genótipos divergentes (BEZERRA NETO et al., 2010).

A análise de agrupamentos, por sua vez, tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação, os genótipos avaliados em vários grupos, de tal forma que haja homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos. Alternativamente, os agrupamentos objetivam dividir um grupo original em vários grupos, seguindo algum critério de similaridade ou de dissimilaridade (CRUZ et al., 2012). Os métodos de agrupamento podem ser hierárquicos ou de otimização.

O método hierárquico da ligação média entre grupo (UPGMA) dividiu os 150 genótipos da 'Rubi Incaper 511' em cinco grupos e não houve a identificação de duplicatas, reforçando a variabilidade intravarietal (Figura 1). Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido um dendrograma ou "árvore". Nesse caso, mais importante que o número ótimo de grupos é a conformação da árvore e das ramificações obtidas, em que o eixo X mostra o percentual de variabilidade genética entre os indivíduos ligados.

O método de agrupamento de Tocher Otimizado possibilitou a divisão dos 150 genótipos em nove grupos distintos. Neste método, os dois indivíduos mais semelhantes formam o grupo inicial, e, a partir daí, é avaliada a possibilidade de entrada de novos membros, adotando-se o critério de que a distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo (CRUZ et al., 2014).

Os agrupamentos formados pelo método UPGMA e Tocher Otimizado foram discrepantes. Tal resultado também foi relatado por Monteiro et al. (2010), que observaram que os métodos UPGMA e Tocher, baseados nos descritores quantitativos, foram discrepantes em três dos cinco grupos formados. Com isso, ressalta-se a

importância de aplicar-se mais de um método de agrupamento, visando observar coerência dos resultados (SUDRÉ et al., 2005; CRUZ et al., 2004) e, ainda, para que os cruzamentos a serem sugeridos a partir da análise de divergência genética sejam estabelecidos com base em mais de um método de agrupamento.

Na análise de agrupamento hierárquico, o método UPGMA mostrou correlação cofenética de 0,7537 com a matriz de Distância Euclidiana Média. Na concepção de Sokal e Rohlf (1962) valores abaixo de 0,80 indicam baixa representatividade das reais distâncias entre os genótipos por meio da representação gráfica do dendrograma. No entanto, este valor foi significativo a 1% pelo teste de Mantel, o que mostra uma boa correlação entre as distâncias genéticas calculadas e a sua representação gráfica, possibilitando a realização de inferências por meio da avaliação visual da Figura 1.

As contribuições das variáveis para diversidade genética da 'Rubi Incaper 511' ficaram entre 9,8571% para a largura da cavidade ovariana, e 6,5925% para o teor de sólidos solúveis. A principal finalidade da análise da importância relativa de caracteres é identificar as variáveis que menos contribuem para a análise de diversidade, visando seu descarte em análises futuras (CRUZ et al., 2014). No entanto, considerando a pequena diferença na contribuição entre os caracteres, bem como, que o objetivo do programa de melhoramento de mamoeiro do Incaper é elevar o teor de sólidos solúveis dos frutos, não se recomenda a retirada dessas variáveis nas análises futuras de diversidade genética.

## Conclusão

Há diversidade genética dentro da cultivar Rubi Incaper 511, o que permite o potencial uso desses indivíduos em programas de melhoramento.

Pelo método de UPGMA houve a formação de cinco grupos, enquanto, pelo método de Tocher, foram formados nove grupos.

O coeficiente de correlação cofenético indicou a possibilitando a realização de inferências por meio da avaliação visual do gráfico de diversidade genética.

As características que mais contribuíram para a diversidade genética foram a largura da cavidade ovariana e a altura de inserção do primeiro fruto.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe da Fazenda Experimental de Sooretama e do Laboratório de Sementes do CEUNES/UFES pelo auxílio na execução do experimento; a Caliman Agrícola pela produção das mudas utilizadas; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto (processo 475137/2013-2).

## Referências

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728. 2013.
- ANDRADE, J.S. et al. Avaliação da mancha-de-corynespora em diferentes genótipos de mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.27 (supl), p.78, 2002.
- BEZERRA NETO, V.B.; et. al. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n. 2, p. 294-299, 2010.
- CATTANEO, L.F. et al., **Rubi INCAPER 511' Primeira variedade de mamão do grupo 'Formosa' para o Espírito Santo**. Vitória: DCM/Incapar. 2010.
- COSTA, A.F.S. et al. Botânica, melhoramento e variedades. **Informe agropecuário**, v.3, n.25, p.14-24, 2013.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: análise multivariada e simulação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. v1. 4 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. v2. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **FAOSTAT – agriculture: production**. Rome, 2013. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em 10 mar. 2013.
- IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. **Dados de Produção e Exportação de Mamão**. 2010. Disponível em: <[www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)> Acesso em 21 Julho de 2012.
- MANTEL, N. The detection of disease clustering and generalized regression approach. **Cancer Research**, v.27, n.2, p. 209-220. 1967.
- MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção**. Vitória: Incaper, 2003.
- MONTEIRO, E.R. et al. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, v. 40, n.2, p.288-293. 2010.
- PREZOTTI, L.C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/downloads>>. Acesso em 04 mar. 2013.
- SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.32, n.3 p. 657-959. 2010
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1056. 1977.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245. 1981.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11, p.30-40. 1962.
- SUDRÉ, C.P. et al. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.22-27. 2005.
- VIVAS, M. et al. Escala diagramática para avaliação da severidade de pinta-preta em frutos de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.2, p.161-163, 2010.