UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

SIMILARIDADE GENÉTICA EM ACESSOS DE GOIABEIRAS E ARAÇAZEIROS: ANÁLISES QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DOS FRUTOS

LUIZ CLAUDIO CORRÊA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia Vegetal

BOTUCATU – SP

2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

SIMILARIDADE GENÉTICA EM ACESSOS DE GOIABEIRAS E ARAÇAZEIROS: ANÁLISES QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DOS FRUTOS

LUIZ CLAUDIO CORRÊA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO FERNANDES SANTOS

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia Vegetal

BOTUCATU – SP

2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *SULAMITA SELMA CLEMENTE COLNAGO*

Corrêa, Luiz Claudio.
Similaridade genética em acessos de goiabeiras e araçazeiros: análises químicas e bioquímicas dos frutos / Luiz Cláudio Corrêa. – Botucatu, 2010

Tese (doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista
Orientador: Giuseppina Pace Pereira Lima
Assunto CAPES: 20303009

1. Frutas – Fisiologia. 2. Fisiologia vegetal.

Palavras-chave: Antioxidantes; Caracterização bioquímica; Marcador molecular; Melhoramento vegetal; *Psidium* spp.

Aos meus pais

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, que me deu forças e tudo o mais de que precisava para vencer mais essa etapa;

À Pra. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima, minha orientadora, acima de tudo, pela confiança e incentivo, mas também pela orientação, paciência e amizade;

Ao meu co-orientador, Dr. Carlos Antonio Fernandes Santos, a quem devo muito desse projeto, pela forma como me recebeu e pelo apoio, fundamental para o desenvolvimento dos trabalhos;

Aos estagiários e bolsistas do laboratório de Genética da Embrapa Semiárido, Jucilene, Leonardo, Maiany, Marciene e Tuany pela preciosa ajuda e pela amizade;

Aos funcionários e Pesquisadores dos laboratórios de Fisiologia Pós-Colheita, Nutrição Animal e Solos da Embrapa Semiárido pelo apoio nas análises;

À Embrapa Semiárido, onde foram realizadas todas as análises;

Ao Instituto de Biociências de Botucatu, por oferecer a oportunidade do avanço em meus estudos.

ÍNDICE

RESUMO 1

ABSTRACT 3

1- INTRODUÇÃO GERAL 5

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7

3- *CAPÍTULO I* - Antioxidantes em germoplasma de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil 16

4- *CAPÍTULO II* - Caracterização química e bioquímica dos frutos de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil 42

5- *CAPÍTULO III* - Similaridade genética entre acessos de goiabeiras e araçazeiros baseada em marcadores moleculares AFLP 67

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS 84

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85

ANEXOS 94

CORRÊA, L. C. Similaridade genética em acessos de goiabeiras e araçazeiros: análises químicas e bioquímicas dos frutos. 2009. 96p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP – Universidade Estadual Paulista.

Orientadora: Profa. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Fernandes Santos

Resumo: A cultura da goiabeira ocupa importante espaço no agronegócio do país, um dos maiores produtores mundiais de goiaba. O araçazeiro, nativo do Brasil, embora não apresente a mesma importância econômica da goiaba, tem sido explorado em algumas regiões como alternativa de plantio devido à boa aceitação do seu fruto e também por apresentar características de interesse comercial e social. Dentre as características compartilhadas por goiabas e araçás estão a diversidade de uso, desde o consumo *in natura* até diferentes formas processadas, e a riqueza em nutrientes e em compostos fenólicos. Este trabalho visou à caracterização química e bioquímica de frutos de araçazeiros e goiabeiras do banco ativo de germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido, provenientes de diferentes regiões do Brasil, bem como a caracterização genética de parte dos acessos. Foram determinados os teores de açúcares, proteínas, sólidos solúveis, acidez titulável, "ratio" e umidade, além dos minerais: cálcio, magnésio, ferro, fósforo e potássio. Foram também analisados os antioxidantes: ácido ascórbico, fenóis totais, flavonóides totais, licopeno e β-caroteno, bem como a atividade antioxidante. Para a caracterização genética,, utilizou-se o marcador molecular AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Frutos de cinco acessos de goiabeira provenientes do Maranhão (G01MA, G12MA, G14MA, G16MA e G20MA), e dos acessos A08MA, A42PE, A45PE, A80RO e A100AM, de araçazeiros, se destacaram nas avaliações bioquímicas por apresentarem, no conjunto, os maiores teores de sólidos solúveis,

açúcares, proteínas e minerais, além de estarem entre aqueles com menores teores de acidez titulável, no caso das goiabas, e maiores no caso dos araçás. Quanto aos antioxidantes, verificou-se que goiabas e araçás são ricos em compostos fenólicos, os quais apresentaram forte correlação com a atividade antioxidante, mostrando ser seu principal contribuinte. Foi também observado que parte dos acessos de goiabeira é rica em ácido ascórbico, o qual compartilha com os compostos fenólicos o papel de principais responsáveis por sua atividade antioxidante nestes acessos. Dentre os carotenóides, notou-se o predomínio de frutos de polpa rosada entre aqueles que apresentaram maiores teores de licopeno, ao passo que aqueles com coloração alaranjada possuíam maior teor de β-caroteno. Levando-se em conta o conjunto dos compostos antioxidantes analisados, cinco acessos de goiabeira provenientes do Maranhão apresentaram destaque (G01MA, G02MA, G03MA, G10MA e G16MA) ao passo que nos de araçá, os maiores valores foram detectados em um acesso do Amazonas (A100AM), um de Pernambuco (A43PE) e três de Rondônia (A73RO, A78RO e A80RO). A partir de 149 fragmentos polimórficos obtidos com o uso de 16 combinações de "primers", foi gerado um dendrograma com correlação cofenética 0,94, mostrando a separação de dois grandes grupos, sendo um apenas com acessos de goiaba e outro com os de araçá e alguns de goiaba. Sugere-se que os acessos tenham sido propagados artificialmente de um local para outro e que aqueles provenientes de Roraima e Goiás tenham impedimentos para o intercâmbio para as demais regiões. O trabalho mostrou que o banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido apresenta amplo material para ser utilizado em programas de melhoramento do gênero *Psidium*.

Palavras-chave: *Psidium* spp, antioxidantes, melhoramento vegetal, marcador molecular.

CORRÊA, L. C. Genetic similarity in accessions of guava and Brazilian guava trees: chemical and biochemical analyzes of fruits. 2009. 96p. Thesis (Ph.D.) - Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP – Universidade Estadual Paulista.

Adviser: Profa. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima

Co-adviser: Prof. Dr. Carlos Antonio Fernandes Santos

Abstract: The culture of guava has an important position in the agribusiness in the country, one of the largest producers of guava of the world. Brazilian guava tree, native of Brazil, although not present the same economic importance of guava has been explored in some regions as an alternative planting due to the high acceptance of its fruit and also present characteristics of commercial and social interest. The diversity of use, since the fresh market to different forms processed forms, and wealth of nutrients and phenolic compounds are among the characteristics shared by guavas and Brazilian guava. This work aimed at the chemical and biochemical characterization of Brazilian guava and guava fruit of the active germplasm bank (AGB) of Embrapa Semiarid, from different regions of Brazil and the genetic characterization of some accessions. The levels of sugars, proteins, soluble solids, titratable acidity, "ratio" and moisture, and minerals calcium, magnesium, iron, phosphorus and potassium were analyzed. There were also analyzed antioxidants: Ascorbic acid, total phenols, total flavonoids, lycopene and β-carotene, besides antioxidant activity. For the genetic characterization, was used the molecular marker AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Fruits of five accessions of guava from Maranhão state (G01MA, G12MA, G14MA, G16MA and G20MA), and the accessions A08MA, A42PE, A45PE, A80RO and A100AM of Brazilian guava highlighted in the biochemical assessment by presenting, in general, the larger soluble solids, sugars, proteins and minerals, and are among those with lower

levels of acidity, in the case of guavas, and higher in the case of Brazilian guava. As for antioxidants, it was found that guavas and Brazilian guavas are rich in phenolic compounds, which showed strong correlation with antioxidant activity, showing be your main contributor. It was also observed that part of accesses guava is rich in Ascorbic acid, which shares with the phenolic compounds the role of most responsible for antioxidant activity in these accessions. Among the carotenoids, were found the predominance of pink flesh fruit among those who had higher levels of lycopene, whereas those with orange flesh possessed higher content of β-carotene. Taking into account all the antioxidants tested, five accessions of guava from Maranhão state had highlighted (G01MA, G02MA, G03MA, G10MA and G16MA) while in Brazilian guava, the highest values were detected in an accession from Amazonas state (A100AM), one from Pernambuco state (A43PE) and three from Rondônia state (A73RO, A78RO and A80RO). From the 149 polymorphic fragments obtained with the use of 16 combinations of primers, a dendrogram was generated with cophenetic correlation 0.94, showing the separation of two major groups, one with accessions of guava and one with Brazilian guava and some guava accessions. It is suggested that the accessions have been artificially propagated from one place to another and those from Roraima and São Paulo states have impediments to the exchange for other regions. The study showed that the active germplasm bank of Embrapa Semiarid presents ample material to be used in breeding programs of the genus *Psidium*.

Keywords: *Psidium* spp, antioxidants, plant breeding, molecular marker.

1- INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura representa parcela bastante significativa da atividade agrícola no Brasil. Na região do Vale do Submédio São Francisco, é de grande importância a introdução e manutenção de culturas que possam servir como alternativas de renda para a população, dada a dimensão do agronegócio no PIB (Produto Interno Bruto) e na geração de renda e emprego no país e as características locais que favorecem tal atividade na região.

Com o aumento da procura por opções de consumo que associem os atrativos visual e de paladar ao potencial nutricional e, sobretudo funcional, na busca por melhor qualidade de vida, e devido também à ocorrência de pragas e doenças que acometem plantações podendo inviabilizar sua cultura, torna-se fundamental a manutenção de cultivares que ofereçam as características desejadas, bem como o seu melhoramento, visando à obtenção de cultivares com elevados teores nutricionais e funcionais, juntamente com sua resistência a pragas e doenças e também, que se adaptem melhor às condições ambientais do local de cultivo.

A goiabeira, assim como o araçazeiro, fruteiras do gênero *Psidium*, são plantas que se adaptam bem a diferentes climas e tipos de solo, fator que favoreceu a introdução da cultura no Vale do Submédio São Francisco.

A fisiologia e a genética da planta, associadas às características ambientais, influenciam diretamente nos parâmetros físicos, químicos e bioquímicos; assim, sua avaliação é um instrumento importante para se conhecer a diversidade fenotípica dos acessos de araçás e goiabeiras presentes no banco ativo de germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido, provenientes de diversas regiões do país. Tais informações, juntamente com o conhecimento genético propiciado pelo estudo de marcadores

moleculares, poderão servir como subsídios para programas de melhoramento vegetal e de preservação do material genético destes acessos.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, caracterizar química e bioquimicamente frutos de 70 acessos, bem como realizar estudo com marcador molecular AFLP de 88 acessos de goiabeiras e araçazeiros do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, provenientes de diversas regiões do Brasil.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O agronegócio brasileiro representa um papel fundamental na economia do país, contribuindo com cerca de 30% do PIB (Produto Interno Bruto) , respondendo por quase metade das exportações e empregando em torno de 37% de sua população economicamente ativa (Embrapa, 2004). Grande parte desse volume do agronegócio se deve à fruticultura, área na qual a região do Vale do Submédio São Francisco se destaca, tanto com seus cultivos de maior peso (manga e uva), como com outras culturas que ganham campo na região, dentre as quais, a da goiaba, que tem o Brasil como um dos maiores produtores mundiais. A região nordeste é responsável por cerca de 45% da safra nacional, sendo Pernambuco o maior produtor da região (IBGE, 2008).

A goiabeira (*Psidium guajava*) pertence à família Myrtaceae, que compreende aproximadamente 130 gêneros e 3000 espécies de árvores e arbustos distribuídos principalmente nos trópicos e subtrópicos (Watson & Dallwits, 2007). Nativa do Norte da América do Sul e amplamente distribuída nas regiões tropicais da América (Risterucci *et al*., 2005), a fruteira ganha espaço devido a características apreciáveis do seu fruto, como sabor, aspecto e riqueza em nutrientes e elementos funcionais, além de poder ser consumida *in natura* ou nas formas de doces, geléias, compotas, sucos, dentre outras (São José *et al*., 2003).

Os frutos da goiabeira variam grandemente em tamanho, formato e sabor, dependendo da variedade, sendo encontrados, desde frutos doces e suaves até adstringentes (Yan *et al*., 2006), os quais apresentam, além de aspectos e sabor atrativos, elevados teores de vitaminas A, B e, C e dos minerais, ferro, cálcio e fósforo (Pereira & Martinez Júnior 1986; Lim & Khoo, 1990).

Outra fruteira pertencente ao gênero *Psidium e* que contém cerca de 150 espécies é o araçazeiro, termo que se refere a espécies nativas de *Psidium*, dentre as

quais, *P. cattleyanum* Sab., *P. incanescens* Martius, *P. grandiflorum* Martius e *P. arboretum* Vell (Raseira & Raseira, 1996). O araçá, apesar de não apresentar tanto interesse quanto a goiaba, tem sido estudado como alternativa de plantio comercial em algumas regiões, ou mesmo como potencial porta-enxerto, podendo apresentar resistência, sobretudo aos nematóides como *Meloidogyne* spp, principal patógeno que acomete plantações na região do Vale do Submédio São Francisco (Franzon *et al*., 2009; Souza *et al*., 2006). Trata-se de uma espécie precoce e com frequente resistência a pragas e doenças (Manica, 2000), cujo fruto, assim como a goiaba, pode ser consumido *in natura* ou na forma de doces, geléias, sucos, sorvetes, dentre outras (Choudbury *et al*., 2001), sendo bem aceito devido ao seu sabor exótico (Franzon *et al*., 2009).

No araçá do campo (*Psidium guineense* SW), foram encontrados teores de potássio, cálcio, magnésio, ferro e fósforo mais elevados que os de frutos mais comumente consumidos pela população brasileira, como maçã, pêssego, pêra, morango e abacaxi (Caldeira *et al*., 2004), além de alto teor de vitamina C e compostos fenólicos (Franzon *et al*., 2009). Seu teor de vitamina C pode chegar a sete vezes mais que o encontrado em frutas cítricas (Wille *et al*., 2004).

Para que um fruto apresente interesse econômico, é desejável que este possua significativos teores de alguns caracteres como açúcares, fibras, proteínas, minerais, sólidos solúveis (SS) e acidez total (AT). Além disso, atualmente têm ganhado espaço, frutos que apresentem significativos teores de compostos funcionais, como os antioxidantes.

Goiabas destinadas à indústria devem apresentar teores de sólidos solúveis e acidez titulável elevados, o que reduz os gastos com processamento (Gonzaga Neto *et al*., 1986; Nascimento *et al*., 1998). Por outro lado, alto teor de SS e baixa acidez são desejáveis para o consumo *in natura* (Gonzaga Neto *et al*., 1986; Paiva *et al*., 1997). O

aumento da”Ratio” afeta a doçura e o “flavor” dos frutos (Nascimento *et al*., 1998), podendo fornecer informação importante com relação ao sabor dos frutos, devido ao aumento no teor de açúcares e redução dos ácidos durante a maturação (Moreira, 2004), quando ocorre a diminuição do conteúdo de amido, acompanhada pelo aumento no de açúcares. Essa conversão tem efeito no sabor e na textura dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005), além de estar relacionada à alteração dos sólidos solúveis, uma vez que os açúcares são seus principais componentes (Chitarra *et al*., 1981).

A acidez titulável indica a quantidade de ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, quanto combinada com sais, ésteres, glicosideos, dentre outras, podendo ser usados como substratos respiratórios (Medlicott & Jegger, 1987). A acidez titulável também contribui para o aroma característico das plantas, uma vez que muitos componentes são voláteis (Chitarra & Chitarra, 2005).

As proteínas são essenciais para o desenvolvimento de plantas e animais. Além da sua função estrutural, formam canais e transportadores responsáveis pelo transporte celular (Carpita &McCann, 2000). As proteínas também atuam no controle do metabolismo do organismo, na forma receptores de membrana, modulando a ação de reguladores vegetais, como as auxinas, citocinas e giberelinas (Crozier *et al*., 2000) e de enzimas, essenciais na síntese de metabólitos necessários ao desenvolvimento e reprodução, bem como na defesa do organismo contra agentes externos (Malkin & Niyogi, 2000; Croteau *et al*., 2000).

Os minerais exercem diversas funções importantes, atuando como componentes da membrana plasmática e da parede celular vegetal, bem como na absorção de água, osmorregulação, transdução de sinais, manutenção do balanço de

cargas, produção de energia, além de atuarem como co-fatores de enzimas (Kochiam, 2000), destacando-se ainda sua importante função como fatores nutricionais.

A busca por cultivares ricas em compostos funcionais, dentre os quais os antioxidantes, tem se consolidado como um dos principais focos dos programas de melhoramento genético (Carvalho *et al*., 2006), devido à crescente procura por uma alimentação mais saudável (Chorilli *et al*., 2007; Vicentino e Menezes, 2007).

Antioxidante pode ser definido como qualquer substância que, presente em baixas concentrações, quando comparada a um substrato oxidável, atrasa ou inibe temporariamente a oxidação desse substrato (Sies & Stahl, 1995; Aust *et al*., 2001; Handelman, 2001). Dentre os principais antioxidantes encontrados em vegetais, estão o ácido ascórbico, os carotenóides e os compostos fenólicos.

Os antioxidantes fazem parte da defesa da planta, por exemplo, protegendo contra bactérias e fungos patogênicos e desencorajando a herbivoria (Croteau *et al*., 2000), ao passo que, para o homem, seu consumo diminui os efeitos danosos dos radicais livres, que são citados como responsáveis por danos causados em lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Leong & Shui, 2002). Diversos estudos mostram os benefícios da ingestão de compostos antioxidantes na saúde humana (Michaud *et al*., 2000; Kris-Etherton *et al*., 2002; Zhang *et al*., 2003; Indap *et al*., 2006).

A vitamina C ou ácido ascórbico está presente em frutas e vegetais e seu papel antioxidante está associado a diversas funções fisiológicas, incluindo, prevenção contra danos ao DNA produzidos por radicais livres (Fraga *et al*., 1991), eliminação de oxidantes que podem estar envolvidos com o desenvolvimento de cataratas (Mares-Perlman, 1997) e diminuição dos efeitos nocivos da lipoproteína de baixa densidade (low density lipoprotein ou LDL) (Lehr *et al*., 1995). A vitamina C, juntamente com o β-caroteno (pró-vitamina A) e a vitamina E formam um trio de grandes antioxidantes

que auxiliam na neutralização dos radicais livres (Lima *et al*., 2006). Além disso, desempenha importante papel no desenvolvimento e regeneração dos músculos, pele, dentes e ossos, assim como na formação do colágeno.

Os carotenóides, que incluem os carotenos e as xantofilas, pertencem à classe dos terpenóides. Estão presentes nos cromoplastos, sendo responsáveis pela coloração de muitos frutos, flores e raízes (Staehelin & Newcomb, 2000) e também na casca de frutos, sendo que a passagem da coloração verde para o amarelo se dá em função da redução nos níveis do pigmento clorofila com o acúmulo de carotenóides (Mattius & Durigan, 2001). Esses pigmentos participam também no processo de absorção de luz e na fotoproteção e têm como precursor comum o fitoeno (Malkin & Niyogi, 2000), além de apresentarem alto potencial como antioxidante.

Segundo Piedade-Neto *et al*. (2002), a goiaba de polpa vermelha possui elevados teores de licopeno. Este carotenóide, principal responsável pela coloração da polpa, é considerado um excelente antioxidante, apresentando alto potencial no combate a doenças como câncer de próstata e arteriosclerose (Piedade-Neto *et al.*, 2003). Segundo estes autores, o teor de licopeno encontrado na variedade Paluma é o dobro do encontrado no tomate. Além disso, goiabas com polpa de coloração rosada apresentam significativo teor de β-caroteno (Yan *et al*., 2006).

Dentre os antioxidantes vegetais encontram-se também os compostos fenólicos, que funcionam como seqüestradores de radicais e algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação quanto na propagação do processo oxidativo (Shahidi *et al*., 1992). Estudos mostram evidências de que o consumo regular de compostos fenólicos, encontrados em grande quantidade em goiabas (Miean & Mohamed, 2001; Misra & Seshadri, 1968) reduz o risco de morte por doenças coronarianas (Carvalho *et al*., 2006).

Os flavonóides são compostos fenólicos de baixo peso molecular, com uma estrutura básica formada por C_6-C_3-C_6 (dois anéis fenil, ligados através de um anel pirano). Dependendo da substituição e do nível de oxidação do anel C, os flavonóides podem ser divididos em 14 classes (Yilmaz & Toledo, 2004). Estas moléculas são pigmentos naturais presentes nos vegetais que desempenham papel fundamental na proteção contra agentes oxidantes, como por exemplo, o raio ultravioleta. Atuam também como agentes terapêuticos em um elevado número de patologias (Martinez-Flores *et al*., 2002), nos processos antimicrobianos, antimutagênicos e anticarcinogênicos (Oliveira *et al*., 1999). Segundo Urso & Clarkson (2003), o flavonóide quercetina possui capacidade antioxidante 5 vezes maior que a das vitaminas E e C. O ácido ascórbico reduz este flavonóide, sendo que a combinação destes dois agentes permite manter suas propriedades antioxidantes por mais tempo, além de apresentar benefícios quando conjugada com a vitamina E, visto que inibe a fotoxidação na membrana celular das células sanguíneas (Martínez-Flores *et al*., 2002).

Os flavonóides podem também interferir na germinação de sementes e reprodução de mudas. A capacidade antioxidante dos flavonóides aplica-se, sobretudo, na neutralização das espécies das espécies reativas de oxigênio (ROS), como os ânions peróxido, os radicais hidroxila, os peróxidos lipídicos e os hidroperóxidos, anulando assim os efeitos nocivos dessas espécies sobre as células (Martínez-Flores *et al*., 2002).

Estudos mostram que a capacidade antioxidante varia grandemente entre os frutos, dependendo do conteúdo de compostos fenolicos, vitamina C, carotenóides e flavonóides (Saura-Calixto & Goni, 2006).

As alterações observadas na fisiologia do desenvolvimento do fruto, que levam a modificações químicas e bioquímicas envolvendo nutrientes e compostos antioxidantes, ocorrem, em grande parte, como conseqüência da atividade de enzimas,

num processo influenciado por características ambientais como solo, clima e disponibilidade de água, assim como pela genética da planta.

Estudos de melhoramento genético têm sido extensivamente utilizados como potentes ferramentas, tanto no que diz respeito à obtenção de cultivares com vantagens econômicas, como alta produtividade e melhor aspecto dos frutos, quanto na caracterização e conservação de material genético (Pereira, 1984). Um recurso utilizado no auxílio para estes estudos são os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) que, além de propiciarem a conservação do material, servem como fontes para estudos dos caracteres morfológicos, nutricionais, funcionais e genéticos, assim como de marcadores moleculares, que podem conduzir à obtenção de plantas com maior viabilidade econômica (Pereira, 1995).

A variação genética tem sido estudada através de caracteres fenotípicos, que são frequentemente influenciados por condições ambientais (Persson, 2001). Tais estudos, no entanto, passaram a ser complementados, nas últimas décadas, por técnicas moleculares (Drew, 1997; Sunil, 1999), como marcadores moleculares, cujo conhecimento pode auxiliar, tanto em estudos de mapeamento genético de populações quanto na identificação de híbridos de interesse nas gerações de indivíduos e na seleção de potenciais porta-enxertos, possibilitando ainda a definição de estratégias para conservação de recursos genéticos (Santos *et al*., 2007a).

Dentre os marcadores moleculares utilizados nestes estudos está o AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Este marcador combina a especificidade, a resolução e o poder de amostragem da digestão com enzimas de restrição com a velocidade e praticidade da detecção de polimorfismos via PCR (Polymorphism Chain Reaction ou Reação em Cadeia da Polimerase) (Ferreira & Grattapaglia, 1995).

A análise de AFLP consiste de 4 etapas: 1) Digestão do DNA genômico com endonucleases de restrição; 2) Ligação de adaptadores específicos aos terminais dos fragmentos gerados pela digestão; 3) Pré-amplificação e 4) Amplificação de fragmentos selecionados via PCR, pelo uso de "primers" específicos. Após esse processo, os fragmentos amplificados são separados por eletroforese em gel de alta resolução. O uso do AFLP apresenta como principais vantagens, a alta eficiência, o baixo custo e o alto poder de identificação de genótipo, avaliação de germoplasma e mapeamento genético (Ferreira & Grattapaglia, 1995).

Muitos estudos de melhoramento genético em *Psidiu*m spp têm sido realizados utilizando-se marcadores moleculares (Hernández-Delgado *et al*., 2003; Reveles *et al*., 2003; Valdés-Infante *et al*., 2003; Rueda *et al*., 2003; Sanabria *et al*., 2006). O marcador AFLP foi utilizado por Valdés-Infante *et al*. (2003) para caracterizar 62 acessos de goiabeiras em Cuba e por Hernández-Delgado *et al*. (2007), que analisaram acessos de *Psidium*, encontrando separação entre grupos de goiaba e de araçá no México.

Com o mesmo objetivo, os compostos antioxidantes também têm sido explorados em estudos com o gênero, tanto para a goiaba (Yan *et al*., 2006; Mendonça *et al*., 2007; Iha *et al*., 2008; Patthamakanokporn *et al*., 2008) quanto para o araçá (Andrade *et al*., 2002; Wille *et al*., 2004; Santos *et al*., 2007b; Hamm *et al*., 2009), abordando a quantificação, o isolamento e a identificação de substâncias, a fim de se obter cultivares que apresentem elevados teores de compostos benéficos, dada a importância que estas passaram a ter nas últimas décadas para a saúde humana.

Dada a importância da alimentação mais saudável e devido à necessidade de se buscar alternativas para o aumento das fontes de nutrientes e compostos funcionais em grande quantidade, a fim de suprir a crescente demanda mundial, é fundamental investir esforços em pesquisas voltadas para o melhoramento vegetal, sobretudo de espécies que

mostram ser fontes importantes de um conjunto de substâncias essenciais à saúde humana.

3- *CAPÍTULO I* - Antioxidantes em germoplasma de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil

Apresentada nos moldes da Revista '*Scientia Horticulturae*'

Antioxidantes em germoplasma de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil

L. C. Corrêa[a], G. P. P. Lima[b], C. A. F. Santos[c], F. Vianello[d]

[a] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: ccorrea@ibb.unesp.br
[b] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: gpplima@ibb.unesp.br
[c] Embrapa Semi-Árido. Caixa Postal 23. 56302-970. Petrolina, PE. Brasil. E-mail: casantos@cpatsa.embrapa.br.
[d] I`Universita` degli Studi di Padova, Padova. Italia: fabio.vianello@unipd.it

Resumo

A goiabeira e o araçazeiro são fruteiras economicamente importantes devido à boa aceitação e riqueza em alguns nutrientes e compostos funcionais. Destacam-se nesse grupo de compostos, o ácido ascórbico, os carotenóides e os compostos fenólicos, que apresentam importantes funções para a planta, na defesa contra patógenos e erbivoria, e para seres humanos, no combate a diversas patologias como as doenças cardíacas e o câncer. Foram analisados os teores de ácido ascórbico, licopeno, β-caroteno, flavonóides e fenóis totais em frutos de acessos de goiabeiras e araçazeiros do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido, provenientes de sete estados brasileiros. Foi também determinada a atividade antioxidante desses frutos. Goiabas com polpa de coloração vermelha apresentam quantidade significativa de carotenóides, em especial, o licopeno. Foram encontrados elevados teores de compostos fenólicos, tanto em acessos de goiabeiras quanto de araçazeiros. Nos acessos de araçazeiro, eles foram os principais responsáveis pela atividade antioxidante, apresentando uma variação de 231 a 388 mg EAG 100 g^{-1} do material fresco. Observou-se forte correlação entre a atividade

antioxidante e os compostos fenólicos (R = 0,95), indicando o importante papel desse grupo de compostos bioquímicos na atividade antioxidante. Nos acessos de goiabeira, a variação encontrada foi de 158 a 447 mg EAG 100 g^{-1}, sendo também os principais responsáveis pela atividade antioxidante, acompanhada, no entanto, por elevados teores de ácido ascórbico em grande parte dos acessos. Este trabalho revelou grande potencial dos acessos para serem utilizados em programas de melhoramento, tanto de goiabeira quanto de araçazeiros, o que deve ser aproveitado devido à fácil adaptação do gênero e da boa aceitação e diversificação do uso de seus frutos.

Palavras-chave: *Psidium* spp, banco ativo de germoplasma, melhoramento vegetal, antioxidantes.

Antioxidants in germplasm of guava and Brazilian guava trees from different regions of Brazil

Abstract

Guava and Brazilian guava plants are economically important due to good acceptance and wealth in some nutrients and functional foods. Stand out in this group of compounds, ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds, which present important roles in protection against various diseases such as heart disease and cancer. Were analyzed the levels of ascorbic acid, lycopene, β-carotene, flavonoids and total phenols in fruits of guava and the Brazilian guava accessions from the active germplasm bank of Embrapa Semiarid from seven Brazilian states. It was also determined the antioxidant activity of these fruits. Guavas with red flesh staining show significant amount of carotenoids, particularly lycopene. High levels of phenolic compounds were found, both in fits of the Brazilian guava and guava. They were mainly responsible for antioxidant activity in Brazilian guava accessions, with variation from 231 to 388 mg

EGA 100 g^{-1} of fresh material. Strong correlation was observed between antioxidant activity and phenolic compounds (R = 0,95), showing the important role of this group of biochemicals in antioxidant activity. In accessions of guava, the variation was found from 158 to 447 mg EGA 100 g^{-1}, been also mainly responsible for antioxidant activity, accompanied, however, by high levels of ascorbic acid on most accessions. This study revealed great potential for improvement of both guava and Brazilian guava trees. This potential must be used due to the easy adaptation of the genus, acceptance and diversification of the use of the fruits.

Keywords: *Psidium* spp, active germplasm bank, plant breeding, antioxidants.

Introdução

A goiabeira e o araçazeiro pertencem à família *Myrtaceae*, que compreende aproximadamente 130 gêneros e 3000 espécies de árvores e arbustos distribuídos principalmente nos trópicos e subtrópicos (Watson & Dallwits, 2007). A goiaba, nativa do Norte da América do Sul, é amplamente distribuída nas regiões tropicais da América (Risterucci *et al*., 2005) e vem ganhando espaço no agronegócio devido a características apreciáveis do seu fruto, como sabor, aspecto e riqueza em nutrientes e elementos funcionais, podendo ser consumida *in natura* ou processada, nas formas de doces, geléias, compotas, sucos, dentre outras (São José *et al*., 2003). O araçá, rico em minerais e elementos funcionais como vitaminas e compostos fenólicos, tem sido estudado como alternativa de plantio comercial em algumas regiões, tendo boa aceitação entre os consumidores e podendo também ser consumido *in natura* ou processado (Franzon, 2009).

A busca por cultivares ricas em compostos funcionais tem se consolidado como um dos principais focos dos programas de melhoramento genético (Carvalho *et*

al., 2006), que visam à obtenção de cultivares que associem caracteres de interesse, provenientes de plantas nativas, ou mesmo domesticadas. Bancos ativos de germoplasma (BAGs) são uma potente ferramenta, tanto no que diz respeito à obtenção de cultivares com vantagens econômicas quanto na caracterização e conservação de material genético (Pereira, 1984, 1995).

Dentre os compostos funcionais, visados pelos programas de melhoramento, estão os antioxidantes, como vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos, por serem bastante valorizados em termos de alimentação saudável (Chorilli *et al*., 2007; Vicentino e Menezes, 2007). Estes compostos possuem elevado potencial de neutralizar efeitos danosos dos radicais livres e diversos estudos mostram os benefícios do consumo desses compostos na saúde humana (Zhang *et al*., 2003; Indap *et al*., 2006; Michaud *et al*., 2000; Kris-Etherton *et al*., 2002).

A vitamina C está envolvida na prevenção contra danos ao DNA, causados por radicais livres, na eliminação de oxidantes que podem estar envolvidos com o desenvolvimento da catarata, além da redução de efeitos nocivos da LDL (lipoproteína de baixa densidade) (Fraga *et al*., 1991; Mares-Perlman, 1997; Lehr *et al*., 1995).

Os carotenóides, responsáveis pela coloração amarelo/vermelho em frutos, flores e raízes (Staehelin e Newcomb, 2000), além da modificação da coloração da casca de frutos com o amadurecimento (Mattius e Durigan, 2001), são também considerados excelentes antioxidantes. A goiaba é rica em licopeno, um carotenóide capaz de combater câncer de próstata e arteriosclerose (Piedade-Neto *et al.*, 2003).

Outro grupo de antioxidantes, que tem sido amplamente estudado, são os compostos fenólicos, que aliam sua capacidade de seqüestrar radicais livres à função quelante de metais (Shahidi *et al*., 1992). Dentre os fenólicos, encontram-se os flavonóides, pigmentos vegetais que atuam contra diversos tipos de patologias como

antimicrobianos, antimutagênicos e anticarcinogênicos (Oliveira *et al*., 1999, Martinez e Flores, 2002). A quercetina, flavonóide presente em maior quantidade em goiabas, possui capacidade antioxidante 5 vezes maior que as vitaminas C e E (Urso e Clarkson, 2003).

Diversos estudos sobre antioxidantes têm sido realizados em goiabas (Yan *et al*., 2006; Mendonça *et al*., 2007; Iha *et al*., 2008; Patthamakanokporn *et al*., 2008) e araçás (Andrade *et al*., 2002; Wille *et al*., 2004; Santos *et al*., 2007; Hamm *et al*., 2009), tanto para quantificação, quanto para isolamento e identificação de substâncias. Tais estudos envolvem a quantificação, sobretudo, de ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenóides e análise da atividade antioxidante, que é uma forma amplamente utilizada para se avaliar a capacidade de um material vegetal em reduzir um determinado radical livre.

O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de ácido ascórbico, carotenóides, compostos fenólicos e atividade antioxidante em acessos de goiabeira (*Psidium guajava*) e araçazeiros (*Psidium* spp.) pertencentes ao do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido, a fim de fornecer subsídios para o programa de melhoramento do gênero *Psidium* visando à obtenção de cultivares que produzam frutos ricos em compostos funcionais.

Material e métodos

Aquisição das amostras: Foram colhidos frutos maduros de 60 acessos de goiabeira e dez de araçazeiros do banco ativo de germoplasma de *Psidium* (Tabela 1) instalado no Campo Experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (9° e 9' de latitude Sul e 40° e 29' de longitude Oeste e altitude de 365,5 m) (Amorim Neto, 1989).

A partir de coletas de inúmeros frutos, foram selecionados aqueles que se encontravam em um ponto mais homogêneo, a fim de se evitar variações nos teores dos compostos analisados decorrentes de diferentes estágios de maturação.

Para cada acesso, foram utilizados frutos de seis plantas, sendo selecionados, para cada análise, seis frutos inteiros (casca e polpa) provenientes de duas plantas. O material foi congelado em nitrogênio líquido e armazenado em freezer (-80ºC) para as análises, à exceção do ácido ascórbico, cuja quantificação foi imediata.

Nos frutos selecionados, foram analisados os teores de:

Ácido ascórbico: Foi determinado pelo método proposto por Carvalho *et al*. (1990), que se baseia na redução do 2,6 diclorofenol-indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico (AA). A extração foi realizada utilizando-se cerca de 500 mg do material processado para 50 mL ácido oxálico a 0,5%. O extrato foi titulado com solução de DCFI a 0,02%, previamente padronizada por titulação com solução padrão de AA 50 mg L^{-1}, preparado em ácido oxálico a 0,5%. Os resultados foram expressos em mg de AA 100 g^{-1} de material fresco (MF).

Carotenóides: Os teores dos carotenóides β-caroteno e licopeno foram determinados seguindo-se a metodologia utilizada por Nagata e Yamashita (1992). Para extração, utilizou-se 0,5 a 2 g do material com 20 mL da mistura hexano/acetona (6:4). Após agitação por 15 minutos em Turrax a 12500 rpm (em gelo), o material foi centrifugado a 4750 g, por 10 minutos a 4ºC. O volume foi completado para 20 mL com a solução extratora e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 453 nm, 505 nm, 645 nm e 663 nm, contra um branco da solução extratora. Para o cálculo dos teores dos carotenóides, foram utilizadas as seguintes equações:

β-caroteno (mg 100 mL^{-1}) = $0{,}216.A663 - 1{,}22.A645 - 0{,}304.A505 + 0{,}452.A453$

Licopeno (mg 100 mL^{-1}) = $-0{,}0458.A663 + 0{,}204.A645 + 0{,}372.A505 - 0{,}0806.A453$

Os resultados foram expressos em mg 100 g^{-1} MF.

Fenóis totais: A extração dos compostos fenólicos foi feita de acordo com o proposto por Alothman *et al*. (2009), com modificações. Foram pesados 500 mg do material processado, a partir do qual, se realizaram duas extrações com três mL dos solventes, etanol a 90% e acetona a 50%, na primeira e segunda extrações, respectivamente. As extrações se deram por agitação por 30 minutos em ambiente escuro e com gelo. Após a primeira centrifugação a 4750 g por 15 minutos a 4ºC, o sobrenadante foi reservado e foi então adicionado o segundo solvente. O processo foi repetido, com os sobrenadantes combinados, completando-se o volume para 10 mL com a solução extratora.

A quantificação foi realizada pelo método proposto por Singlenton & Rossi (1965), utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteau. Foi construída uma curva de referência utilizando-se como padrão, o ácido gálico. As leituras foram feitas a 700 nm e os resultados expressos em mg equivalente em ácido gálico (EAG) 100 g^{-1} MF.

Flavonóides totais: A quantificação dos flavonóides totais foi realizada de acordo com o método descrito por Lombard *et al*. (2002) com modificações. Para extração, utilizou-se 500 mg do material processado. Foram realizadas três extrações com 2 mL da solução extratora (etanol a 95% + ácido acético a 10%, na proporção 85:15). Após agitação por 20 minutos, procedeu-se a centrifugação a 4750 g por 15 minutos. O sobrenadante foi reservado e repetiu-se o processo por mais 2 vezes, sendo o volume final completado para 10 mL com a solução extratora.

Para a quantificação, foram utilizados 500 µL extrato com 500 µL $AlCl_3$ a 5% e 2 mL da solução extratora. Após repouso por 30 minutos, procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 425 nm. A curva de referência foi construída utilizando-se rutina, sendo os resultados expressos em mg de rutina 100 g^{-1} MF.

Atividade antioxidante: Foi determinada pelo método proposto por Mensor *et al.* (2001) com modificações. O extrato utilizado foi o obtido para os fenóis totais e para as quantificações, foi preparada uma solução padrão 100 μM de DPPH (difenilpicrilhidrazila), com a qual, foram construídas duas curvas de referência:

1- Curva de Referência DPPH: Para 6 tubos de ensaio, foram transferidos de 10 a 300 nmoles da solução padrão. Os volumes foram completados para 3 mL com etanol a 90%. Após 40 minutos no escuro, foram feitas as leituras em espectrofotômetro a 517 nm, contra branco de etanol a 90%.

2- Curva de referência de ácido ascórbico (AA): Para 5 tubos de ensaio, foram transferidos de 6,25 a 37,5 μg de AA a partir de uma solução padrão de AA a 250 μg mL^{-1}. A seguir, os volumes foram completados para 0,15 mL com etanol a 90% e então, adicionados 2,85 mL da solução padrão de DPPH. Após 40 minutos no escuro, foram feitas as leituras em espectrofotômetro a 517 nm contra branco de etanol a 90%.

Para a quantificação, foram utilizados 0,15 mL do extrato mais 2,85 mL da solução padrão de DPPH. Os resultados foram expressos de duas maneiras: equivalente em ácido ascórbico (mg EAA 100 g^{-1} MF) e μmoles de DPPH reduzidos g^{-1} MF.

Análises estatísticas: Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Scot-Knott, a 5% de probabilidade. Foi também realizada a análise de correlação linear de Pearson.

Resultados e Discussão

Ácido ascórbico: Em goiaba, foi encontrada variação de 44,66 a 409,77 mg $100g^{-1}$ nos acessos G34PE e G03MA, respectivamente (Tabela 2). Yan *et al.* (2006) encontraram 144 mg 100 g^{-1} em frutos com casca da cultivar 'Kampuchea', enquanto Thaipong *et al.* (2006) relatam variação de 174 a 397 mg 100 g-1 em 4 genótipos diferentes de goiaba.

Nos acessos de araçazeiro, a variação foi de 20,26 mg $100g^{-1}$ (A43PE) a 67,80 mg $100g^{-1}$ (A100AM) (Tabela 2). Resultado semelhante (60,98 mg $100g^{-1}$) foi encontrado em araçá-pêra, nativo da Amazônia por Wille *et al*. (2004).

Especula-se que a necessidade diária de vitamina C esteja em torno de 60 mg por dia para um individuo adulto (Sauberlich, 1990), enquanto que a Organização Mundial de Saúde recomenda a ingestão diária de 45 mg de vitamina C (OMS, 2004). Uma revisão relacionando estudos epidemiológicos de antioxidantes sugere que a absorção diária de 150 mg de vitamina C em associação com outras vitaminas pode estar ligada com uma menor incidência de acidentes cardiovasculares e de diversos tipos de câncer (Diplock *et al*., 1998). Assim, os acessos estudados poderiam ser fontes de vitamina C e a ingestão de 40 g de frutos do acesso G03MA, por exemplo, poderia suprir a necessidade diária de vitamina C. Por outro lado, Luximon-Ramma *et al*. (2003) sugerem a ingestão de 105 g de goiaba branca, já que encontraram valores desta vitamina, em torno de 146,6 mg 100 g^{-1}. Apesar dos menores teores, os araçás ainda apresentam quantidades suficientes para suprir, pelo menos boa parte das necessidades diárias da vitamina C.

Carotenóides: O maior teor de licopeno nas goiabas (4,04 mg 100 g^{-1}) ocorreu no acesso G73RO, de polpa com coloração rosa escuro (Tabela 3). Por outro lado, o menor valor (0,04 mg 100 g^{-1}) foi obtido em G96AM, de coloração branca. Nos araçás, cuja coloração da polpa variou de creme a amarelo (Tabela 3), a variação foi de 0,03 a 0,45 mg 100 g^{-1} em A78RO e A100AM, respectivamente (Tabela 2). Padula & Rodriguez-Amaya (1996), em estudos de goiabas IAC-4, observaram que o licopeno foi o carotenóide mais abundante, como também encontrado na maioria dos acessos de goiaba do presente trabalho.

Os teores de β-caroteno em goiaba variaram de 0,13 mg 100 g^{-1} (G60SE, G95AM e G96AM) a 2,54 mg 100 g^{-1} (G24MA), sendo que os frutos com maiores teores possuiam polpa de coloração do laranja ao rosa (Tabelas 2 e 3). Estes resultados estão próximos dos citados por Setiawan *et al.* (2001), que detectaram teores de carotenóides totais entre 0,89 e 4,6 mg 100 g^{-1} em goiaba. Por outro lado, teores mais elevados foram encontrados por Mendonça *et al.* (2007), considerando-se o amplo predomínio de licopeno e β-caroteno em goiaba. Analisando carotenóides totais nas cultivares de polpa vermelha 'Cordibel 1' e branca 'Cordibel 4', os autores encontraram variação de 1,34 a 8,74 mg 100 g^{-1} e de 0,28 a 0,75 mg 100 g^{-1} na primeira e segunda, respectivamente. Pode-se notar que os acessos de goiaba com polpa de coloração branca ou creme apresentaram traços de carotenóides, resultado semelhante ao descrito por Thaipong *et al*. (2006), que em estudo com uma cultivar de polpa branca e três de polpa rosa, não detectaram carotenóides totais na primeira, enquanto que nas demais, houve uma variação de 0,78 a 2,93 mg 100 g^{-1}.

Nos acessos de araçá, os teores de β-caroteno variaram de 0,18 mg 100 g^{-1} (A45PE) a 0,73 mg 100 g^{-1} (A08MA e A43PE). Almeida *et al*. (2009) encontraram 0,84 mg 100 g^{-1} de carotenóides totais em araçá amarelo, enquanto Vizzotto *et al*. (2009) não detectaram carotenóides totais em suco contendo 70% da polpa de araçá.

Fenóis totais: Em goiaba, os fenóis totais, expressos como equivalente em ácido gálico, variaram de 158 a 447 mg EAG 100 g^{-1} nos acessos G49SE e G03MA, respectivamente, com os maiores teores em frutos com polpas de colorações laranja a rosada (Tabelas 2 e 3). Estes valores são semelhantes aos encontrados por Thaipong *et al*. (2006), que citam uma variação de 170 a 340 mg 100 g^{-1}. Patthamakanokporn *et al.* (2008) e Alothman *et al.* (2009) relatam valores de 148 e 185 mg 100 g^{-1} EAG, em estudos na Tailândia e Malásia, respectivamente.

Nos araçás, foram encontrados teores de compostos fenólicos entre 231 EAG g^{-1} (A45PE) e 388 mg EAG g^{-1} (A100AM) (Tabela 2). Em suco contendo 70% da polpa do araçá, foram verificados 186 mg 100 mL^{-1} em ácido clorogênico (Vizzotto *et al*., 2009). Gonçalves *et al*. (2009) encontraram, em polpa de araçá vermelho, 427 mg 100 g^{-1} EAG, teores maiores do que os observados no presente trabalho.

Nota-se que os maiores valores de atividade antioxidante foram encontrados em frutos com altos teores de compostos fenólicos (Tabela 2), o que confirma a constatação de Luximon-Ramma *et al*. (2003), de que frutos caracterizados pelo baixo teor de compostos fenólicos totais exprimem baixa atividade antioxidante. Estes compostos, certamente contribuem para o aumento do potencial antioxidante, inferindo a esses frutos a qualidade de bons removedores de radicais livres, sendo apontados por Chen & Yen (2007) como os principais compostos responsáveis pela alta atividade antioxidante em goiabas. Radicais livres, mais particularmente sua excessiva produção, podem promover desordens humanas como doenças cardiovasculares, diabetes e câncer, contribuindo para o aumento da taxa de mortalidade (Luximon-Ramma *et al*., 2003) e o consumo de alimentos que contenham substâncias capazes de remover esses radicais (espécies reativas de oxigênio e espécies reativas de nitrogênio) podem colaborar na promoção de melhor saúde.

Flavonóides: Os flavonóides totais, expressos em teor de rutina, apresentaram variação de 10,67 mg $100g^{-1}$ (G60SE) a 46,82 mg $100g^{-1}$ (G21MA) em goiabas, enquanto que nos araçás, a variação foi de 16,87 mg $100g^{-1}$ (A45PE) a 36,33 mg 100 g^{-1} (A43PE) (Tabela 2). Os maiores teores em goiabas foram os encontrados em G21MA, que possui polpa com coloração laranja escuro, G24MA (rosa escuro) e G55SE (laranja claro) (Tabela 3). Alothman *et al.* (2009) e El Sohafy *et al*. (2009) relatam, respectivamente, 24,05 e 39,5 mg 100 g^{-1} expressos como quercetina em goiaba.

Pelos resultados obtidos, pode-se inferir que os flavonóides não colaboraram significativamente para o aumento da atividade antioxidante dos frutos devido aos baixos teores apresentados, embora apresente correlação positiva com a atividade antioxidante (Tabela 4). Luximon-Ramma *et al*. (2003) observaram resultados semelhantes em alguns frutos, incluindo goiaba branca e goiaba vermelha. Outro fator a se considerar é que a capacidade antioxidante dos flavonóides pode sofrer influência do ambiente, uma vez que sua autoxidação, catalisada por metais de transição para produzir radicais superóxido pode reduzir a capacidade antioxidante dos flavonóides (Chen & Yen, 2007).

Atividade antioxidante: Expressa como equivalente em ácido ascórbico, verificou-se uma variação na atividade antioxidante, em goiaba, de 280 mg EAA 100 g^{-1} (G81RO) a 812 mg EAA 100 g^{-1} (G03MA), enquanto que nos araçás, a variação foi de 398 mg EAA 100 g^{-1} a 575 mg EAA 100 g^{-1}, nos acessos A45PE e A80RO, respectivamente (Tabela 2). Yan *et al*. (2006) encontraram 218 e 310 mg EAA 100 g^{-1} em goiaba verde e madura, respectivamente.

Expressando-se em µmoles de DPPH reduzidos por grama de amostra, o menor valor em goiaba foi de 30,00 µmoles g^{-1} (G49SE e G81RO) e o maior, 88,33 µmoles g^{-1} (G03MA), ao passo que nos araçás, a variação foi de 41,67 a 59,33 µmoles g^{-1} nos acessos A45PE 2 A80RO, respectivamente (Tabela 2).

Foi relatada variação de 16 a 32 µmoles g^{-1} expressos em trolox em 4 cultivares de goiaba (Thaipong *et al*., 2006), ao passo que Luximon-Ramma *et al*. (2003) relatam atividade de 7 e 17 µmoles g^{-1} em trolox para goiaba de polpa rosa e branca, respectivamente e de 45 µmoles g^{-1} para *Psidium cattleianum* de polpa amarela. Vizzotto *et al*. (2009), estudando suco contendo 70% de polpa de araçá, citam atividade de 3 mg mL^{-1} do suco, expressos em equivalente trolox.

A alta atividade antioxidante, acompanhada de elevados níveis de compostos fenólicos em goiabas foi constatada por Pereira (2009) em estudo comparativo com outros frutos (abacaxi, mamão, manga e frutas cítricas), tendo encontrado em goiabas os maiores teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

O estudo de correlação linear de Pearson mostra alta correlação positiva entre compostos fenólicos e atividade antioxidante (R= 0,95) e entre β-caroteno e flavonóides (R= 0,81) (Tabela 4). Entre os demais dados, a correlação foi moderada, à exceção do licopeno, que apresentou correlação insignificante com a atividade antioxidante, compostos fenólicos, ácido ascórbico e flavonóides, e do β-caroteno, que apresentou o mesmo comportamento em relação aos compostos fenólicos (Tabela 4). Os resultados diferem dos encontrados por Thaipong *et al*. (2006), que citam alta correlação negativa entre β-caroteno e compostos fenólicos. Os autores ainda citam alta correlação positiva da atividade antioxidante com os compostos fenólicos e o ácido ascórbico, semelhante ao presente trabalho. A correlação entre o ácido ascórbico e a atividade antioxidante se mostrou moderada devido à presença de araçás e algumas goiabas com teores muito baixos de ácido ascórbico quando comparados aos que apresentaram os teores mais elevados. Esse dado confirma a constatação de Luximon-Ramma *et al*. (2003) que citam correlação bastante baixa entre esses dois dados (0,07), relacionando o fato aos baixos teores de ácido ascórbico encontrados em seu trabalho.

Este é um dos mais amplos trabalhos envolvendo compostos antioxidantes em acessos de goiabeiras e araçazeiros conduzidos no Brasil e, além de confirmar o alto teor de antioxidantes na goiaba, revela o araçá como fonte importante de tais substâncias, sobretudo compostos fenólicos. Essa característica, aliada à sua boa aceitação, deve ser levada em consideração a fim de se oferecer maior espaço para exploração dessa espécie nativa do Brasil.

Com relação aos acessos de goiabeira, deve-se dar destaque ao elevado teor de vitamina C em alguns acessos, bem acima dos encontrados em diversos estudos já realizados (Lima *et al*., 2002; Yan *et al*, 2006), sendo que alguns desses acessos apresentam ainda, elevado teor de compostos fenólicos, com destaque para acessos provenientes do estado do Maranhão, em que foram encontrados os cinco acessos com maior valor conjunto desses dois grupos de antioxidantes (G01MA, G02MA, G03MA, G10MA, G16MA, G17MA, G22MA), o que aumenta significativamente o poder antioxidante desse fruto.

Houve grande variação dentro dos parâmetros analisados, o que mostra um grande potencial para melhoramento, tanto para os acessos de goiabeiras quanto de opção para cultivo, dada a fácil adaptação do gênero e a boa aceitação e diversificação do uso de seus frutos, que podem ser aliadas à riqueza nesses compostos funcionais.

Conclusão

Há forte correlação positiva entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos (R = 0,95), tanto para goiabas quanto para araçás, o que os classifica como importantes contribuintes para a atividade antioxidante nesses frutos.

O ácido ascórbico apresenta contribuição significativa para a atividade antioxidante em goiaba, porém baixa em araçá.

Dentre os acessos de goiaba mais indicados para estudos dessa natureza, pode-se citar G03MA, G10MA, G01MA, G16MA e G02MA, que associam elevados teores de diversos antioxidantes em conjunto e, sobretudo, por apresentarem as maiores atividades antioxidantes. Com relação aos araçás, se destacam os acessos A100AM,

A43PE, A80RO, A73RO e A78RO, devido, sobretudo ao elevado teor de compostos fenólicos.

Referências Bibliográficas

Almeida, C.B., Manica-Berto, R., Franco, J.J., Pegoraro, C., Fachinello, J.C., Silva, J.A., 2009. Comparação do teor de carotenóides em frutos nativos de regiões tropicais e temperadas. XVIII CIC-XI ENPOS, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A., 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chemistry 115 (3), 785-788.

Amorim Neto, M.S., 1989. Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru, Petrolina, PE. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. 58 p. (EMBRAPACPATSA, Documentos, 57).

Andrade, R.S.G., Diniz, M.C.T., Neves, E.A., Nóbrega, J.A., 2002. Determination and distribution of ascorbic acid in three tropical fruits. Eclet. Quím. 27 (special), 393-401.

Carvalho, C. R .L., Mantovani, D. M. B., Carvalho, P. R. N., Moraes, R. M. M., 1990. Análises químicas de alimentos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 121p. (Manual Técnico).

Carvalho, P.G.B., Machado, C.M.M., Moretti, C.L., Fonseca, M.E.N. , 2006. Hortaliças como alimentos funcionais. Hortic. Bras. 24 (4), 397-404.

Chorilli M., Leonardi G.R., Salgado H.R.N., 2007. Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas. Rev. Bras. Farm. 88, 113-118.

El Sohafy, S.M., Metwalli, A.M., Harraz, F.M., Omar, A.A., 2009. Quantification of flavonoids of *Psidium guajava* L. preparations by Planar Chromatography (HPTLC). Pharmacognosy Magazine 4, 17, 61-66.

Fraga, C.G., Motchnik, P.A., Shigenaga, M.K., Helbock, H.J., Jacob, R.A., ames, B.N., 1991. Ascorbic acid protects against endogenous oxidative DNA damage in human sperm. Proc. Nat. Acad. Sci. 88, 11003-11006.

Franzon, R.C., 2009. Espécies de araçás nativos merecem maior atenção da pesquisa. Grupo cultivar de publicações, 2009. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/noticias/noticia.asp?id=36454. Acesso em dezembro de 2009.

Hamm, J.H.G., Manica-Berto, R., Contreira, C.L., Pegoraro, C., Rufato, A.R., Silva, J.A., 2009. Estudo fitoquímico em frutos da família Myrtaceae. XVIII CIC-XI ENPOS,Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Iha, S.M., Migliato, K.F., Vellosa, J.C.R., Sacramento, L.V.S., Pietro, R.C.L.R., Isaac, V.L.B., Brunetti, I.L., Corrêa, M.A., H.R.N., 2008. Estudo fitoquímico de goiaba (Psidium guajava L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. Brazilian Journal of Pharmacognosy. 18 (3), 387-393.

Indap, M.A., Radhika, S., Motiwale, L., Rao, K.V.K., 2006. Quercetin: Antitumor activity and pharmacological manipulations for increased therapeutic gains. Indian. J. Pharm Sci. 68 (4), 465-469.

Kris-Etherton, P.M., Heckerm K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., *et al*., 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. Am. J. Med. 113 (9), 71-88.

Lehr, H. A., Frei, B., Olofsson, A. M., Carew, T. E., Arfors, K. E., 1995. Protection from oxidized LDL-induced leukocyte adhesion to microvascular and

macrovascular endothelium in vivo by vitamin C but not Vitamin E. Circulation 91, 1525-1532.

Lima, M.A.C., Assis, J. S., Gonzaga Neto, L., 2002. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio são francisco. Rev. Bras. Frutic. 24, 273-276.

Lombard, K.A., Geoffriau, E., Peffley, E., 2002. Flavonoid quantification in onion by spectrophotometric and high performance liquid chromatography analysis. HortScience 37 (4), 682-695.

Luximon-Ramma, A., Theeshan Bahorun, T., Crozier, A. 2003. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. J. Sci. Food. Agric. 83, 496–502.

Mares-Perlman, J.A., 1997. Contribution of epidemiology to understanding relations of diet to age-related cataract. Am. J. Clin. Nutr. 66, 739-740.

Martínez-Flores, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., Tuñón, M. J., 2002. Los flavonoides:propriedades y acciones antioxidantes. Nutr. Hosp. 17 (6), 271-278.

Mattiuz, B., Durigan, J.F., 2001. Efeito das injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. Revista Brasileira de Fruticultura 23 (2), 277-281.

Mendonça, R.D., Ferreira, K.S., L.M., Marinho, C.S., Teixeira, S.L., 2007. Caracteristicas físicas e químicas de goiabas ‘cortibel 1’ e ‘cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais. Bragantia 66 (4), 685-692.

Mensor, L.L., Menezes, F.S., Leitão, G.G., Reis, A.S., Santos, T.C., Coube, C.S., Leitão, S.G., 2001. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. Phytotherapy Research 15 (2), 127-130.

Michaud, D.S., Feskanich, D., Rinn, E.B., Colditz, G.A., Speizer, F.E., Willett, W.C. *et al*., 2000. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. Am. J. Clin Nutr. 72 (4), 990-997.

Nagata, M., Yamashita, I., 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39 (10), 925-928.

Oliveira, M.C.C., Carvalho, M.G., Ferreira, D.T., Filho, R.B., 1999. Flavonóides das folhas de *Stiffitia chrysantha* Mikan. Química Nova 22 (2), 182-184.

OMS, 2004. Evidence used to derive recommended intakes of vitamin C. In: Vitamin C. Disponívelem:http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241546123_chap7.pdf

Padula, M., Rodriguez-Amaya, D. B., 1986. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brasilian guavas (*Psidium guajava* L.). Food Chem. 20, 11-19.

Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., Sirichakwal, P.P., 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. Journal of Food Composition and Analysis 21 (2), 41–248.

Pereira, A.C.S., 2009. Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. 120p.

Pereira, F.M., 1984. Rica e Paluma: novas cultivares de goiabeira. In: Congresso brasileiro de fruticultura, 7., 1984, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF. 524-528.

Pereira, F.M., 1995. A cultura da goiabeira. Jaboticabal: Funep. 47p.

Piedade Neto, A. *et al*. (Diretoria Executiva) Goiabrás: realizações e perspectivas. 2003. Disponível em: http:// goiabras.org.br/entidade.html> acesso em agosto de 2008.

Risterucci, A.M., Duval, M.F., Rohde, W., Billote, N., 2005. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. Molecular Ecology Notes 5, 745-748.

Santos, M.D., Blatt, C.T.T., 1998. Teor de flavonóides e fenóis totais em folhas de Pyrostegia venusta Miers. de mata e de cerrado. Rev. bras. Bot. 21 (2), 135-14.

Santos, M.S., Petkowicz, C.L.O., Wosiacki, G., Nogueira, A., Carneiro, E.B.B., 2007. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. Acta Sci. Agron. 29 (supl), 617-621.

São José, A. R., Rebouças, T. N. H., Dias, N. O., Hojo, R. H., Bomfim, M. P., 2003. Cultivo de goiabeira no Brasil. In: primer simposio internacional de la guayaba, 1, Aguascalientes: Memoria...Aguascalientes: México. 84-115.

Sauberlich, H.E., 1990. Ascorbic acid. In: Brown, M. L. (Ed). Present Knowledge in Nutrition, 6th ed. International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington, DC, pp 132–141 (1990).

Setiawan, B., sulaeman, A., Giraud, D.W., Driskell, J.A., 2001. Carotenoid Content of Selected Indonesian Fruits. Journal of Food Composition and Analysis, Duluth. 14, 169-176.

Shahidi, F., Janitha, P.K., Wanasundara, P.D., 1992. Phenolic antioxidants. Reviews in Food Science and Nutrition 32 (1), 67-103.

Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enolb.Vitic. 16, 144–153.

Staehelin, L.A., Newcomb, E.H., 2000. Membrane structure and membranous organelles. In: Buchanan, B. B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds). Biochemistry & Molecular Biology of Plants. Maryland: John Wiley & Sons, Inc. pp. 2-50.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D.H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19, 669–675.

Urso, M.L., Clarkson, P.M., 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology 189 (1), 41-54.

Vicentino A.R.R., Menezes F.S., 2007. Atividade antioxidante de tinturas vegetais, vendidas em farmácias com manipulação e indicadas para diversos tipos de doenças pela metodologia do DPPH. Rev. Bras. Farmacogn. 17, 384-387.

Vizzotto, M., Cardoso, J.H., Castilho, P.M., Pereira, M.C., Fetter, M.R., 2009. Composição fitoquímica e atividade antioxidante de sucos produzidos com diferentes espécies de frutas nativas. XVIII CIC-XI ENPOS, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Watson, L., Dallwitz, M.J., 2008. The families of flowering plants: descriptions, illustrations and information retrieval. Disponível em: http://delta-inkey.com. Acessado em agosto de 2008.

Wille G.M.F, Macedo R.E.F, Masson M.L, Stertz S.C, Neto R.C, Lima J.M., 2004. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum d. c.*) para o pequeno produtor. Ciênc. Agrotec. 28 (6), 1360-1366.

Yan, L.Y., Teng, L.T., Jhi, T.J., 2006. Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. Sunway Academic Journal 3, 9–20.

Zhang, W.J., Chen, B.T., Wang, C.Y., Zhu, Q.H., Mo, Z.X., 2003. Mechanism of quercetin as antidiarrheal agent. *Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao* 23 (10), 1029-1031.

Tabela 1. Procedência dos acessos de goiabeira e araçazeiros do BAG da Embrapa Semiárido avaliados para atividades antioxidantes.

Acesso	Procedência	Estado	Acesso	Procedência	Estado
G01MA	Caxias	MA	A45PE	Escada	PE
G02MA	Caxias	MA	G46PE	Escada	PE
G03MA	Coelho Neto	MA	G47PE	Riacho das almas	PE
G05MA	Buriti	MA	G48SE	Nossa Senhora da Glória	SE
G07MA	Mata Roma	MA	G49SE	Dores	SE
A08MA	Mata Roma	MA	G50SE	Capela	SE
G10MA	Presidente Vargas	MA	G51SE	Capela	SE
G11MA	Presidente Vargas	MA	G52SE	Capela	SE
G12MA	Cajari	MA	G53SE	Japoratuba	SE
G13MA	Viana	MA	G54SE	Japoratuba	SE
G14MA	Pindarí	MA	G55SE	Pirambu	SE
G15MA	Bom Jardim	MA	G58SE	SantaLuzia	SE
G16MA	Bom Jardim	MA	G59SE	Umbamba	SE
G17MA	Santa Luzia	MA	G60SE	Umbamba	SE
G18MA	Santa Luzia	MA	G61SE	Riachão dos Dantas	SE
G19MA	Graiaú	MA	G64BA	Antonio Gonçalos	BA
G20MA	Tuntum	MA	G65RO	Ji-paraná	RO
G21MA	Tuntum	MA	G66RO	Ouro Preto do Oeste	RO
G22MA	Presidente Dutra	MA	G67RO	Jaru	RO
G23MA	Presidente Dutra	MA	G68RO	Buritis	RO
G24MA	Colinas	MA	G69RO	Buritis	RO
G25MA	Colinas	MA	G70RO	Buritis	RO
G26MA	Paibano	MA	G73RO	Ariauemes	RO
G28PI	Colônia Gurqueia	PI	A78RO	Candeias do Jamarí	RO
A29PI	Eliseu Martins	PI	A79RO	PortoVelho	RO
G30PI	Canto do Buriti	PI	A80RO	PortoVelho	RO
G31PI	Brejo do Piauí	PI	G81RO	PortoVelho	RO
G32PE	Ibimirim	PE	G83AM	ItacoatiA	AM
G33PE	Ibimirim	PE	G87AM	Iranduba	AM
G34PE	Ibimirim	PE	G92AM	Manacapuru	AM
G35PE	Ibimirim	PE	G94AM	Autazes	AM
G38PE	Pesqueira	PE	G95AM	Autazes	AM
A42PE	Escada	PE	G96AM	Autazes	AM
A43PE	Escada	PE	G98AM	Autazes	AM
A44PE	Escada	PE	A100AM	Careiro	AM

G: acessos de goiabeiras; A: acessos de araçás. MA: Maranhão; PI: Piauí; PE: Pernambuco; SE: Sergipe; BA: Bahia; RO: Rondônia; AM: Amazonas.

Tabela 2. Teores de compostos antioxidantes em acessos de goiabeiras e araçazeiros do BAG da Embrapa Semiárido.

Acesso	AOX1	AOX2	FEN	AA	FLV	LIC	BCT
G01MA	729,84 a	79,33 a	389,03 a	233,75 e	36,47 a	1,01 e	1,88 b
G02MA	615,81 b	67,00 b	318,31 b	95,22 i	38,95 a	1,82 d	1,24 e
G03MA	811,80 a	88,33 a	447,28 a	409,77 a	35,26 a	2,63 c	1,43 d
G05MA	486,01 d	52,33 c	279,66 b	151,99 g	35,54 a	2,37 c	1,47 d
G07MA	502,30 c	55,00 c	253,73 c	254,20 d	26,12 c	2,48 c	1,32 d
G10MA	798,61 a	86,67 a	423,55 a	293,19 c	36,93 a	2,85 b	1,64 c
G11MA	553,07 c	59,33 c	299,56 b	260,27 d	35,73 a	1,12 e	1,36 d
G12MA	457,72 d	50,00 d	238,90 c	175,19 g	20,57 d	3,08 b	0,61 h
G13MA	410,45 d	44,67 d	210,26 d	128,73 h	33,98 b	1,03 e	1,63 c
G14MA	540,07 c	57,67 c	307,44 b	197,52 f	37,35 a	0,66 e	1,02 e
G15MA	415,31 d	45,00 d	212,78 d	67,24 j	32,23 b	0,91 e	1,20 e
G16MA	649,38 b	70,67 b	335,16 b	223,39 e	33,41 b	0,92 e	1,11 e
G17MA	636,79 b	66,33 b	337,16 b	166,09 g	27,00 c	0,76 e	0,78 g
G18MA	557,01 c	58,00 c	296,10 b	131,80 h	30,14 b	1,27 e	0,90 f
G19MA	367,17 e	38,33 e	205,75 d	103,72 i	26,97 c	3,19 b	1,15 e
G20MA	407,24 d	44,00 d	221,11 d	142,66 h	26,53 c	3,81 a	1,15 e
G21MA	552,70 c	58,00 c	285,80 b	85,45 j	46,82 a	2,22 d	1,80 b
G22MA	603,78 b	64,67 b	340,24 b	261,55 d	34,09 b	2,17 d	1,74 b
G23MA	578,64 b	60,00 c	308,03 b	195,40 f	39,67 a	2,44 c	1,07 e
G24MA	462,45 d	49,67 d	193,76 d	189,86 f	41,38 a	1,73 d	2,54 a
G25MA	361,53 e	37,67 e	188,41 d	102,29 i	27,16 c	2,81 b	1,21 e
G26MA	379,85 e	39,67 e	191,28 d	88,81 j	29,08 b	2,37 c	1,09 e
G28PI	383,20 e	38,00 e	204,65 d	65,33 j	30,31 b	2,07 d	0,52 i
G30PI	424,30 d	44,00 d	221,89 d	103,86 i	24,71 c	2,66 c	0,88 f
G31PI	581,24 b	60,67 c	323,80 b	230,58 e	38,94 a	0,55 f	1,68 c
G32PE	446,62 d	47,00 d	251,53 c	76,01 j	29,00 b	3,68 a	1,37 d
G33PE	352,51 e	35,00 e	228,18 c	49,38 k	17,73 d	2,46 c	0,74 h
G34PE	375,31 e	38,00 e	195,46 d	44,66 k	19,63 d	0,08 f	0,57 i
G35PE	454,90 d	47,67 d	260,45 c	94,07 i	25,96 c	1,93 d	0,55 i
G38PE	575,11 b	60,00 c	315,63 b	317,13 b	39,67 a	3,08 b	1,61 c
G46PE	354,94 e	37,33 e	201,74 d	130,83 h	24,65 c	2,38 c	0,68 h
G47PE	601,50 b	63,00 b	324,07 b	397,14 a	23,91 c	2,03 d	0,64 h
G48SE	512,06 c	53,67 c	270,79 c	204,61 f	26,44 c	2,78 b	0,76 h
G49SE	302,73 e	30,00 e	157,76 d	77,01 j	30,09 b	2,37 c	1,75 b
G50SE	458,12 d	48,00 d	206,11 d	109,07 i	30,25 b	2,70 c	1,31 d
G51SE	325,86 e	35,00 e	174,94 d	122,58 i	15,49 e	0,74 e	0,79 g
G52SE	418,70 d	42,00 e	210,26 d	122,30 i	31,24 b	3,01 b	0,97 f
G53SE	387,27 e	40,33 e	198,18 d	108,84 i	21,23 d	2,67 c	0,98 f
G54SE	469,91 d	46,67 d	230,99 c	137,87 h	37,85 a	1,02 e	1,86 b
G55SE	526,44 c	55,00 c	252,40 c	79,56 j	39,83 a	3,38 a	1,84 b

Tabela 2. Continuação...

G58SE	438,33 d	47,33 d	222,16 d	78,22 j	35,40 a	2,08 d	1,69 c
G59SE	331,33 e	33,00 e	190,89 d	94,68 i	26,59 c	1,81 d	1,27 d
G60SE	369,96 e	39,00 e	213,88 d	73,42 j	10,67 e	0,10 f	0,13 k
G61SE	392,77 e	41,00 e	203,98 d	96,24 i	26,79 c	2,42 c	0,65 h
G64BA	423,25 d	44,00 d	232,07 c	144,74 h	24,55 c	2,99 b	0,94 f
G65RO	423,90 d	44,00 d	231,41 c	119,14 i	25,72 c	3,60 a	1,12 e
G66RO	393,43 e	40,67 e	215,16 d	121,02 i	18,69 d	0,26 f	0,25 j
G67RO	415,59 d	44,00 d	223,42 d	111,65 i	27,13 c	2,60 c	0,92 f
G68RO	338,46 e	35,33 e	227,72 c	91,62 j	12,02 e	0,08 f	0,14 k
G69RO	442,31 d	46,00 d	230,52 c	90,40 j	23,95 c	2,88 b	0,71 h
G70RO	361,26 e	38,00 e	216,97 d	106,41 i	28,62 b	2,96 b	1,37 d
G73RO	557,70 c	58,00 c	312,06 b	113,19 i	27,49 c	4,04 a	1,30 d
G81RO	280,12 e	30,00 e	184,58 d	82,57 j	14,37 e	0,13 f	0,23 k
G83AM	373,17 e	41,00 e	186,11 d	132,29 h	19,17 d	3,16 b	0,55 i
G87AM	430,25 d	46,33 d	233,01 c	135,86 h	19,71 d	2,89 b	0,52 i
G92AM	426,56 d	44,67 d	234,28 c	158,66 g	23,56 c	2,41 c	0,64 h
G94AM	514,02 c	53,00 c	283,35 b	173,37 g	24,34 c	3,31 b	1,40 d
G95AM	382,42 e	39,67 e	220,47 d	96,02 i	11,52 e	0,14 f	0,13 k
G96AM	391,48 e	41,00 e	213,69 d	100,68 i	11,18 e	0,04 f	0,13 k
G98AM	469,57 d	49,00 d	260,19 c	80,83 j	27,97 c	3,05 b	1,33 d
A08MA	523,63 c	56,67 c	263,66 c	30,80 k	28,97 b	0,29 f	0,73 h
A29PI	461,81 d	49,00 d	238,79 c	36,18 k	29,27 b	0,08 f	0,58 i
A42PE	476,86 d	49,67 d	262,32 c	44,54 k	23,69 c	0,41 f	0,38 j
A43PE	555,61 c	56,00 c	335,18 b	40,85 k	36,33 a	0,18 f	0,73 h
A44PE	482,53 d	50,33 d	264,45 c	20,26 k	24,87 c	0,26 f	0,50 i
A45PE	397,85 e	41,67 e	230,85 c	32,90 k	16,86 d	0,14 f	0,18 k
A78RO	544,89 c	53,67 c	311,50 b	54,50 k	24,18 c	0,03 f	0,43 j
A79RO	562,30 c	58,67 c	274,16 c	28,75 k	20,46 d	0,27 f	0,27 j
A80RO	575,10 b	59,33 c	320,40 b	32,96 k	19,64 d	0,25 f	0,48 i
A100AM	575,02 b	58,00 c	387,89 a	67,80 j	20,93 d	0,45 f	0,29 j
CV %	**10,42**	**10,81**	**12,63**	**13,30**	**13,90**	**15,43**	**11,45**
Média	**473,42**	**49,74**	**256,29**	**128,85**	**27,47**	**1,81**	**1,00**

AXO1: atividade antioxidante equivalente am ácido ascórbico (mg EAA 100 g^{-1} MF); AOX2: atividade antioxidante (µmoles DPPH reduzidos g^{-1} MF); FEN: fenóis totais(mg EAG 100 g^{-1} MF); AA: ácido ascórbico(mg AA 100 g^{-1} MF); FLV: flavonóides (mgRutina 100g^{-1} MF); LIC: licopeno (mg 100 g^{-1} MF); BCT: β-caroteno (mg 100g^{-1} MF).

Médias do composto antioxidante seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Coloração das polpas de goiabas e araçás do BAG da Embrapa Semiárido.

Acesso	polpa	Acesso	polpa	Acesso	polpa
G01MA	LC	A29PI	LC	G59SE	RE
G02MA	LE	G30PI	RC	G60SE	CR
G03MA	LE	G31PI	LE	G61SE	RC
G05MA	LC	G32PE	RC	G64BA	RC
G07MA	LC	G33PE	RC	G65RO	RE
A08MA	AM	G34PE	BC	G66RO	RC
G10MA	RE	G35PE	RC	G67RO	RE
G11MA	RC	G38PE	RE	G68RO	BC
G12MA	RC	A42PE	AM	G69RO	RE
G13MA	LE	A43PE	AM	G70RO	RE
G14MA	LC	A44PE	AM	G73RO	RE
G15MA	LC	A45PE	CR	A78RO	LC
G16MA	LC	G46PE	AM	A79RO	AM
G17MA	RC	G47PE	LC	A80RO	CR
G18MA	LC	G48SE	LC	G81RO	CR
G19MA	LC	G49SE	LE	G83AM	RE
G20MA	RC	G50SE	LC	G87AM	AM
G21MA	LE	G51SE	CR	G92AM	RE
G22MA	LE	G52SE	LE	G94AM	LC
G23MA	RE	G53SE	LC	G95AM	BC
G24MA	RE	G54SE	LE	G96AM	BC
G25MA	RC	G55SE	LC	G98AM	RC
G26MA	RC	G58SE	RE	A100AM	CR
G28PI	AM				

Coloração: AM: amarelo; BC: branco; CR: creme; LC: laranja claro; LE: laranja escuro; RC: rosa claro; RE: rosa escuro

Tabela 4. Índices de correlação linear de Pearson entre atividade antioxidante (AOX), fenóis totais (FEN), ácido ascórbico (AA), flavonóides totais (FLV), licopeno (LIC) e β-caroteno (BCT).

	AOX	FEN	AA	FLV	LIC
FEN	0,95**				
AA	0,57*	0,52*			
FLV.	0,53*	0,40*	0,36*		
LIC	-0,02	-0,09	0,29	0,27	
BCT	0,32*	0,18	0,41*	0,81**	0,46*

* e ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste ‘t’.

4- *CAPÍTULO II* - Caracterização química e bioquímica dos frutos de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil

Apresentada nos moldes da Revista '*Ciência Rural*'

Caracterização química e bioquímica dos frutos de goiabeiras e araçazeiros de diferentes regiões do Brasil

Luiz C. Corrêa[1], Carlos A. F. Santos[2], Giuseppina P. P. Lima[3], Marciene A. Rodrigues[4], Hugo L.R. Costa[5]

[1] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: ccorrea@ibb.unesp.br

[2] Embrapa Semi-Árido. Caixa Postal 23. 56302-970. Petrolina, PE. Brasil. E-mail: casantos@cpatsa.embrapa.br.

[3] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: gpplima@ibb.unesp.br

[4] Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, BA. Brasil: eninharodrigues@hotmail.com

[5] Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, BA. Brasil: leonardokoelho@hotmail.com

Resumo

A cultura da goiabeira foi introduzida na região do Vale do São Francisco por apresentar frutos com características desejáveis e também, por ser de fácil adaptação. O araçazeiro tem despertado interesse devido à sua vasta distribuição, ocorrendo em todo o país e também, por apresentar sabor exótico e, assim como a goiaba, ser rico em nutrientes e poder ser consumido *in natura* ou nas formas processadas. O presente trabalho teve por objetivo, caracterizar química e bioquimicamente frutos de acessos de goiabeiras e araçazeiros do banco ativo de germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido, provenientes de diferentes regiões do Brasil. Foram analisados os teores de açúcares, proteínas, sólidos solúveis, acidez titulável e "ratio", além da umidade e dos minerais cálcio, magnésio, ferro, fósforo e potássio. Foram observadas grandes variações nos

caracteres analisados, o que pode ser atribuído à diversidade de genótipos, bem como a condições ambientais, que influenciam no metabolismo da planta, levando a alterações nas características bioquímicas. Em média, os frutos, tanto dos acessos de goiabeira quanto de araçazeiro, apresentaram teores de sólidos solúveis e acidez titulável desejáveis para frutos destinados à industrialização, podendo também ser uma opção para o consumo *in natura*, sobretudo por terem apresentado teores apreciáveis de açúcares e minerais como cálcio, magnésio, fósforo e potássio. A "ratio" apresentou correlação negativa com a acidez titulável (R= - 0,82) e o teor de umidade foi negativamente correlacionado com os teores de açúcares (R= - 0,43), acidez titulável (R= - 0,55) e sólidos solúveis (R= - 0,66). Já entre os minerais (cálcio, magnésio, ferro, fósforo e potássio) não foi constatada correlação significativa. Os resultados revelaram a presença, no material analisado, de acessos promissores para estudos de melhoramento do gênero, com destaque para alguns acessos de goiabeiras provenientes do Maranhão (G11MA, G12MA, G14MA, G16MA e G17MA) e de araçás de Pernambuco (A42PE, A43PE, A44PE e A45PE).

Palavras-chave: *Psidium* spp, caracterização bioquímica, minerais, melhoramento vegetal

Chemical and biochemical characterization of fruits of guava and Brazilian guava trees from different regions of Brazil

Abstract

The culture of guava was introduced in the region of the São Francisco Valley due to it presents fruits with desirable characteristics and also because it is easy to adapt. The Brazilian guava plant has attracted interest due to its wide distribution, occurring

throughout the country, to present exotic taste and as well as guava, it is rich in nutrients and can be consumed fresh or in processed forms. This study aimed to characterize chemical and biochemically fruit of different accessions of guava and Brazilian guava trees of the active germplasm bank (AGB) of Embrapa Semiarid from different regions of Brazil. Were performed the analyzes of the levels of sugars, proteins, soluble solids, acidity and ratio, besides moisture, and the minerals calcium, magnesium, iron, phosphorus and potassium. Large variations were observed in the characters analyzed, which can be attributed to the diversity of genotypes and the environmental conditions that affect the plant metabolism, leading to changes in biochemical characteristics. On average, the fruits of both the accessions of guava and Brazilian guava showed levels of soluble solids and acidity desirable for fruit destined for industrialization and may also be an option for fresh consumption, especially for putting substantial amounts of sugars and minerals such as calcium, magnesium, phosphorus and potassium. It was observed that the values of ratio were negatively correlated with the acidity (R= - 0,82) and the moisture was negatively correlated with the amount of sugar (R= - 0,43), acidity (R= - 0,55) and soluble solids (R= -0,66). Among the minerals (calcium, magnesium, iron, phosphorus and potassium), were found no significant correlation. The results revealed the presence in the material analyzed, of promising accessions for improvement of the genus *Psidium*, especially some guava accessions from Maranhão state (G11MA, G12MA, G14MA, G16MA e G17MA) and Brazilian guava from Pernambuco state (A42PE, A43PE, A44PE e A45PE).

Keywords: *Psidium* spp, biochemical characterization, minerals, plant breeding

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de goiaba. A região nordeste é responsável por cerca de 45% da safra nacional, sendo Pernambuco o maior produtor da região (IBGE, 2008). Por ser um fruto de fácil adaptação, a cultura foi introduzida nas áreas irrigadas da região do Vale do São Francisco. A região contava com 6000 ha plantados em 2000, tendo, no entanto, uma redução de 70% nessa área em um período de seis anos (Carneiro, 2007).

O fruto chega apresentar teores de açúcares e de alguns minerais, como ferro, cálcio e fósforo acima daqueles encontrados em grande parte das frutas comumente consumidas (Pereira e Martinez Júnior, 1986).

O araçá, pertencente ao mesmo gênero (*Psidium*), é nativo do Brasil e tem sido estudado como alternativa de plantio devido ao seu sabor exótico e riqueza em minerais e compostos fenólicos (Franzon, 2009).

Ambos os frutos podem ser consumidos *in natura* ou na forma de doces, geléias, sucos, sorvetes, dentre outras (São José *et al*., 2003; Choudbury *et al*., 2001).

A caracterização bioquímica dos frutos é importante por fornecer informações nutricionais e outras úteis ao se definir sua destinação.

Para que a goiaba seja destinada à indústria, é desejável que apresente teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) elevados, o que reduz os gastos com processamento (Gonzaga Neto *et al*., 1986; Nascimento *et al*., 1998). Por outro lado, alto teor de SS e baixa acidez são desejáveis para o consumo *in natura* (Gonzaga Neto *et al*., 1986, Paiva *et al*., 1997).

O aumento da ”ratio” afeta a doçura e o “flavor” dos frutos (Nascimento *et al*., 1998), fornecendo informação importante com relação ao sabor dos frutos, devido ao aumento no teor de açúcares e redução dos ácidos durante a maturação (Moreira, 2004).

A procura por uma alimentação mais saudável torna a busca por cultivares ricas em nutrientes, um dos focos de estudos de melhoramento vegetal.

Bancos ativos de germoplasma (BAGs) são importantes ferramentas para os programas de melhoramento genético, fornecendo material para estudos de caracterização e conservação do material genético, bem como para a obtenção de cultivares com as características desejáveis para o melhoramento (Pereira, 1984, 1995).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar aspectos químicos e bioquímicos de goiabas e araçás do banco ativo de germoplasma de *Psidium*, instalado no Campo experimental de Bebedouro, da Embrapa Semi-Árido, com a finalidade de fornecer subsídios para o programa de melhoramento do gênero *Psidium* visando à obtenção de cultivares que produzam frutos ricos em nutrientes.

Material e métodos

Aquisição das amostras: Foram colhidos frutos maduros de 60 acessos de goiabeira e dez de araçazeiros do banco ativo de germoplasma de *Psidium* (Tabela 1) instalado no Campo Experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (9° e 9' de latitude Sul e 40° e 29' de longitude Oeste e altitude de 365,5 m) (Amorim Neto, 1989).

A partir de coletas de inúmeros frutos, foram selecionados aqueles que se encontravam em um ponto mais homogêneo, a fim de se evitar variações nos teores dos compostos analisados decorrentes de diferentes estágios de maturação.

Para cada acesso foram utilizados frutos de seis plantas, sendo selecionados, para cada análise, seis frutos inteiros (casca e polpa) provenientes de duas plantas. O material foi congelado em nitrogênio líquido e armazenado em freezer (- 80ºC) para as análises, à exceção da acidez titulável (AT) e dos sólidos solúveis (SS), cuja

quantificação foi imediata. Foram também separados frutos para análise do teor de umidade.

Acidez titulável (AT): Foi determinada pelo método titulométrico proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em cerca de 1 g do material fresco (MF) foram adicionados 50 mL de água destilada. A suspensão foi titulada com NaOH a 0,1N para a neutralização dos ácidos orgânicos, o que ocorre quando a solução atinge o pH 8,10, com resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

Sólidos solúveis (SS): Foram determinados utilizando-se refratômetro digital, conforme técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), sendo os resultados expressos em °Brix.

"Ratio": Foi obtida pela razão entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Açúcares solúveis totais (AST): A extração dos açúcares foi feita utilizando-se cerca de 100 mg do material fresco para 25 mL de água destilada, mantidos em banho-maria a 60ºC por 30 minutos. O extrato foi centrifugado a 4750 g por 10 minutos e separado o sobrenadante. A quantificação foi feita pelo método da antrona (Mc Cready *et al*., 1950), utilizando-se 1 mL do extrato com 2 mL do reagente de antrona. Foi construída uma curva de referência utilizando-se glicose, sendo os resultados expressos em % glicose em matéria fresca.

Proteína total: Foi determinada pelo método de Kjeldahl, (AOAC, 1997). Cerca de 100 mg do material fresco foi digerida com solução sulfúrica. Após destilação da amônia, que foi recolhida em ácido bórico a 2%, procedeu-se a titulação com ácido sulfúrico 0,025 N, obtendo-se a % de nitrogênio, que foi multiplicada pelo fator 6,25 para conversão em % de proteína MF.

Minerais: Para análise de cálcio, magnésio, ferro, potássio e fósforo, foram pesados 3 g de material fresco. Após digestão ácida com 5 mL da mistura nítrico-perclórica (5:1),

procederam-se as determinações de cálcio, magnésio, ferro e potássio foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica. Já o teor de fósforo foi determinado pelo método descrito por Alcarde (1984). Todos os resultados foram expressos em mg 100 g^{-1} MF.

Teor de umidade: Foi determinado por gravimétrica, secando-se frutos frescos em estufa com circulação de ar até peso constante. Os resultados foram expressos em % de umidade.

Análise estatística: Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Scot-Knott, a 5% de probabilidade. Foi também realizada a análise de correlação de Pearson.

Resultados e Discussão

Acidez titulável (AT): Foi encontrada variação de 0,33 a 0,67% em ácido cítrico em goiabas, sendo os maiores valores detectados em G03MA, G52SE e G17MA (Tabela 2).

Estudando três cultivares comerciais de goiaba, Pereira *et al*. (2003) encontraram acidez média de 0,5% em ácido cítrico, resultado semelhante ao encontrado por Azzolini *et al*. (2004) para a cultivar Pedro Sato (0,51% em ácido cítrico). Soares *et al*. (2007) observaram variações de 0,15 a 0,19% de ácido cítrico em goiabas brancas, conforme o grau de maturidade. Por outro lado, Moreira *et al*. (2004) relataram variação de 0,15 a 0,35% em ácido cítrico em estudo com frutos de 70 goiabeiras de diversas variedades comerciais, enquanto Singh & Pal (2007) verificaram variações maiores, de 0,32 a 0,99 %, em três diferentes cultivares de goiaba. No presente trabalho, a variação observada pode ser atribuída aos diferentes genótipos, assim como clima, solo, estação do ano, etc., que podem contribuir para as alterações

em diversas características bioquímicas, além do grau de maturidade do tecido vegetal analisado, já que são de acessos diferentes e distantes uns dos outros.

Nos araçás, a variação de acidez titulável foi de 0,81 a 1,51% em ácido cítrico. Nestes frutos, os maiores teores foram encontrados em A08MA, A80RO e A100AM. Estes resultados estão bem acima do encontrado por Santos *et al*. (2007) no araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine), em que é relatada AT de 0,30% em ácido cítrico. Nota-se que os teores de acidez titulável encontrados em araçá são maiores dos que os verificados em goiaba. A acidez titulável é um parâmetro que indica a quantidade de ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, quanto combinada com sais, ésteres, glicosideos, etc., podendo ser usados como substratos respiratórios (Medlicott & Jegger, 1987). Esse atributo maior em araçá pode ser um fator a ser considerado para o seu baixo consumo, porém pode ser interessante para o processamento de frutos. Além disso, a acidez titulável pode contribuir para o aroma característico da plantas, já que muitos componentes são voláteis (Chitarra & Chitarra, 2005).

Sólidos solúveis (SS): Nos acessos de goiaba, o maior teor de SS ocorreu em G81RO (15,82°Brix), seguido de G17MA e G12MA, com 15,34 e 14°Brix, respectivamente (Tabela 2). Por outro lado, o menor valor (9,58°Brix) foi obtido em G28PI. Estes resultados são superiores aos encontrados por Oshiro *et al*. (2008) e Azzolini *et al*. (2004), que citam 8,46 e 7,6ºBrix, respectivamente, na cultivar ‘Pedro Sato’. Estudando dez cultivares comerciais de goiaba no Vale do São Francisco, Lima *et al*. (2002) encontraram variação de 7,2 a 10,9ºBrix. Nota-se que os SS, uma medida indireta do teor de açúcares, foi maior, se comparado com os teores descritos na literatura, podendo indicar que alguns genótipos seriam interessantes para estudos de goiaba para consumo *in natura*.

Nos araçás, a variação foi de 12,42 a 16,25°Brix em A100AM e A42PE, respectivamente, valores muito maiores do que os descritos por diversos autores em trabalhos com goiaba e araçá (Wille *et al*., 2004; Azzolini *et al*., 2004).

"Ratio": Em goiaba, a "ratio" apresentou variação de 16,31 (G46PE) a 37,69 (G01MA), enquanto que em araçás essa relação ficou entre 10,05 e 16,64 em A100AM e A08MA, respectivamente (Tabela 2). A menor relação nos araçás se justifica pela acidez significativamente maior de seus frutos.

No entanto, Lima *et al*. (2002) encontraram valores de "ratio" próximos aos dos araçás em dez cultivares de goiaba plantadas no Vale do São Francisco (9,02 a 20,08), ao passo que em araçá vermelho, foi encontrada a relação de "ratio" de 33,7 (Santos *et al*., 2007), próxima da máxima em goiabas e bem acima da máxima dos araçás do presente estudo.

Essas diferenças podem ter ocorrido por fatores como época e local do estudo, condições ambientais, e principalmente pelos diferentes cultivares utilizados.

Açúcares totais solúveis (AST): Os teores de açúcares totais solúveis apresentaram variação de 6,24 a 13,10 e de 7,81 a 11,62% MF em goiabas e araçás, respectivamente (Tabela 2). Os maiores teores em goiabas foram encontrados em G67RO, G51SE e G61SE.

Os açúcares, que contribuem para a doçura, "flavor", textura, entre outros, apresentam valores próximos aos descritos em goiaba 'Banarsi Surkha', em que foi encontrado 7,14% (Jain *et al*., 2003) e por Jiménez-Escrig *et al*. (2001), os quais observaram valores entre 4,2 a11.1 % em duas cultivares de goiaba. Por outro lado, o estudo de Lima *et al*. (2002) mostrou variação de 3,03 a 7,07% em dez cultivares comerciais, resultados que estão abaixo dos encontrados neste trabalho.

Em araçás, os maiores teores foram verificados em A100AM, A44PE e A80RO (11,62, 11,53 e 11,17 %), semelhante aos encontrados para os acessos de goiaba deste estudo e maiores do que os encontrados por Santos *et al*. (2007) e Silva *et al*. (2008), que relatam teores de 7,79 e 7,67% MF, respectivamente.

Proteína total: O teor de proteínas totais variou de 0,35 a 0,88% MF nas goiabas, sendo os maiores teores encontrados em G02MA, G54SE e G12MA (Tabela 2).

Nos araçás, foram encontrados teores entre 0,45 e 0,91% MF, maiores do que os verificados para as goiabas. Os maiores teores estavam presentes em A100AM, A29PI e A43PE. Resultado semelhante (0,61% MF) foi encontrado por Santos *et al*. (2007) e por Caldeira *et al*. (2004), que relataram valores próximos a 1,00%. Estes valores são menores do que os citados por Jiménez-Escrig *et al.* (2001), que descrevem valores de 0,8 a 1,5 % de proteína total em duas variedades de goiabas (*Psidium guajava* L. e *Psidium acutangulum* D.C.*)*.

Teor de umidade: O teor de umidade em goiabas variou de 81,47% em G49SE a 89,65% em G24MA (Tabela 2). Na cultivar 'Cordibel' foram encontrados 87% de umidade (Mendonça *et al*., 2007).

Em araçás, o teor médio de umidade foi de 80,8%, com variação de 77,55% a 86,23% em A29PI e A43PE, respectivamente. Silva *et al*. (2008) descrevem teor de umidade de 82,36%, enquanto Santos *et al.* (2007) relataram valores próximos a 79,60%.

O menor teor de umidade nos araçás é coerente com os maiores valores médios de acidez titulável, sólidos solúveis e proteínas encontrados em seus acessos, uma vez que a redução no teor de umidade leva ao aumento desses parâmetros. No caso dos açúcares solúveis totais, os valores estão bem próximos.

Minerais: Os maiores teores de cálcio em goiaba (22,99; 21,74 e 20,25 mg 100 g^{-1} MF) foram encontrados em G38PE, G26MA e G01MA, respectivamente, e em araçá, os genótipos A44PE, A45PE e A42PE apresentaram os maiores valores (20,21; 19,79 e 18,66 mg 100 g^{-1} MF, respectivamente) (Tabela 4).

O teor de magnésio variou de 8,04 a 18,90 mg 100g^{-1} MF em goiabas, com os maiores teores em ocorrendo nos genótipos G20MA, G16MA e G10MA. Nos araçás, a variação foi de 9,84 a 20,21 mg 100g^{-1} MF. Nestes frutos, os maiores valores foram obtidos em A08MA, A29PI e A43PE.

As maiores variações foram encontradas nos teores de ferro (0,20 a 0,97 e 0,18 a 0,75 mg 100 g^{-1} MF) em goiabas e araçás, respectivamente. Os maiores teores de ferro em goiaba foram encontrados em G14MA, G11MA e G12MA, ao passo que em araçás, os maiores valores foram os de A42PE, A43PE e A45PE.

Com relação ao fósforo, os maiores teores foram observados em G21MA (22,05 mg 100g^{-1} MF), G11MA (21,70 mg 100 g^{-1} MF) e G17MA (21,40 mg 100 g^{-1} MF) em goiaba e A100AM (2,28 mg 100g^{-1} MF), A29PI (23,48 mg 100 g^{-1} MF) e A43PE (23,20 mg 100 g^{-1} MF) em araçá.

O teor de potássio apresentou valores entre 257,32 e 619,13 mg 100g^{-1} MF em goiabas, com os maiores valores para G20MA, G81RO e G26MA. Por outro lado, a variação nos araçás foi de 330,06 a 470,47 mg 100g^{-1} MF. Neste caso, os maiores valores foram obtidos em A29PI, A80RO e A79RO.

Analisando a composição mineral de três variedades de goiabeira, Haag *et al*. (1993) encontraram teores médios de 20 mg de cálcio, 17 mg de magnésio, 0,18 mg de ferro, 28,5 de fósforo e 306 mg de potássio, valores em 100 g^{-1} MF. Esses resultados estão próximos à média encontrada no presente trabalho, com exceção do ferro, que no atual estudo apresentou valores bem acima dos relatados por Haag *et al*. (1993).

Outros trabalhos também mostram valores de minerais próximos aos encontrados neste trabalho. Caldeira *et al*. (2004) analisando minerais em araçá, relatam 26,78 mg de cálcio, 17,86 mg de magnésio e fósforo, 212,78 em potássio e 0,36 mg em ferro, todos expressos em mg $100g^{-1}$ MF. Estes valores também se mostraram semelhantes aos encontrados no presente estudo e a exceção foi também o ferro, sendo encontrado o dobro no presente estudo.

O estudo de correlação linear de Pearson para acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), ”ratio”, proteína total (PT) e açúcares totais solúveis (AST) (Tabela 3) mostrou alta correlação negativa entre a AT e”ratio”, o que era esperado, uma vez que a acidez é inversamente proporcional ao teor de SS. O contrário foi observado com relação aos SS em relação a ”ratio”. Dentre as demais análises, notou-se a correlação negativa entre o teor de umidade e os demais compostos, à exceção da ”ratio”, o que também se justifica, uma vez que o aumento do teor de umidade leva à diluição do conteúdo celular e extracelular. Por outro lado, verificou-se também a correlação positiva entre SS e AST, que são os principais componentes dos SS.

A correlação linear de Pearson para os minerais (Tabela 5) mostrou que não há correlação significativa entre os elementos analisados.

A diversidade do material estudado levou a uma grande variação nos parâmetros analisados, tanto nos acessos de goiabeiras quanto de araçazeiros, o que é um fator importante para práticas de melhoramento. Grande parte dos acessos de goiabeira apresentou acidez titulável e sólidos solúveis mais elevados que os encontrados em estudos com cultivares comerciais. Com os acessos de araçá, os teores são ainda maiores, o que o torna interessante para exploração comercial, uma vez que altos teores de acidez e de sólidos solúveis favorecem o processamento do fruto.

Embora o teor de proteínas seja baixo, de maneira geral, tanto a goiaba quanto o araçá mostram ser boas fontes de açúcares e de minerais.

Estudos de melhoramento têm abordado pouco o aspecto nutricional, no entanto, é sabido que a goiaba, assim como o araçá, é rica em minerais como cálcio, magnésio e fósforo.

Conclusão

Dentre os acessos estudados, vários podem ser indicados para programas de melhoramento por apresentarem teores satisfatórios de diversos compostos analisados.

Entre os acessos de goiaba, que apresentam melhores qualidades para consumo *in natura*, destacam-se para estudos de melhoramento, cinco acessos provenientes do Maranhão (G01MA, G12MA, G14MA, G16MA e G20MA). Tais acessos estão entre os que apresentam maiores teores dos compostos analisados no conjunto, além dos menores índices de acidez titulável.

Com relação aos araçás que podem ser indicados para processamento, os acessos A08MA, A42PE, A45PE, A80RO e A100AM são os que apresentam os maiores teores conjuntos dos compostos, sendo que A100AM apresenta os maiores valores para “ratio”, proteína total, cálcio e fósforo.

Referências Bibliogáficas

ALCARDE, J.C. ***Métodos simplificados para análise de fertilizantes minerais.*** Brasília, Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1984. 49p.

AMORIM NETO, M. S. 1989. Petrolina: **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru, Petrolina, PE**. **EMBRAPA-CPATSA**, 1989. 58 p. (EMBRAPACPATSA, Documentos, 57).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington, 1997. v. 2.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação**. Pesq. agropec. bras**., v.39, p.139-145, 2004.

CALDEIRA, S, D.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* sw.) e do tarumã (*Vitex cymosa* bert.) do estado de Mato Grosso do Sul**. B. CEPPA**, v. 22, p. 145-154, 2004.

CARNEIRO, R. M. D. G. Impacto de novas espécies *de Meloidogyne* na agricultura. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 27 **Goiânia**- GO. 2007. pp.36-37.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHOUDHURY, M. M. **Goiaba**: pós-colheita. Brasília: Embrapa, 2001. 45 p. (Embrapa).

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66p.

FRANZON, R. C**.** Espécies de araçás nativos merecem maior atenção da pesquisa. **Grupo cultivar de publicações**, 2009. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/noticias/noticia.asp?id=36454. Acesso em dezembro de 2009.

GONZAGA NETO, L.; PEDROSA, A.C.; ABRAMOF, L.; BEZERRA, J.E.F.; DANTAS, A.P.; SILVA, H.M.; SOUZA, M.M. Seleção de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) para fins industriais, na Região do Vale do Rio Moxotó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.8,p.55-61, 1986

HAAG, H. P.; MONTEIRO, F. A.; WAKAKURI, P. Y**.** Frutos de goiaba *(Psidium guayava* L.): desenvolvimento e extração de nutrientes**. Sci. Agric.,** v.50, 403-418, 1993. Informação Tecnológica. Frutas do Brasil, 19).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1. ed. São Paulo, 2008. p. 1020.

IBGE. Lavoura Permanente - Goiaba: In: Censo Agropecuário 2008. Disponível em http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pe&tema=lavourapermanente2008.

JAIN, N.; KAMAL DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.; SINGH, R. Biochemistry of Fruit Ripening of Guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and Enzymatic Changes**. Plant Foods for Human Nutrition,** v.58: 309–315, 2003.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RINCÓN, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO F. Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **J. Agric. Food Chem**., v. 49, p. 5489-5493, 2001.

LIMA, M.A.C.; ASSIS, J. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, p. 273-276, 2002.

MC CREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylase in vegetables. Application to peas. **Analytical Chemistry**, v. 22, n. 1156-1158, 1950.

MEDLICOTT, A. P.; JEGER, M. J. The development and application of postharvest handing treatments to manipulate ripening mangoes. In PINSLEY, R. T. (Ed.), **Mangoes: a review**. London: Commonwealth Science Council.1987, pp. 56-77.

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, S. L. Caracteristicas físicas e químicas de goiabas 'Cortibel 1' e 'Cortibel 4' armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, v.66, p.685-692, 2007.

MOREIRA, R. N. A. G. **Qualidade dos frutos de goiabeira sob manejo orgânico, ensacados com diferentes diâmetros**. 2004, 59p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

NASCIMENTO, T.B; RAMOS, J.D.; MENEZES, J.B. Características físico-químicas do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, p.33-38, 1998.

OSHIRO, A. M.; VIEIRA, C. R. Y. I.; TANAMATI, F. Y.; AYRES, M. C. R.; NAMIUCHI, N. N.; FIGUEIREDO, P. G. Caracterização química de goiabas 'Pedro Sato' na região de Santa Terezinha, ITAPORÃ, MS. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, outubro de 2008- Centro de Convenções- Vitória, ES.

PAIVA, M. C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J. C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, p.57-63, 1997.

PEREIRA, F. M. **A cultura da goiabeira.** Jaboticabal: Funep, 1995. 47p.

PEREIRA, F. M. Rica e Paluma: novas cultivares de goiabeira. In: Congresso brasileiro de fruticultura 7, 1984. **Anais** Florianópolis, SBF, 1984, 524-528.

PEREIRA, F. M.; CARVALHO, C. A.; NACHTIGAL, J. C. Século XXI: nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade**. Rev. Bras. Frutic**., v. 25, p. 498-500, 2003.

PEREIRA, F. M.; MARTINEZ JUNIOR, H. **Goiabas para industrialização**. Jaboticabal: UNESP, 1986. 142p.

Referencias bioquímicos

SANTOS, M. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; CARNEIRO, E. B. B. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. **Acta Sci. Agron**., v. 29, p. 617-621, 2007.

SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; DIAS, N. O.; HOJO, R. H.; BOMFIM, M. P. Cultivo de goiabeira no Brasil. In: PRIMER SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA GUAYABA, 1., 2003, Aguascalientes. **Memoria**...Aguascalientes: México, 2003. p. 84-115.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado**. Ciência Rural**, v.38, p.1790-1793, 2008.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 296-306, 2008.

SOARES, F. D.; PEREIRA, T.; MARQUES, M. O. M.; MONTEIRO, A. R. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. **Food Chemistry**, v.100, p.15-21, 2007.

WILLE, G. M. F.; MACEDO, R. E. F.; MASSON, M. L.; STERTZ, S. C.; NETO, R. C.; LIMA, J. M. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciênc. Agrotec**., v. 28, 1360-1366, 2004.

Tabela 1. Procedência dos acessos de goiabeira e araçazerio do BAG da Embrapa Semiárido avaliados química e bioquímicamente.

Acesso	Procedência	Estado	Acesso	Procedência	Estado
G01MA	Caxias	MA	A45PE	Escada	PE
G02MA	Caxias	MA	G46PE	Escada	PE
G03MA	Coelho Neto	MA	G47PE	Riacho das almas	PE
G05MA	Buriti	MA	G48SE	Nossa Senhora da Glória	SE
G07MA	Mata Roma	MA	G49SE	Dores	SE
A08MA	Mata Roma	MA	G50SE	Capela	SE
G10MA	Presidente Vargas	MA	G51SE	Capela	SE
G11MA	Presidente Vargas	MA	G52SE	Capela	SE
G12MA	Cajari	MA	G53SE	Japoratuba	SE
G13MA	Viana	MA	G54SE	Japoratuba	SE
G14MA	Pindarí	MA	G55SE	Pirambu	SE
G15MA	Bom Jardim	MA	G58SE	SantaLuzia	SE
G16MA	Bom Jardim	MA	G59SE	Umbamba	SE
G17MA	Santa Luzia	MA	G60SE	Umbamba	SE
G18MA	Santa Luzia	MA	G61SE	Riachão dos Dantas	SE
G19MA	Graiaú	MA	G64BA	Antonio Gonçalos	BA
G20MA	Tuntum	MA	G65RO	Ji-paraná	RO
G21MA	Tuntum	MA	G66RO	Ouro Preto do Oeste	RO
G22MA	Presidente Dutra	MA	G67RO	Jaru	RO
G23MA	Presidente Dutra	MA	G68RO	Buritis	RO
G24MA	Colinas	MA	G69RO	Buritis	RO
G25MA	Colinas	MA	G70RO	Buritis	RO
G26MA	Paibano	MA	G73RO	Ariauemes	RO
G28PI	Colônia Gurqueia	PI	A78RO	Candeias do Jamarí	RO
A29PI	Eliseu Martins	PI	A79RO	PortoVelho	RO
G30PI	Canto do Buriti	PI	A80RO	PortoVelho	RO
G31PI	Brejo do Piauí	PI	G81RO	PortoVelho	RO
G32PE	Ibimirim	PE	G83AM	ItacoatiA	AM
G33PE	Ibimirim	PE	G87AM	Iranduba	AM
G34PE	Ibimirim	PE	G92AM	Manacapuru	AM
G35PE	Ibimirim	PE	G94AM	Autazes	AM
G38PE	Pesqueira	PE	G95AM	Autazes	AM
A42PE	Escada	PE	G96AM	Autazes	AM
A43PE	Escada	PE	G98AM	Autazes	AM
A44PE	Escada	PE	A100AM	Careiro	AM

MA: Maranhão; PI: Piauí; PE: Pernambuco; SE: Sergipe; BA: Bahia; RO: Rondônia; AM: Amazonas.

Tabela 2. Parâmetros químicos e bioquímicos em goiabas e araçás de acessos do BAG da Embrapa Semi-Árido.

Acesso	AT	SS	”Ratio”	PT	AST	UM
G01MA	0,36 i	13,50 b	37,69 a	0,55 e	10,21 c	83,82 b
G02MA	0,46 h	12,42 c	27,25 c	0,88 a	7,44 e	82,82 c
G03MA	0,67 f	11,42 d	17,20 e	0,56 e	7,41 e	85,12 b
G05MA	0,43 h	11,00 d	25,66 d	0,58 e	8,67 d	85,50 b
G07MA	0,46 h	11,00 d	23,82 d	0,43 g	6,76 e	85,38 b
G10MA	0,43 h	13,50 b	31,56 b	0,57 e	9,37 c	83,42 b
G11MA	0,59 f	11,92 d	20,10 e	0,66 d	6,42 e	87,58 a
G12MA	0,48 g	14,00 b	29,36 c	0,75 c	8,07 d	84,17 b
G13MA	0,33 i	11,89 d	36,76 a	0,61 e	9,23 d	85,75 b
G14MA	0,50 g	12,47 c	24,89 d	0,73 c	6,24 e	84,86 b
G15MA	0,41 h	11,58 d	28,22 c	0,47 f	7,33 e	85,25 b
G16MA	0,54 g	13,67 b	25,36 d	0,59 e	9,49 c	83,20 b
G17MA	0,61 f	15,34 a	25,86 d	0,61 e	9,48 c	84,42 b
G18MA	0,38 i	10,92 d	28,74 c	0,55 e	8,25 d	86,81 a
G19MA	0,47 h	10,08 e	21,48 e	0,55 e	8,46 d	84,75 b
G20MA	0,34 i	11,60 d	34,10 b	0,65 d	8,16 d	87,04 a
G21MA	0,48 g	12,83 c	26,76 d	0,73 c	7,87 d	86,12 b
G22MA	0,60 f	11,17 d	18,65 e	0,61 e	9,66 c	85,12 b
G23MA	0,45 h	11,75 d	26,28 d	0,52 e	8,87 d	82,44 c
G24MA	0,44 h	9,80 e	22,13 e	0,57 e	6,44 e	89,62 a
G25MA	0,41 h	10,67 e	25,94 d	0,59 e	8,65 d	89,29 a
G26MA	0,51 g	11,17 d	22,04 e	0,46 f	8,06 d	86,31 a
G28PI	0,44 h	9,58 e	21,79 e	0,43 g	7,50 e	86,51 a
G30PI	0,56 f	11,17 d	19,93 e	0,58 e	9,09 d	85,03 b
G31PI	0,51 g	12,75 c	25,47 d	0,63 d	8,90 d	87,17 a
G32PE	0,50 g	10,83 d	21,72 e	0,69 c	8,40 d	85,72 b
G33PE	0,49 g	9,98 e	20,31 e	0,35 g	6,89 e	87,04 a
G34PE	0,49 g	12,80 c	25,99 d	0,66 d	10,71 b	87,87 a
G35PE	0,42 h	11,50 d	27,93 c	0,49 f	7,73 d	85,32 b
G38PE	0,54 g	10,25 e	19,11 e	0,59 e	8,21 d	88,31 a
G46PE	0,59 f	9,59 e	16,31 f	0,49 f	9,34 c	87,33 a
G47PE	0,51 g	9,84 e	19,31 e	0,49 f	7,87 d	89,29 a
G48SE	0,47 h	12,92 c	27,61 c	0,50 f	8,88 d	85,46 b
G49SE	0,46 h	11,34 d	24,56 d	0,54 e	9,35 c	81,47 c
G50SE	0,39 i	10,86 d	27,93 c	0,61 e	10,00 c	86,53 a
G51SE	0,41 h	12,08 d	29,54 c	0,60 e	11,83 b	85,23 b
G52SE	0,64 f	11,75 d	18,52 e	0,56 e	10,87 b	84,39 b
G53SE	0,41 h	9,67 e	24,05 d	0,41 g	8,70 d	87,96 a
G54SE	0,54 g	10,50 e	19,50 e	0,76 b	10,76 b	85,33 b
G55SE	0,58 f	12,42 c	21,50 e	0,60 e	8,00 d	85,21 b

Tabela 2. Continuação...

G58SE	0,35 i	11,05 d	31,83 b	0,65 d	8,83 d	84,28 b
G59SE	0,38 i	10,42 e	27,74 c	0,62 e	10,95 b	86,94 a
G60SE	0,40 i	11,00 d	27,77 c	0,57 e	10,49 c	86,53 a
G61SE	0,49 g	12,17 d	24,69 d	0,59 e	11,28 b	85,60 b
G64BA	0,38 i	11,25 d	29,51 c	0,47 f	8,85 d	88,89 a
G65RO	0,34 i	12,58 c	36,99 a	0,57 e	11,67 b	84,04 b
G66RO	0,45 h	13,40 b	29,88 c	0,45 f	10,95 b	85,85 b
G67RO	0,48 g	12,75 c	26,49 d	0,65 d	13,10 a	81,94 c
G68RO	0,39 i	13,58 b	34,64 a	0,57 e	10,18 c	83,99 b
G69RO	0,52 g	12,92 c	25,02 d	0,59 e	11,20 b	85,93 b
G70RO	0,43 h	12,92 c	29,95 c	0,40 g	9,46 c	86,09 b
G73RO	0,59 f	14,00 b	23,96 d	0,64 d	10,82 b	80,45 c
G81RO	0,44 h	15,92 a	36,27 a	0,69 c	10,90 b	81,89 c
G83AM	0,51 g	12,50 c	25,33 d	0,70 c	9,57 c	86,39 a
G87AM	0,49 g	13,00 c	26,55 d	0,37 g	10,31 c	86,32 a
G92AM	0,46 h	12,00 d	26,43 d	0,48 f	11,12 b	85,95 b
G94AM	0,41 h	10,25 e	25,24 d	0,55 e	10,32 c	83,98 b
G95AM	0,40 i	11,25 d	28,19 c	0,59 e	9,77 c	85,31 b
G96AM	0,45 h	11,58 d	25,86 d	0,57 e	9,70 c	87,25 a
G98AM	0,45 h	10,59 e	24,47 d	0,60 e	7,91 d	86,09 b
A08MA	1,51 a	15,92 a	10,56 g	0,52 e	9,90 c	79,11 d
A29PI	0,99 d	13,50 b	13,66 f	0,78 b	10,16 c	77,55 d
A42PE	1,09 c	16,25 a	14,94 f	0,45 f	12,59 a	78,58 d
A43PE	1,03 d	14,88 a	14,56 f	0,58 e	7,81 d	86,23 b
A44PE	1,00 d	14,88 a	14,91 f	0,56 e	11,53 b	77,87 d
A45PE	1,05 d	15,54 a	14,82 f	0,48 f	10,70 b	79,04 d
A78RO	0,81 e	13,44 b	16,64 f	0,52 e	9,40 c	78,90 d
A79RO	1,15 c	14,08 b	12,36 g	0,54 e	11,06 b	81,77 c
A80RO	1,27 b	15,96 a	12,55 g	0,56 e	11,17 b	84,17 b
A100AM	1,24 b	12,42 c	10,05 g	0,91 a	11,62 b	85,00 b
CV %	**8,44**	**6,00**	**10,76**	**9,04**	**8,43**	**1,79**
Média	**0,56**	**12,22**	**24,19**	**0,58**	**9,38**	**84,88**

AT: acidez titulável (% ácido cítrico); SS: sólidos solúveis (ºBrix); "Ratio": SS/AT; PT: proteína total (% MF); AST: açúcares solúveis totais (% MF); UM: umidade (% de umidade).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Índices de correlação linear de Pearson entre acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), ”ratio”, proteína total (PT) e açúcares totais solúveis (AST).

	AT	SS	”Ratio”	PT	AST
SS	0,60*				
”Ratio”	-0,82**	-0,13^{ns}			
PT	0,08^{ns}	0,12^{ns}	0,00^{ns}		
AST	0,28^{ns}	0,44*	-0,03^{ns}	0,07^{ns}	
UM	-0,55*	-0,66*	0,28^{ns}	-0,12^{ns}	-0,43*

* e ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade , respectivamente, pelo teste ‘t’.

^{ns} não significativo

Tabela 4. Minerais em goiabas e araçás do BAG da Embrapa Semi-Árido.

Acesso	Ca	Mg	Fe	P	K
G01MA	20,25 a	11,24 d	0,66 b	16,88 c	304,67 f
G02MA	17,50 b	8,32 f	0,45 d	19,35 b	305,26 f
G03MA	16,12 c	8,04 f	0,47 d	19,36 b	305,45 f
G05MA	16,23 c	14,62 c	0,50 d	17,08 c	305,99 f
G07MA	15,99 c	17,77 a	0,69 b	15,20 c	306,24 f
G10MA	14,57 c	18,50 a	0,46 d	17,24 c	307,34 f
G11MA	15,37 c	14,97 c	0,77 b	21,70 a	307,81 f
G12MA	17,18 b	17,49 a	0,75 b	20,45 b	309,96 f
G13MA	15,92 c	14,51 c	0,69 b	17,04 c	310,54 f
G14MA	18,64 b	15,89 b	0,97 a	20,77 b	312,83 f
G15MA	16,83 b	15,29 c	0,57 c	18,46 c	313,00 f
G16MA	14,28 c	18,61 a	0,68 b	20,05 b	319,63 f
G17MA	18,15 b	16,36 b	0,60 c	21,40 a	327,57 f
G18MA	15,49 c	14,62 c	0,51 d	18,80 c	329,75 f
G19MA	16,27 c	16,66 b	0,70 b	19,83 b	330,06 f
G20MA	17,91 b	18,90 a	0,63 c	16,09 c	330,95 f
G21MA	14,48 c	15,40 c	0,45 d	22,05 a	334,89 e
G22MA	19,39 a	13,95 c	0,52 d	19,26 b	335,09 e
G23MA	15,74 c	15,78 b	0,43 e	16,05 c	337,25 e
G24MA	19,04 b	14,03 c	0,46 d	16,17 c	342,70 e
G25MA	20,07 a	12,00 d	0,39 e	15,87 c	343,37 e
G26MA	21,74 a	17,43 a	0,44 d	15,40 c	347,30 e
G28PI	13,90 c	16,92 b	0,39 e	18,21 c	347,67 e
G30PI	18,83 b	14,14 c	0,51 d	17,67 c	349,48 e
G31PI	19,70 a	14,46 c	0,51 d	20,42 b	349,54 e
G32PE	16,44 c	11,15 d	0,55 c	17,17 c	351,09 e
G33PE	12,80 d	13,18 d	0,55 c	14,72 c	351,45 e
G34PE	17,39 b	11,77 d	0,58 c	19,27 b	352,76 e
G35PE	18,87 b	12,95 d	0,57 c	16,40 c	354,59 e
G38PE	22,99 a	12,82 d	0,70 b	13,75 c	354,62 e
G46PE	14,38 c	11,30 d	0,55 c	16,07 c	356,14 e
G47PE	16,72 b	11,81 d	0,55 c	17,18 c	359,83 e
G48SE	17,60 b	13,77 c	0,61 c	16,83 c	360,70 e
G49SE	15,82 c	14,48 c	0,38 e	17,14 c	362,54 e
G50SE	16,20 c	12,28 d	0,44 d	17,66 c	366,67 e
G51SE	14,65 c	16,74 b	0,42 e	16,47 c	369,52 e
G52SE	14,25 c	15,90 b	0,49 d	17,21 c	382,99 d
G53SE	16,34 c	12,83 d	0,51 d	14,54 c	383,48 d
G54SE	14,16 c	13,92 c	0,60 c	20,34 b	383,89 d
G55SE	14,93 c	14,97 c	0,40 e	20,68 b	384,21 d
G58SE	16,30 c	16,24 b	0,49 d	17,63 c	392,27 d

Tabela 4. Continuação...

G59SE	11,43 d	14,12 c	0,58 c	16,43 c	392,35 d
G60SE	13,37 c	15,19 c	0,36 e	18,52 c	392,61 d
G61SE	13,76 c	14,72 c	0,48 d	17,61 c	393,43 d
G64BA	14,13 c	15,99 b	0,65 c	17,48 c	396,82 d
G65RO	15,54 c	16,47 b	0,61 c	17,18 c	402,95 d
G66RO	12,68 d	16,59 b	0,41 e	16,11 c	403,21 d
G67RO	13,47 c	14,1b c	0,63 c	19,69 b	404,56 d
G68RO	12,21 d	14,06 c	0,61 c	17,66 c	405,02 d
G69RO	13,70 c	11,99 d	0,41 e	18,55 c	418,38 c
G70RO	13,96 c	14,25 c	0,36 e	15,78 c	433,12 c
G73RO	14,82 c	12,48 d	0,25 g	18,86 c	434,44 c
G81RO	10,92 d	12,04 d	0,20 g	17,55 c	436,93 c
G83AM	14,33 c	10,69 d	0,24 g	16,26 c	470,47 b
G87AM	11,12 d	9,85 e	0,32 f	17,68 c	476,32 b
G92AM	13,99 c	13,23 d	0,46 d	16,64 c	481,12 b
G94AM	13,85 c	11,86 d	0,37 e	16,90 c	496,61 b
G95AM	14,20 c	12,69 d	0,43 e	17,17 c	500,98 b
G96AM	13,89 c	13,91 c	0,60 c	18,27 c	614,08 a
G98AM	11,92 d	12,46 d	0,49 d	17,64 c	619,13 a
A08MA	11,11 d	18,24 a	0,68 b	21,34 a	236,83 g
A29PI	16,97 b	14,90 c	0,49 d	23,48 a	260,34 g
A42PE	18,66 b	11,27 d	0,75 b	22,82 a	261,57 g
A43PE	18,43 b	12,61 d	0,72 b	23,20 a	275,28 g
A44PE	20,21 a	11,38 d	0,67 b	21,33 a	278,25 g
A45PE	19,79 a	11,06 d	0,70 b	18,66 c	292,32 f
A78RO	13,91 c	9,84 e	0,30 f	22,15 a	293,25 f
A79RO	15,42 c	11,79 d	0,26 g	18,61 c	295,34 f
A80RO	16,14 c	11,77 d	0,18 g	17,24 c	296,29 f
A100AM	9,66 d	12,51 d	0,57 c	24,28 a	257,32 g
CV %	**10,26**	**7,71**	**9,74**	**9,52**	**7,56**
MÉDIA	**15,76**	**13,93**	**0,52**	**18,27**	**361,43**

Ca: cálcio, Mg: magnésio, Fe: ferro, P: fósforo, K: potássio. Resultados expressos em mg 100 g^{-1} MF.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Índices de correlação linear de Pearson entre minerais (cálcio, magnésio, ferro, fósforo e potássio).

	P	Ca	Mg	Fe
Ca	-0,07^{ns}			
Mg	-0,05^{ns}	-0,04^{ns}		
Fe	0,26^{ns}	0,32*	0,29^{ns}	
K	-0,15^{ns}	0,05^{ns}	0,23^{ns}	-0,22^{ns}

* e ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste ‘t’; ^{ns} não significativo.

5- *CAPÍTULO III* - Similaridade genética entre acessos de goiabeiras e araçazeiros baseada em marcadores moleculares AFLP

Apresentado nos moldes da Revista '*Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*'

Similaridade genética entre acessos de goiabeiras e araçazeiros baseada em marcadores moleculares AFLP

Luiz C. Corrêa[1], Carlos A. F. Santos[2], Giuseppina P. P. Lima[3], Marciene A. Rodrigues[4], Tuany P. P. Costa[5]

[1] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: ccorrea@ibb.unesp.br
[2] Embrapa Semi-Árido. Caixa Postal 23. 56302-970. Petrolina, PE. Brasil. E-mail: casantos@cpatsa.embrapa.br.
[3] Universidade Estadual Paulista- Unesp. Campus de Botucatu, SP. Brasil: gpplima@ibb.unesp.br
[4] Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, BA. Brasil: eninharodrigues@hotmail.com
[5] Embrapa Semi-Árido. Caixa Postal 23. 56302-970. Petrolina, PE. Brasil: tuany.bolsista@cpatsa.embrapa.br

Resumo

Espécies do gênero *Psidium*, como goiabeira e araçazeiros são economicamente importantes e têm como área de diversidade genética primária o Brasil. Foram determinadas as relações genéticas, com base no marcador AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), para acessos de *Psidium* do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido, para orientar trabalhos de melhoramento e de manejo de recursos genéticos do gênero. Foram analisados 88 acessos, sendo 64 de goiabeira e 24 de araçazeiros, coletados em dez Estados brasileiros, adotando-se para agrupamento o dendrograma UPGMA, considerando a matriz de similaridade do coeficiente de Jaccard de 149 bandas polimórficas de AFLP de 16 combinações dos iniciadores *EcoRI* e *MseI*. A análise da variância de dados moleculares foi realizada considerando a variação entre e dentro das populações de goiabeira dos dez Estados. O dendrograma apresentou boa definição, com valor cofenético de 0,94. Foram observados dois grandes grupos: um formado por acessos de goiabeira e outro com acessos de araçazeiros, com inclusão de alguns acessos de goiabeira. Foram observados agrupamentos específicos no dendograma apenas para os indivíduos de goiabeira coletados em Goiás e Roraima. Os acessos estudados apresentaram similaridade variando de 28 a 98%, evidenciando a alta variabilidade genética dos mesmos. A variação entre acessos foi estimada em 0,16 (Φ_{ST}), indicando diferenciação genética moderada entre as populações de goiabeira dos dez Estados. Sugere-se a coleta de germoplasma especifica para os estados de Goiás e

Roraima e coletas amplas para um menor número de regiões dos outros Estados brasileiros para aumentar a variabilidade genética do germoplasma de *Psidium* no Brasil. Sugerem-se ainda cruzamentos entre os poucos acessos de goiabeira posicionados no grupo dos araçazeiros para o desenvolvimento de híbridos interespecificos no gênero *Psidium*.

Palavras-chave: *Psidium*, banco ativo de germoplasma, melhoramento vegetal, AMOVA.

Genetic similarity among accessions of guava and Brazilian guava trees based on AFLP markers

Abstract

Species of the genus *Psidium*, like guava and Brazilian guava trees are economically important and have the area of primary genetic diversity in Brazil. We determined the genetic relationships based on AFLP marker (Amplified Fragment Length Polymorphism) for accessions of *Psidium* active germplasm bank of Embrapa Semiarid to guide improvements and management of genetic resources of the genus. Were analyzed 88 accessions, 64 of guava and 24 of Brazilian guava collected in ten Brazilian states, adopting for the cluster dendrogram UPGMA, considering the similarity matrix of Jaccard's coefficient of 149 polymorphic AFLP bands from 16 combinations of primers *EcoRI* and *MseI*. Analysis of variance of molecular data was performed considering the variation between and within populations of guava from the ten states. The dendrogram showed good definition, with cophenetic value of 0.94. There were two major groups: one formed by accessions of guava and other with access to Brazilian guava, including some accessions of guava. Specific groups were observed in the dendrogram, only for individuals guava collected in Goias and Roraima. These accessions showed similarity ranging from 28 to 98%, suggesting a high genetic variability of the same. The variation among accessions was estimated at 0.16 (Φ_{ST}), indicating moderate genetic differentiation among guava populations from the ten states. It is suggested that the collection of germplasm to specify the states of Goias, Roraima and extensive collections to a smaller number of regions in other states to

increase the genetic variability of *Psidium* germplasm in Brazil. Crosses between the few accessions of guava which are positioned in the group of Brazilian guava are also suggested for the development of interspecific hybrids in the genus *Psidium*.

Key words: *Psidium*, germplasm collection, plant breeding, AMOVA.

Introdução

A goiabeira e o araçazeiro pertencem à família *Myrtaceae*, que compreende aproximadamente 130 gêneros e 3000 espécies de árvores e arbustos distribuídos principalmente nos trópicos e subtrópicos (Watson & Dallwits, 2007). O cultivo da goiabeira, nativa do Norte da América do Sul e amplamente distribuída nas regiões tropicais da América (Risterucci *et al*., 2005), ganha espaço devido a características apreciáveis do seu fruto, como sabor, aspecto e riqueza em nutrientes e elementos funcionais, além de poder ser consumida in natura ou nas formas de doces, geléias, compotas, sucos, dentre outras (São José *et al*., 2003). Já o araçazeiro, apesar de não apresentar a mesma importância econômica, tem sido estudado como alternativa de plantio comercial em algumas regiões, ou mesmo como potencial porta-enxerto (Franzon, 2009), podendo apresentar resistência, sobretudo ao nematóide *Meloidogyne mayaguensis*, que acomete severamente plantações na região do Vale do Submédio São Francisco (Souza *et al*., 2006).

O melhoramento genético é uma potente ferramenta, tanto no que diz respeito à obtenção de cultivares com vantagens econômicas quanto na caracterização e conservação de material genético. Um recurso utilizado neste campo são os bancos ativos de germoplasma (BAGs) que, além de propiciarem a conservação do material, servem como fontes para estudos dos caracteres morfológicos, nutricionais, funcionais e genéticos, assim como de marcadores moleculares, que podem conduzir à obtenção de plantas com maior viabilidade econômica (Pereira, 1984, 1995).

Estudos de variação genética têm sido realizados através de caracteres fenotípicos, os quais são frequentemente influenciados por condições ambientais (Persson, 2001). Diante disso, trabalhos com esse objetivo passaram a ser complementados, nas últimas décadas, por técnicas moleculares (Drew, 1997; Sunil, 1999). O conhecimento de marcadores moleculares pode auxiliar, tanto em estudos de mapeamento genético quanto na identificação de híbridos de interesse nas gerações de indivíduos e na seleção de potenciais porta-enxertos. Segundo Santos *et. al.* (2007),

informações obtidas com marcadores possibilitam a definição de estratégias para conservação de recursos genéticos.

Diversos estudos de caracterização de goiabeiras e/ou araçazeiros, tanto nativos quanto introduzidos em BAGs, têm sido realizados com o uso de marcadores moleculares, (Hernández-Delgado *et al*., 2003; Reveles *et al*., 2003; Rueda *et al*., 2003; Sanabria *et al*., 2006).

Erig *et al*. (2003), avaliando a diversidade genética entre 24 acessos de araçazeiros por meio de RAPD, separaram os genótipos em 4 grupos, sendo que o primeiro apresentou 40% de similaridade com os demais, ao passo que a maior proximidade foi encontrada entre os 2 últimos (73%).

Marcadores SSR foram utilizados na caracterização de 34 acessos de goiaba de uma coleção cubana (Valdés-Infante *et al*., 2007). Nesse estudo, 7 pares de "primers" específicos geraram 34 diferentes alelos, dentre os quais, 10 considerados raros. Após processamento dos dados, os acessos foram separados em 6 grupos, além de dois acessos isolados.

AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) é um marcador molecular muito utilizado na caracterização genética, permitindo a detecção de alto número de polimorfismos. Valdés-Infante *et al*. (2003) analisaram 62 acessos de goiabas de um BAG de Cuba através do marcador AFLP, não detectando separação evidente entre os provenientes da Flórida e das Ilhas Seychelles e ali introduzidos.

Este marcador foi também utilizado por Hernández-Delgado *et al*. (2007), na análise de 52 acessos de *Psidium* de uma coleção mexicana, cujo dendrograma gerou dois grupos principais, sendo o primeiro, composto por acessos de *P. cattleianum* e *P. friedrichsthalianum* e o segundo por acessos de *P. guajava*. Acessos do BAG da Embrapa Semi-Árido foram recentemente caracterizados com relação a aspectos morfológicos (Santos *et al*., 2008a).

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade genética de acessos de goiabeiras e araçazeiros do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semi-Árido, com base no marcador AFLP, a fim de fornecer subsídios para programas de melhoramento, bem como preservação de recursos genéticos do gênero *Psidium*.

Material e Métodos

Foram analisados 62 acessos de goiabeira e 24 de araçazeiros do BAG da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, provenientes de 10 estados do Brasil, quais

sejam: Amazonas, Bahia, Goiás, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima e Sergipe, além de duas cultivares comerciais de goiaba (Paluma e Pedro Sato) (Tabela 1).

O DNA foi extraído segundo o método proposto por Doyle & Doyle (1990), com as seguintes modificações: 1) a primeira e a segunda centrifugações foram realizadas a 6000 e 10000 rpm, respectivamente; 2) foi utilizado β-mercaptoetanol a 2%. Após tratamento com RNase, foi utilizado gel de agarose para verificação da integridade e quantificação do DNA extraído, seguindo-se da diluição da solução para 40 ng μL^{-1}.

O DNA (200 ng) foi digerido com as endonucleases *EcoRI* e *MseI* (0,62 unidades cada), por 2,5 horas. A ligação/adaptação foi realizada com a enzima T4 DNA ligase, seguida de diluição (1:5). A reação de pré-amplificação foi realizada utilizando-se 1,5 µM do iniciador *EcoRI*, 1, 5 µM do iniciador *MseI*, 0,2 mM de cada dNTPs, 1x de tampão PCR (100 mM Tris-HCl pH 8,3, 500 mM KCl), 2,5 mM $MgCl_2$, 0,75 unidades de *Taq* DNA Polimerase, 2, 0 µL de solução de DNA ligado, para volume final de 15 µL. A programação do termociclador para amplificações pré-seletivas consistiu de 20 ciclos a 94ºC durante 30 segundos, 56ºC por 1 minuto e 72ºC durante 1 minuto.

Para a reação de amplificação, o DNA pré-amplificado foi diluído 20 vezes em água ultra pura. A reação de PCR foi então realizada utilizando-se 0,2 µM do iniciador da *EcoRI*, 0,3 µM do iniciador da *MseI*, 0,2 mM de dNTPs, 1x tampão de PCR (100 mM Tris-HCl pH 8,3 e 500 mM KCl), 2,5 mM de $MgCl_2$, 0,5 unidade de *Taq* DNA polimerase e 2 µL do DNA pré-amplificado e diluído, completando-se o volume para 10 µL com água ultra pura. A programação do termociclador consistiu de um ciclo de denaturação a 94ºC por 1 minuto, seguido de: a) 14 ciclos de 65ºC durante 30 segundos e 72ºC por 1 minuto, com a temperatura de anelamento (65ºC) decaindo 0,7ºC para o ciclo subseqüente; b) 23 ciclos a 94ºC por 30 segundos, 56ºC por 30 segundos e 72ºC durante 1 minuto. Às reações, foram adicionados 5 µL de formamida, seguindo-se de aquecimento da placa por 3 minutos a 94ºC e aplicação em gel de poliacrilamida a 6%. A revelação foi realizada por impregnação em prata, conforme descrito por Creste (2001).

Foram utilizadas 16 combinações de “primers” e anotadas as bandas polimórficas para cada combinação, adotando-se “1” para presença, “0” para ausência e “9” para falha na reação de PCR. Para a construção da matriz de similaridade, adotou-se

o índice de Jaccard, confeccionando-se o fenograma pelo método de agrupamento UPGMA (Método de Agrupamento não Ponderado com Base na Média Aritmética), disponível no programa NTSYS (Rohlf, 1989). A avaliação do ajuste do fenograma foi realizada pela correlação cofenética, ou seja, entre as distâncias reais e representadas graficamente.

A análise da variância de dados moleculares (AMOVA) foi realizada pela decomposição total nas suas componentes, entre e dentro de acessos de goiabeiras, utilizando-se as distâncias ao quadrado, conforme descrito por Excoffier *et al*. (1992), com o auxílio do programa GenAlEx (Peakall & Smouse, 2006). A significância destas estimativas foi obtida pelo método de randomização utilizando 999 permutações. A interpretação do parâmetro é similar à estatística F de Wright, considerando que não há diferenciação genética quando F=0 e que há fixação dos alelos alternativos e grande diferenciação entre populações quando F=1.

Resultados e Discussão

Foi obtido um total de 149 fragmentos polimórficos nas 16 combinações de "primers" (CP) *EcoR1*/*Mse1* de AFLP nos 88 acessos de *Psidium*, com média de 9,3 fragmentos/CP. As CPs produziram os seguintes números de bandas: ACT/CAA (7), ACA/CTG (9), AGG/CAC (8), ACT/CAC (6), ACT/CAG (10), AAG/CTC (6), AAG/CAG (10), ACT/CAT (10), AGC/CAA (6), AGC/CAT (10), AGC/CTC (8), AGC/CTA (7), AGC/CAG (12), ACA/CAC (12), ACC/CAG (9) e AAG/CAT (19).

Foram anotadas apenas as bandas bem definidas, evitando-se bandas que apresentavam pequena diferença na posição no gel. A média de 10 fragmentos polimórficos de AFLP foi reportada por Santos *et al*. (2008b) usando coloração com nitrato de prata, o que é muito próximo ao obtido neste trabalho. Hernández-Delgado *et al*. (2007) relatam a surpreendente média de 79,5 fragmentos polimórficos de AFLP numa coleção mexicana com 52 acessos de *Psidium*.

Dentre os fragmentos, foi possível identificar 13 que ocorreram em menos de 30% dos acessos de araçás e 30 com a mesma situação nos acessos de goiabeiras. Observou-se ainda a ocorrência de três fragmentos presentes em mais que 70% dos acessos de araçás e em menos de 30% das goiabeiras, além de seis fragmentos que ocorreram em mais de 70% das goiabeiras, porém em menos de 30% dos araçazeiros (Tabela 2). A presença de fragmentos que podem ser considerados raros é importante para propostas de reprodução e conservação (Valdés-Infante *et al*., 2007).

A correlação cofénetica foi de 0,94, indicando que o dendrograma produzido foi uma boa representação dos 149 fragmentos de AFLP. O dendrograma mostra a separação dos acessos em dois grupos: grupo 1, de GUA01MA até GUA58SE e grupo 2, de GUA14MA até ARA93AM (Figura 1). O grupo 1, formado exclusivamente por acessos de goiabeira, pode ser subdividido em dois outros subgrupos: subgrupo 1.1, de GUA01MA até GUA49SE e subgrupo 1.2, de GUA04MA até GUA58SE. O grupo 2 foi formado principalmente por acessos de araçazeiros, sendo que dos oito acessos de goiabeira entre os 24 acessos de araçazeiros, quatro foram coletados no estado do Maranhão, indicando que os acessos desse Estado são os que apresentam maior similaridade com espécies de araçazeiros.

O acesso ARA93AM apresentou a menor similaridade em relação ao conjunto dos acessos avaliados, enquanto a maior similaridade foi observada entre os acessos GUA128GO e GUA131GO, coletados nas cidades goianas de Mimoso de Goiás e Alto Paraíso. Os acessos das cultivares Pedro Sato e Paluma posicionaram-se em ramos contínuos do dendrograma, com similaridade genética em torno de 84% (Figura 1). Os acessos de goiabeira coletados no estado de Goiás e em Roraima, no grupo 1, posicionaram quase que sequencialmente nos ramos do dendrograma, sugerindo uma grande similaridade genética entre os mesmos. Os quatro acessos de araçazeiros coletados no estado do Rio Grande do Sul apresentaram idêntico agrupamento, concentrando-se próximo da base do dendrograma, indicando grande similaridade entre eles. Hernández-Delgado *et al.* (2007) encontraram o mesmo padrão de separação entre acessos mexicanos de goiabeira e outras espécies de *Psidium*, como *P. cattleianum* e *P. friedrichsthalianum* avaliados com marcadores AFLP.

Os acessos de *Psidium* avaliados apresentaram similaridade variando de 0,28 a 0,98, evidenciando a alta variabilidade genética da coleção de germoplasma estudada (Figura 1 e Tabela 1). Rodríguez *et al.* (2007) encontraram similaridade variando de 0,17 a 0,96 entre 40 acessos de uma coleção cubana de goiabeiras avaliada com oito marcadores microssatélites. Alta variabilidade genética foi também reportada por Hernández-Delgado *et al*. (2007) entre 52 acessos de uma coleção mexicana de *Psidium* avaliada com marcador AFLP. No geral, esses resultados indicam a presença de alta variabilidade genética nas goiabeiras, o que pode ser favorecido pelo sistema misto de acasalamento da goiabeira, que inclui tanto a autofecundação quanto a polinização cruzada entre plantas da espécie.

A estimativa da variação entre os 62 acessos de goiabeira dos dez estados foi de 0,16 (Φ_{ST}), sendo a diferenciação genética considerada como moderada. Esta estimativa sugere que esta espécie possui fluxo gênico moderado, com a variabilidade maior dentro do que entre os acessos dos dez estados (Tabela 3), como esperado para uma espécie que apresenta sistema misto de acasalamento. Hernández-Delgado *et al*. (2007) reportaram alta diferenciação genética entre acessos de *Psidium* (Φ_{ST} = 0,375), o que deve ter sido influenciado pela análise conjunta de goiabeira e araçazeiros. Sanabria *et al*. (2006) reportaram também alta diferenciação genética entre 53 acessos de nove populações de goiabeiras colombianas (Φ_{ST} = 0,355) avaliadas com 74 marcadores polimórficos de RAPD. Nesse trabalho não está claro se outras espécies de *Psidium* foram incluídas na análise AMOVA.

Estudos de diversidade genética com marcadores moleculares são importantes para orientar atividades de recursos genéticos, como coleta, introdução e caracterização de germoplasma, bem como para orientar atividades de melhoramento, como escolha de parentais divergentes para cruzamentos e desenvolvimento de novas cultivares (Nass, 2001).

Os resultados indicam que existe uma variação estratificada para os acessos de goiabeira coletados nos estados de Goiás e Roraima, pois os mesmos formaram agrupamentos próprios no dendrograma (Figura 1), enquanto os acessos dos demais estados foram agrupados independentemente do seu local de coleta. Esses resultados indicam duas situações para o germoplasma de goiabeira brasileiro: 1) os acessos têm sido artificialmente propagados de um local para outro, como indicado para o germoplasma de oito dos dez Estados, enquanto 2) os agrupamentos dos acessos provenientes de Goiás e Roraima indicam impedimentos para o livre intercambio de germoplasma para as demais regiões brasileiras.

Para efeitos de recursos genéticos sugere-se a coleta dirigida para regiões dos estados de Goiás e Roraima e coletas amplas para um menor número de regiões dos outros oito Estados brasileiros, de forma a aumentar a presença de alelos raros e a variabilidade genética do germoplasma de *Psidium* no Brasil.

Para efeitos de melhoramento genéticos sugere-se a realização de cruzamentos entre acessos situados em ramificações distantes do dendrograma (Figura 1) associados com caracteres agronômicos ou nutricionais superiores para o desenvolvimento de novas cultivares de goiabeira. Sugere-se ainda o cruzamento entre acessos de goiabeiras que se posicionaram no agrupamento dos araçazeiros com espécies de araçazeiros desse

agrupamento para o desenvolvimento de híbridos interespecíficos, pois as barreiras de incompatibilidade poderão ser menores.

Esse é primeiro trabalho com a aplicação do marcador AFLP para analisar a diversidade genética em acessos de goiabeira e araçazeiros brasileiros. Outros estudos com marcadores moleculares co-dominantes, como microssatélites, que são indicados para estudos de genética populacional, também poderão servir de subsídios para atividades de recursos genéticos e melhoramento da goiabeira, principalmente. Essas espécies são de grande importância para o Brasil, pois o gênero *Psidium*, ao qual pertencem a goiabeira e os araçazeiros, é Neotropical com distribuição nativa do sul do México até a província de Buenos Aires, na Argentina (Soares-Silva e Proença, 2008). Ainda segundo Risterucci *et al*. (2005), a goiabeira é nativa do norte da América do Sul e largamente distribuída nas regiões tropicais das Américas.

Referências Bibliográficas

Creste, S, Tulmann Neto, A, Figueira, A (2001) Detection of Single Sequence Repeat Polymorphisms in Denaturing Polyacrylamide Sequencing Gels by Silver Staining. Plant Molecular Biology Reporter 9: 299-306.

Doyle, JJ, Doyle, JL (1990) Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus, Ithaca 12: 13-15.

Drew, RA (1997) The application of biotechnology to the conservation and improvement of tropical and subtropical fruit species. FAO, Rome: 1–77.

Erig, AC, Schuch, MW, Raseira, MCB, Vighi, IL, Rocha, PSG, Wendt, SN (2003) RAPD molecular marker in the evaluation of genetic diversity in araçazeiro. Revista Científica Rural 8 (2): 101-106.

Excoffier, L, Smouse, PE, Quattro, JM (1992). *Analysis of molecular variance inferred from metric distances among haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data*. Genetics 131: 479-491.

Hernández-Delgado S, Martinez J, Padilla-Ramírez JS, Perez NM (2003) Diversidad genética de *Psidium* sp em la región Calvillo-Cañonnes. México Primer Simposio Internacional de la guayaba (México) p. 71-83.

Hernández-Delgado S, Padilla-Ramírez JS, Cedillo AN, Perez NM (2007) Morphological and genetic diversity of Mexican guava germplasm. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization 5 (3): 131–141.

Kumar LS (1999) DNA markers in plant improvement: An overview. Biotechnology Advances 17: 143-182.

Nass LL (2001) Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento In: Nass LL *et al.* (Ed) Recursos genéticos e melhoramento. Rondonópolis: UFMT, 1183p.

Peakall R, Smouse PE (2006) Genalex 6: genetic analysis in Excel Population genetic software for teaching and research. Molecular Ecology Notes 6: 288-295.

Pereira FM (1984) Rica e Paluma: novas cultivares de goiabeira. In: Congresso brasileiro de fruticultura 7 Florianópolis. Anais Florianópolis, SBF: 524-528.

Pereira FM (1995) A cultura da goiabeira Jaboticabal: Funep 47p.

Persson H (2001) Estimating genetic variability in horticultural crop species at different stages of domestication. Tese de doutorado: 30p.

Reveles LR, Saenz LA, Esparza E, Cabral FJ (2003) Polimorfismo de ADN genómico em 12 selecciones de guayabo (*Psidium guajava* L) del banco de germoplasma del campo experimental “Los Cañones”. In: Simposio Internacional de la guayaba (México) p.248-252.

Risterucci AM, Duval MF, Rohde W, Billote N (2005) Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. Molecular Ecology Notes 5:745-748.

Rohlf, FJ (1989) NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 1.80. Setauket: Exeter Software

Rueda LA, Muñoz JE, Saavedra R, Palacio JD, Bravo E (2003) Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba (*Psidium* spp) del Centro de Investigacion de Corpoica Palmira. In: Seminario Nacional e Internacional de Especies Promisorias (Medelin) p.10.

Sanabria HL, Garcia M, Muñoz J, Diaz H (2006) Caracterizacion molecular con marcadores RAM de árboles nativos de *Psidium guajava* (guayaba) en el Valle del Cauca. Acta Agronómica 55 (1): 8.

Sanabria HL, Garcia MA, Muñoz JE, Diaz HA (2006) Caracterizacion molecular con marcadores RAM de arboles nativos de *Psidium guajava* (guayaba) en el Valle del Cauca. Acta Agronomica (Colombia) 55: 27-38.

Santos CAF, Castro JMCE, Souza FF, Vilarinho AA, Ferreira FR, Padua JG, Borges RME, Barbieri RL, Souza AGC, Rodrigues MA (2008) Preliminary characterization of Psidium germplasm in different Brazilian eco-geographic regions. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43: 437-440.

Santos CAF, Oliveira VR, Kill LHP, Sá IIS (2007) Variabilidade genética com base em marcadores RAPD de três espécies arbóreas ameaçadas de extinção no Semi-Árido brasileiro. Scientia Forestalis 74: 37-44.

Santos CAF, Rodrigues MA, Zucchi MI (2008) Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro por meio de marcadores AFLP. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43: 1037-1043.

São José AR, Rebouças TNH, Dias NO, Hojo RH, Bomfim MP (2003) Cultivo de goiabeira no Brasil. In: Primer simposio internacional de la guayaba Aguascalientes: Memoria Aguascalientes: México p.84-115.

Soares-Silva LH, Proença CEB (2008) A new species of *Psidium* L (Myrtaceae) from southern Brazil. Botanical Journal of the Linnean Society 158: 51–54.

Souza RM, Nogueira MS, Lima IM, Melarato M, Dolinski CM (2006) Manejo de nematóides das galhas da goiabeira em São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros. Nematol. Bras. 30 (2): 165-169.

Sunil KL (1999) DNA markers in plant improvement: An overview. Biotechnology Advances 17: 143-182.

Valdés-Infante J, Becker D, Rodriguéz N, Velázquez B, Gonzáles G, Sourd D, Rodriguéz L, Ritter E, Rohde W (2003) Molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L) establishment of a first molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative characters. J. Genet. & Breed. 57: 349 358.

Valdés-Infante J, Rodriguéz NN, Becker D, Velázquez BL, Sourd D, Espinosa G, Rohde W (2007) Microsatellite characterization of guava (*Psidium guajava* L) germplasm collection in Cuba. Cultivos Tropicales 28 (3): 61-67.

Watson L, Dallwitz M J (2008) The families of flowering plants: descriptions illustrations and information retrieva, http://delta-inkeycom

Tabela 1. Procedência dos acessos de goiabeiras e araçazeiros do BAG da Embrapa Semiárido avaliados com 149 marcadores polimórficos de AFLP.

Acesso	Procedência	Estado	Acesso	Procedência	Estado
GUA01MA	Caxias	MA	GUA84AM	Itacoatiara	AM
GUA03MA	Coelho Neto	MA	GUA86AM	Iranduba	AM
GUA04MA	Buriti	MA	ARA93AM	Autazes	AM
GUA06MA	Mata Roma	MA	GUA94AM	Autazes	AM
ARA08MA	Mata Roma	MA	GUA96AM	Autazes	AM
GUA10MA	Presidente Vargas	MA	GUA99AM	Autazes	AM
GUA12MA	Cajari	MA	ARA102RS	Pelotas	RS
GUA13MA	Viana	MA	ARA103RS	Pelotas	RS
GUA14MA	Pindarí	MA	GUA104RS	Pelotas	RS
GUA16MA	Bom Jardim	MA	ARA105RS	Pelotas	RS
GUA18MA	Santa Luzia	MA	GUA106RS	Pelotas	RS
GUA19MA	Graiaú	MA	ARA107RS	Pelotas	RS
GUA21MA	Tuntum	MA	ARA108RS	Pelotas	RS
GUA23MA	Presidente Dutra	MA	GUA109RS	Pelotas	RS
GUA25MA	Colinas	MA	GUA111GO	Vianópolis	GO
GUA26MA	Paraibano	MA	GUA113GO	Vianópolis	GO
GUA28PI	Colônia Gurqueia	PI	GUA116GO	Morrinhos	GO
ARA29PI	Eliseu Martins	PI	GUA118GO	Prof. Jamil	GO
GUA30PI	Canto do Buriti	PI	GUA120GO	Goiás Velho	GO
GUA31PI	Brejo do Piauí	PI	GUA121GO	Goiás Velho	GO
GUA32PE	Ibimirim	PE	ARA122GO	Goiás Velho	GO
ARA44PE	Escada	PE	ARA123GO	Goiás	GO
GUA58SE	Santa Luzia	PE	GUA125GO	Santa Isabel	GO
GUA38PE	Pesqueira	PE	GUA127GO	Mimoso de Goiás	GO
GUA40PE	Gravatão	PE	GUA128GO	Mimoso de Goiás	GO
ARA42PE	Escada	PE	GUA130GO	Água Fria	GO
ARA43PE	Escada	PE	GUA131GO	Alto Paraíso	GO
GUA46PE	Escada	PE	GUA133RR	Iracema	RR
GUA47PE	Riacho das almas	PE	GUA135RR	Iracema	RR
GUA49SE	Dores	SE	GUA136RR	Roraimópolis	RR
GUA51SE	Capela	SE	GUA137RR	Caracaraí	RR
GUA53SE	Japoratuba	SE	ARA138RR	Boa Vista	RR
ARA56SE	Santa Luzia	SE	ARA139RR	Boa Vista	RR
ARA57SE	Santa Luzia	SE	GUA141RR	Alto Aleqre	RR
ARA63BA	Antonio Gonçalos	BA	GUA142RR	Alto Aleqre	RR
GUA33PE	Ibimirim	PE	GUA145BA	Valença	BA
GUA66RO	Ouro Preto do Oeste	PE	GUA147BA	Taperoá	BA
GUA67RO	Jaru	RO	ARA149BA	Taperoá	BA
GUA69RO	Buritis	RO	GUA150BA	Nilo Peçanha	BA
GUA71RO	Monte Neqro	RO	ARA152BA	Ituberá	BA
GUA73RO	Ariauemes	RO	ARA153BA	Ituberá	BA
ARA76RO	Alto Paraíso	RO	ARA154BA	Iqrapiúna	BA
ARA79RO	Porto Velho	RO	Pedro Sato	Comercial	PE
GUA82RO	Porto Velho	RO	Paluma	Comercial	PE

MA: Maranhão; PI: Piauí; PE: Pernambuco; BA: Bahia; RO: Rondônia; RR: Roraima; GO: Goiás; AM: Amazonas; RS: Rio Grande do Sul.

Tabela 2. Combinações de "primers" AFLP utilizadas, número e freqüência de fragmentos nos 88 acessos de *Psidium* do BAG da Embrapa Semiárido.

"Primers"	nfp	fa	fg	ra	rg	farg	fgra
AAG/CAG	10	5	6	0	1	1	0
AAG/CAT	19	2	8	0	6	0	0
AAG/CTC	6	2	6	1	0	0	1
ACA/CAC	12	6	8	1	2	1	0
ACA/CTG	9	6	7	0	1	0	0
ACC/CAG	9	0	3	1	1	0	1
ACT/CAA	7	1	11	3	1	0	3
ACT/CAA	6	1	4	1	1	0	0
ACT/CAT	10	1	4	1	4	0	1
AGC/CAA	6	1	2	0	3	0	0
AGC/CAG	12	2	5	1	4	0	0
AGC/CAT	10	4	4	0	0	1	0
AGC/CTA	7	1	3	0	2	0	0
AGC/CTC	8	2	4	3	3	0	0
AGG/CAC	8	5	6	1	1	0	0
ACT/CAG	10	5	6	0	1	0	0
Total	149	44	87	13	31	3	6

nfp: número de fragmentos polimórficos; fa e fg: presentes em mais que 70% dos araçazeiros e goiabeiras, respectivamente; ra e rg: presentes em menos que 30% dos araçazeiros e goiabeiras, respectivamente; farg: presentes em mais que 70% dos araçazeiros e menos que 30% das goiabeiras; fgra: presentes em mais que 70% das goiabeiras e menos que 30% dos araçazeiros.

Figura 1. Dendrograma UPGMA do coeficiente de Jaccard entre 64 acessos de goiabeira e 24 de araçazeiros do BAG da Embrapa Semiárido amostrados em 10 estados brasileiros analisados com 149 marcadores AFLP (*EcoRI/MseI*). Valor cofenético = 0,94.

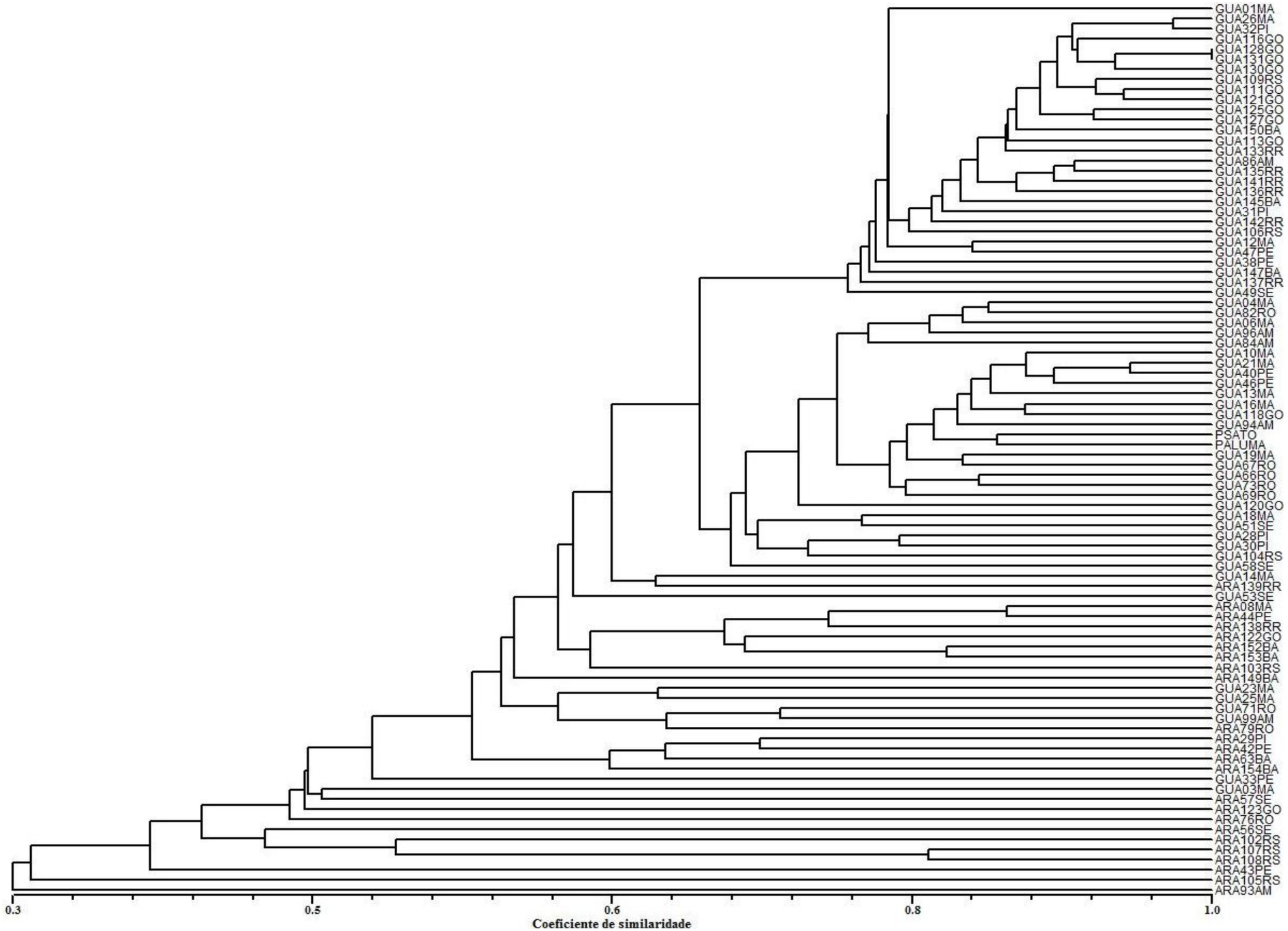

Tabela 3. Análise de variância molecular (AMOVA) para 62 acessos de goiabeiras coletados em dez estados brasileiros e avaliados com 149 marcas de AFLP.

Fonte de variação	GL	SQ	Total da variação (%)	P[2]	Estatística Φ
Entre Acessos	09	289,7	16	(<0,001)	Φ ST=0,16
Dentro de Acessos	52	784,6	84	(<0,001)	1- Φ ST=0,84
TOTAL	61	1074,3	100		

[2] probabilidade baseada em 999 permutações.

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os frutos analisados, de goiabeiras e araçazeiros, parte significativa apresentou características importantes que justifiquem esforços para seu melhoramento. Considerando-se que elevados teores de sólidos solúveis e de açúcares combinados com acidez moderada são desejáveis para o consumo *in natura*, pode-se dizer que a grande maioria dos acessos de goiabeira pode ter essa destinação, ainda mais se a isso forem acrescentadas as quantidades significativas de minerais neles encontrados. Se for levado em conta o conteúdo de antioxidantes disponíveis, ainda assim, boa parte dos acessos pode ser direcionada a esse fim.

Em se tratando de projetos de melhoramento, a escolha pelos acessos a serem trabalhados pode ser direcionada, de acordo com o que se deseja. Se a opção for por frutos que apresentem maior atividade antioxidante total ou maior conteúdo de compostos fenólicos, por exemplo, seriam boas escolhas os acessos G03MA, G10MA E G01MA. Por outro lado, desejando-se obter cultivares ricas em ácido ascórbico, as melhores opções seriam G03MA, G47PE e G38PE. Ainda, um programa que objetive desenvolver cultivares cujos frutos apresentem maiores teores de carotenóides (licopeno + β-caroteno) poderia optar pelos acessos G73RO, G55SE e G32PE.

Com relação ao araçá, o maior atrativo pode ser a obtenção de frutos destinados à indústria, uma vez que, além dos consideráveis teores de açúcares e sólidos solúveis, os frutos dos acessos analisados apresentaram elevada acidez.

Da mesma forma que a goiaba, a escolha por acessos de araçazeiro a serem encaminhados a programas de melhoramento pode ser definida de acordo com o composto antioxidante desejado. No entanto, no caso do araçá, a única classe de substâncias que foi encontrada em elevados teores foi a dos compostos fenólicos, que

deve ser o foco principal dos programas de melhoramento da espécie, associado, quando for o caso, aos maiores teores de minerais.

Com relação ao estudo com o marcador molecular AFLP, a alta variabilidade genética encontrada abre caminho para estudos envolvendo cruzamentos, sobretudo entre acessos distantes no dendrograma em associação com caracteres de interesse, como os químicos e bioquímicos citados acima, ou ainda com caracteres morfométricos e de produtividade. Uma boa opção seria a utilização do acesso G03MA, que se destacou nas análises de antioxidantes e que se encontra no bloco inferior do dendrograma, com acessos igualmente destacados, mas que estejam localizados na parte superior do dendrograma, como G01MA ou G47PE.

Outra opção de estudo seria realizar cruzamentos entre acessos de araçá e de goiaba posicionados proximamente no dendrograma visando à obtenção de híbridos interespecíficos, uma vez que as barreiras de incompatibilidade são menores nesse caso. Além da possibilidade de se obter frutos que agreguem características interessantes da goiaba e do araçá, tanto no que diz respeito ao sabor e aspecto quanto à composição química e bioquímica, tais cruzamentos podem resultar em híbridos com resistência a pragas, encontrada com maior frequência no araçá.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; A.A. KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, p. 785–788, 2009

ANDRADE, R. S. G. et al. Determination and distribution of ascorbic acid in three tropical fruits. **Eclet. Quím**., v.27, 393-401, 2002.

AUST, O. et al. Analysis of lipophilic antioxidants in human serum and tissues: tocopherols and carotenoids. **J. Chromatogr**., v. 93, p. 83-93, 2001.

CALDEIRA, S, D. et al. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* sw.) e do tarumã (*Vitex cymosa* bert.) do estado de Mato Grosso do Sul**. B.CEPPA**, v. 22, p. 145-154, 2004.

CARPITA, N.; McCANN, M. The cell wall. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc.2000. p. 110-158.

CARVALHO, P. G. B. et al. Hortaliças como alimentos funcionais. **Hortic. Bras**., v.24, n.4, 397-404, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, V.D. Algumas características dos frutos de duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em fase de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais**. Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.2, p.771-780.

CHORILLI M.; LEONARDI G. R.; SALGADO H. R. N. Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas. **Rev. Bras. Farm**., v.88, p.113-118, 2007.

CHOUDHURY, M. M. **Goiaba**: pós-colheita. Brasília: Embrapa, 2001. 45 p. (Embrapa).

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc. 2000. p 1250- 1318.

CROZIER, A. et al. Biosynthesis of hormons and elicitor molecules. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc. 2000. p. 850-929.

DREW, R. A. **The application of biotechnology to the conservation and improvement of tropical and subtropical fruit species**. FAO, Rome: p. 1–77, 1997.

EMBRAPA. Secretaria de Administração e Estratégia. IV Plano diretor da Embrapa: 2004-2007./ Embrapa.- Brasília, DF, 2004, 48 p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Polimorfismo de comprimento de fragmentos amplificados (AFLP). In: **Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1995. p. 62-68.

FRAGA, C. G.; MOTCHNIK, P. A.; SHIGENAGA, M. K.; HELBOCK, H.J.; JACOB, R. A.; AMES, B. N. Ascorbic acid protects against endogenous oxidative DNA damage in human sperm. **Proc. Nat. Acad. Sci**., v. 88, p. 11003-11006, 1991.

FRANZON, R. C**.** Espécies de araçás nativos merecem maior atenção da pesquisa. **Grupo cultivar de publicações**, 2009. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/noticias/noticia.asp?id=36454. Acesso em dezembro de 2009.

GONZAGA NETO, L et al. Seleção de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) para fins industriais, na Região do Vale do Rio Moxotó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.8, n..2, p.55-61, 1986.

HAMM, J. H. G. et al. Estudo fitoquímico em frutos da família Myrtaceae. In: XVIII CIC-XI ENPOS, 2009. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2009.

HANDELMAN, G. J. The evolving role of carotenoids in human biochemistry. **Nutrition**. v. 17, p. 818-822, 2001.

HERNÁNDEZ-DELGADO, S. et al. Diversidad genética de *Psidium* sp em la región Calvillo-Cañonnes. México Primer Simposio Internacional de la guayaba, 2003, México. **Anais**, México: 2003, p.71-83.

HERNÁNDEZ-DELGADO, S. et al. Morphological and genetic diversity of Mexican guava germplasm. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, v.** 5, n. 3, 131–141, 2007.

IBGE. Lavoura Permanente - Goiaba: In: **Censo Agropecuário 2008**. Disponível em http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pe&tema=lavourapermanente2008.

IHA, S. M. et al. Estudo fitoquímico de goiaba (Psidium guajava L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.18, n. 3, 387-393, 2008.

INDAP, M. A. et al. Quercetin: Antitumor activity and pharmacological manipulations for increased therapeutic gains. **Indian. J. Pharm. Sci**., v. 68, n.4, p. 465-469, 2006.

KOCHIAN, L. V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc.2000. p. 1204-1316.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **Am. J. Med**., v.113, n. 9, p.71-88, 2002.

LEHR, H. A. et al. Protection from oxidized LDL-induced leukocyte adhesion to microvascular and macrovascular endothelium in vivo by vitamin C but not Vitamin E. **Circulation**, v. 91, p. 1525-1532, 1995.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, v. 76, p. 69–75, 2002.

LIM, T. K.; KHOO, K. C. **Guava in Malaysia:** Production, pests and diseases. Kuala Lumpur: Tropical Press, Malaysia, 1990. 260p.

LIMA, G.P.P. et al. Constituintes químicos em vegetais. In: **Alimente-se bem: fundamentos estratégias e realizações**. Sesi, São Paulo; p. 127, 2006.

MALKIN, R.; NIYOGI, K. Photosynthesis. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc. 2000. p. 568- 628.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 327p.

MARES-PERLMAN, J. A. Contribution of epidemiology to understanding relations of diet to age-related cataract. **Am. J. Clin. Nutr**., v. 66, p.739-740, 1997.

MARTÍNEZ-FLORES, S. et al. Los flavonoides:propriedades y acciones antioxidantes. **Nutr. Hosp**., v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Efeito das injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 277-281, 2001.

MEDLICOTT, A. P.; JEGER, M. J. The development and application of postharvest handing treatments to manipulate ripening mangoes. In PINSLEY, R. T. (Ed.), **Mangoes:** a review. London: Commonwealth Science Council.1987, p. 56-77.

MENDONÇA, R. D. et al. Caracteristicas físicas e químicas de goiabas ‘cortibel 1’ e ‘cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, v.66, n. 4, 685-692, 2007.

MICHAUD, D. S. et al. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. **Am. J. Clin. Nutr**., v.72, n. 4, p. 990-997, 2000.

MIEAN, K.H.; MOHAMED, S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.3106–3112, 2001.

MISRA, K.; SESHADRI, T.R. Chemical components of the fruits of *Psidium guajava*. **Phytochemistry**, v.7, p. 641–645, 1968.

MOREIRA, R.N.A.G. **Qualidade de frutos de goiabeiras sob manejo orgânico, ensacados com diferentes diâmetros**. 2004, 59P. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NASCIMENTO, T. B.; RAMOS, J. D.; MENEZES, J .B. Características físico-químicas do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n.1, p.33-38, 1998.

OLIVEIRA, M. C. C. et al. Flavonóides das folhas de *Stiffitia chrysantha* Mikan. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p 182-184, 1999.

PAIVA, M. C. et al. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

PATTHAMAKANOKPORN, O. et al. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 2, 41–248 2008.

PEREIRA, F. M. **A cultura da goiabeira.** Jaboticabal: Funep, 1995. 47p.

PEREIRA, F. M. Rica e Paluma: novas cultivares de goiabeira. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura 7, 1984. **Anais,** Florianópolis: SBF, 1984, 524-528.

PEREIRA, F. M.; MARTINEZ JUNIOR, H. **Goiabas para industrialização**. Jaboticabal: UNESP, 1986. 142p.

PERSSON, H. **Estimating genetic variability in horticultural crop species at different stages of domestication**. 2001, 30p. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences

PIEDADE NETO, A. *et al*. (Diretoria Executiva) **Goiabrás**: realizações e perspectivas. 2003. Disponível em: http:// goiabras.org.br/entidade.html> acesso em agosto de 2008.

PIEDADE NETO, A. Goiaba: o trunfo das virtudes, só agora reveladas. In: Agrianual 2002. **Goiaba**. Sãp Paulo: FNP. 2002.p. 364.

RASEIRA, M. C. B.; RASEIRA, A. **Contribuição ao estudo do araçazeiro**: *Psidium cattleyanum*. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1996, 93p.

REVELES, L. R. et al. Polimorfismo de ADN genómico em 12 selecciones de guayabo (*Psidium guajava* L) del banco de germoplasma del campo experimental "Los Cañones". In: Simposio Internacional de la guayaba, 2003, México. **Anais**, México: 2003, p.248-252.

RISTERUCCI, A. M. et al. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. **Molecular Ecology Notes**. v. 5, p. 745-748, 2005.

RUEDA, L. A. et al. Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba (*Psidium* spp) del Centro de Investigacion de Corpoica Palmira. In: Seminario Nacional e Internacional de Especies Promisorias, 2003, Medelin. **Anais**. Medelin: 2003, p.10.

SANABRIA

SANTOS, C. A. F. et al. Variabilidade genética, com base em marcadores RAPD, de três espécies arbóreas ameaçadas de extinção no Semi-Árido brasileiro. **Scientia Forestalis**, v. 74, p. 37-44, 2007.

SANTOS, M. S. et al. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. **Acta Sci. Agron**., v. 29, 617-621, 2007.

SÃO JOSÉ, A. R. et al. Cultivo de goiabeira no Brasil. In: PRIMER SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA GUAYABA, 1., 2003, Aguascalientes. **Memoria**...Aguascalientes: México, 2003. p. 84-115.

SAURA-CALIXTO, F.; GONI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v. 94, p. 442–447, 2006.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants**.** **Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **Am. J. Clin. Nutr**., v. 62, n. 6, p. 1315-1321, 1995.

SOUZA, R. M. et al. Manejo de nematóides das galhas da goiabeira em São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros. **Nematol. Bras**., v. 30, n. 2, p. 165-169, 2006.

STAEHELIN, L. A.; NEWCOMB, E. H. Membrane structure and membranous organelles. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM. W; RUSSELL, L. J. (Eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Maryland: John Wiley & Sons, Inc. 2000. p. 2- 50.

SUNIL, K. L. DNA markers in plant improvement: An overview. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 143-182, 1999.

URSO, M. L.; CLARKSON, P. M. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. **Toxicology**. v. 189, n. 1-2, p. 41-54, 2003.

VALDÉS-INFANTE, J. et al. Molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L) establishment of a first molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative characters. **J. Genet. & Breed**., v.57, p. 349 358, 2003.

VICENTINO A. R. R.; MENEZES F. S. Atividade antioxidante de tinturas vegetais, vendidas em farmácias com manipulação e indicadas para diversos tipos de doenças pela metodologia do DPPH. **Rev. Bras. Farmacogn**., v.17, p. 384-387, 2007.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants**: descriptions, illustrations and information retrieval. Disponível em: http://delta-inkey.com. Acessado em agosto de 2008.

WILLE, G. M. F. et al. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum d. c.*) para o pequeno produtor. **Ciênc. Agrotec**., v. 28, 1360-1366, 2004.

YAN, L. Y., TENG, L. T., JHI, T. J. Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. **Sunway Academic Journal.** v.3, p. 9–20, 2006.

YILMAZ, Y.; TOLEDO R. T. Health aspects of functional grape seed constituents. **Trends in Food Science & Technology**. v.15, n. 9, p. 422-433, 2004.

ZHANG, W. J. et al. Mechanism of quercetin as antidiarrheal agent. **Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao**, v. 23, n.10, p. 1029-1031, 2003.

ANEXOS

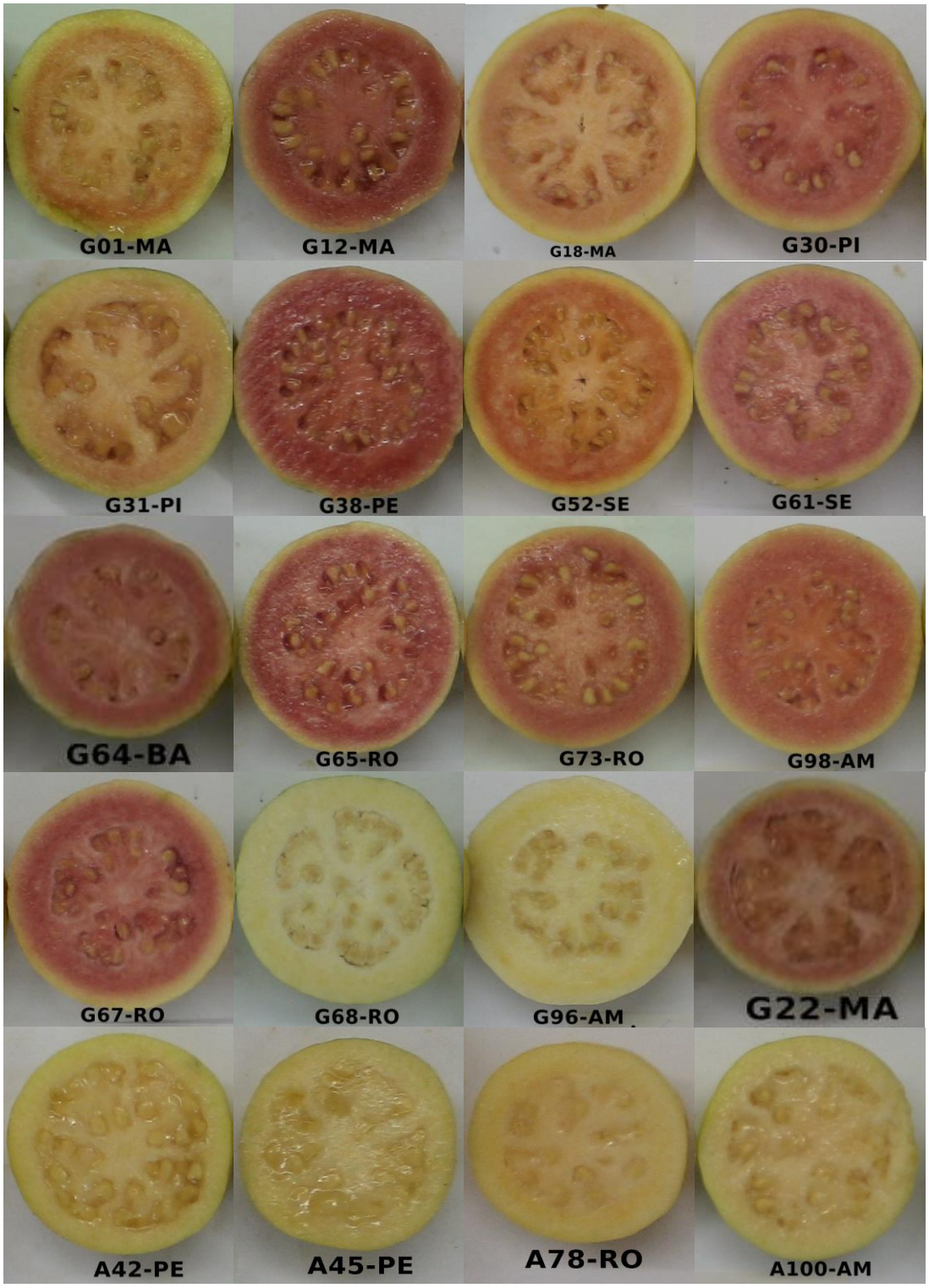

Figura 1. Cor de polpas de goiabas e araçás do banco ativo de germoplasma de *Psidium* da Embrapa Semiárido, Petrolina- PE.

Figura 2. Banco ativo de germoplasma de *Psidium* da Embrapa Semiárido, Petrolina- PE.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo