



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**Compostos Fenólicos e Potencial Antioxidante da Farinha do  
Resíduo de Abacaxi (*Ananas comosus*).**

Recife  
2013

**ALEXANDRE MARCELO E SILVA**

**Compostos fenólicos e potencial antioxidante da Farinha do  
Resíduo de Abacaxi (*Ananas comosus*).**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia dos

Orientador (a): **Profª Drª. Enayde de Almeida Melo**

Co-orientador (a) : **Profª Drª Andrelina Maria Pinheiro Santos**

Recife  
2013

Ficha catalográfica

S586c Silva, Alexandre Marcelo e  
Compostos fenólicos e potencial antioxidante da  
farinha do resíduo de abacaxi (*Ananas comosus*) / Alexandre  
Marcelo e Silva. – Recife, 2013.  
79 f. : il.

Orientadora: Enayde de Almeida Melo.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco,  
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2013.  
Referências.

1. Resíduo agroindustrial 2. Fitoquímicos bioativos  
3. Antioxidante natural I. Melo, Enayde de Almeida,  
orientadora  
II. Título

CDD 574

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**Compostos fenólicos e potencial antioxidante da Farinha do  
Resíduo de Abacaxi (Ananas comosus).**

Por: Alexandre Marcelo e Silva

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 05/09/2013 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Enayde de Almeida Melo - Presidente da Banca  
Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto– Membro Externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Inês Sucupira Maciel - Membro Interno  
Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Samara Alvachian Cardoso Andrade – Membro Interno  
Universidade Federal de Pernambuco**

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação a pessoa que mais me apoiou nesta jornada, minha mãe Vastí da Conceição e Silva, meu exemplo de vida. Ela que, com muita sabedoria, discernimento, amor, bom senso e dedicação esteve ao meu lado me encorajando nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de sucesso. Obrigado por fazer parte da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus colegas, que estiveram comigo sempre me incentivando em todas as etapas do mestrado.

Agradeço a Renata e Cristiane pela ajuda na parte laboratorial do trabalho, sempre tendo paciência em me ajudar nos momentos que precisei.

Agradeço a professora Enayde Melo, que me orientou e incentivou durante todas as etapas da pesquisa e escrita desta dissertação, com críticas e sugestões, mas também com um grande respeito pelas minhas opiniões e opções.

**MUITO OBRIGADO!!**

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
<b>Capítulo I</b>	
2. Revisão Bibliográfica.....	12
2.1 . Abacaxi ( <i>Ananas cosmosus</i> ).....	12
2.2 . Resíduos agroindustriais ricos em compostos bioativos.....	20
2.3 . Compostos bioativos.....	23
2.4 . Compostos fenólicos como antioxidantes naturais.....	24
2.5 . Antioxidantes alimentares no combate aos Radicais Livres.....	30
2.6 . Referência Bibliográfica.....	33
3. Objetivos.....	44
3.1 Geral.....	44
3.2 Específico.....	44
<b>Capítulo II.....</b>	<b>45</b>
4. Artigo: Caracterização físico-química, extração de compostos fenólicos e potencial antioxidante da Farinha do Resíduo de Abacaxi ( <i>Ananas Comosus</i> ).....	46
Resumo.....	47
Abstract.....	48
4.1 Introdução.....	49
4.2 Material e Métodos.....	51
4.3 Resultado e Discussão.....	57
4.4 Conclusão.....	73

4.5	Referências Bibliográficas.....	74
-----	---------------------------------	----



## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a farinha do resíduo de abacaxi (*Ananas comosus*), em relação à composição centesimal, teor de compostos bioativos e potencial antioxidante, como também otimizar o processo da extração de compostos fenólicos. O resíduo desidratado e triturado foi submetido à determinação da composição centesimal e do teor dos principais fitoquímicos bioativos. Para definição das melhores condições dos processos para obtenção de extratos com elevado teor de fenólicos totais foram aplicados o planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$  e o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), para cada tipo de solvente (acetona e metanol). Tempo de agitação (30 a 90min), temperatura (30 a 50°C), concentração do solvente (50 a 90%) e velocidade de agitação (100 a 300rpm) foram as variáveis independentes e o teor de fenólicos dos extratos a variável dependente. Os extratos com os mais elevados teores de fenólicos totais foram submetidos aos ensaios antioxidantes, de captura de radicais, em sistema modelo (DPPH e ABTS) em sistema lipídico (oxidação acoplada do B-caroteno/ácido linoléico). A farinha do resíduo de abacaxi apresentou elevados teores de carboidratos totais (89,18g/100g) e de fenólicos totais (819,80 mg/100g), com destaque para os flavonoides totais (128,01 mg/100g) e flavonóis (98,65mg/100g). O planejamento fatorial fracionário e o DCCR indicaram que extratos com elevado teor de fenólicos totais podem ser obtidos empregando as seguintes condições: acetona (60%), 35°C a 45°C, 250rpm e 30min. O extrato obtido nestas condições apresentou potencial antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS bem como em sistema lipídico. Os resultados obtidos permitem considerar o resíduo agroindustrial de abacaxi como matéria prima, tanto para o enriquecimento e elaboração de novos produtos alimentícios, como para obtenção de extratos a ser empregado pela indústria de alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos.

Palavras-chave: resíduo agroindustrial, fitoquímicos bioativos, antioxidante natural.

## **ABSTRACT**

The present study aimed to characterize the flour of pineapple (*Ananas comosus*), in relation to their composition, content of bioactive compounds and antioxidant potential, as well as define the process conditions that favor the efficiency of extraction of phenolic compounds in obtaining extracts. The residue dehydrated and milled was subjected to determinations of the proximal composition and major bioactive phytochemical contents. To determine the ideal processing conditions for preparing extracts with high total phenolic content the  $2^{4-1}$  fractional factorial design and the central composite rotational design (DCCR) was applied for each type of solvent (acetone and methanol). Stirring time (30 to 90 minutes), processing temperature (30 to 50 °C), solvent concentration (50% to 90%) and Stirring speed (100 to 300 rpm) were used as independent variables, and the total phenolic content were used as dependent variables. The extracts obtained using the best extraction conditions were subjected to testing antioxidants, radicals scavenging capacity (DPPH and ABTS) and assay antioxidant in lipid system (co-oxidation system  $\beta$ -caroteno/ácido linoleic acid). The flour of pineapple showed high levels of carbohydrates (89.18 g/100 g), and phenolic content (819.80 mg/100 g), with emphasis on the total flavonoid (128.01 mg/100g) and flavonols (98,65mg/100g). The factorial design and DCCR indicated that extracts with high content of phenolic compounds can be obtained using the following conditions: acetone (60%), 35 ° C to 45 ° C, 250rpm and 30min. The extract obtained under these conditions shown antioxidant potential against DPPH and ABTS radicals as well as lipid system. The results obtained allow considering the pineapple agro-industrial residue as raw material for both the enrichment and development of new food products, and for obtaining extracts to be used by the food industry in total or partial replacement to synthetic antioxidants.

**Key Words:** Agro-industrial waste, bioactive phytochemicals, antioxidant natural

## 1. INTRODUÇÃO

A agroindústria, nos últimos anos, vem se expandindo, seja por conta da ampliação da área agrícola (CONAB, 2012), ou pelos promissores avanços biotecnológicos, que acarretam relevante desenvolvimento na obtenção de novas variedades de plantas, melhoria da qualidade de diversos alimentos e aumento do número de produtos do setor (CARRER, 2010). No ano de 2010, a agricultura brasileira cresceu 4,7%, e, com a mesma intensidade, cresceu a produção de resíduos agroindustriais, perfazendo uma estimativa de 250 milhões de toneladas ao ano (IBGE, 2013). Contudo, ao atingir esta posição, o setor se mostrou um dos maiores usufrutuários dos recursos naturais promovendo considerável impacto ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos das indústrias de processamento de frutas que se constituem basicamente de cascas e sementes, apontados por ainda conter material rico em compostos bioativos, muitos com ação antioxidante, podem ser utilizados para obtenção de extratos e/ou compostos isolados, aproveitando o seu valor econômico, ao invés de deixar que os mesmos se acumulem na natureza ou simplesmente sejam enterrados em aterros sanitários. Dentre os fitoquímicos bioativos presentes nestes resíduos destacam-se os compostos fenólicos ou polifenóis, produtos secundários do metabolismo vegetal. Estes fitoquímicos em virtude de sua natureza química atuam com agentes redutores, por meio de vários mecanismos, interrompendo ou reduzindo a velocidade da reação de oxidação (PIETTA, 2000; WANG; LIN, 2000).

Atualmente, há grande interesse por diversas substâncias bioativas, particularmente aquelas com propriedade antioxidante, em decorrência de sua ação sobre os radicais livres e, conseqüentemente, seus benefícios sobre o organismo (MELO, 2010). Os radicais livres ou espécies reativas de oxigênio (EROs) são moléculas ou átomos que possuem um ou mais elétrons não pareados. Estas moléculas estão envolvidas na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de substâncias biológicas

importantes no organismo. No entanto, quando em excesso, promovem efeitos prejudiciais, tais como a peroxidação de lipídeos de membrana e agressão às proteínas dos tecidos e das membranas, às enzimas, aos carboidratos e DNA, estando conseqüentemente relacionados à etiologia ou o fator agravante de várias patologias, tais como artrite, choque hemorrágico, doenças do coração, catarata, disfunções cognitivas e câncer (FERNANDEZ-PANCHON et al., 2008; BARREIROS et al., 2006).

Assim, considerando à elevada proporção de resíduos agroindustriais proveniente, principalmente, da indústria processadora de polpa congelada de frutas e do teor de fitoquímicos bioativos presente neste material, torna-se relevante investigar o seu potencial antioxidante na perspectiva de empregá-los em alimentos em substituição parcial ou total aos sintéticos. Desta forma, justifica-se o propósito de averiguar a ação antioxidante de resíduo agroindustrial de abacaxi (cascas), em ensaios que utilizam lipídios como substrato e que determinam a habilidade de sequestrar radicais livres, com vistas a empregá-lo com inibidor da oxidação lipídica em alimentos e/ou incorporá-los aos alimentos para proporcionar benefícios para o organismo humano.

# CAPÍTULO I

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1. ABACAXI (*Ananas comosus*)

O abacaxizeiro é uma monocotiledônea herbácea da ordem Poales, da família Bromeliaceae, cujo gênero mais importante é o *Ananas*, na qual está incluído o abacaxi (*Ananas comosus*) e outras espécies que são utilizadas para a produção de fibras ou ornamentação. Pode ser encontrado em diversos ecossistemas, desde o nível do mar até em regiões mais rochosas. A família Bromeliaceae se destaca por ser uma das principais componentes da flora brasileira, abrigando aproximadamente 36% das espécies catalogadas com vários gêneros endêmicos, alguns deles encontrados somente na Mata Atlântica (SOUZA; WANDERLEY, 2007).

A planta do abacaxizeiro é composta por um caule (talo) curto e grosso, ao redor do qual crescem as folhas, em forma de calhas estreitas e rígidas, e no qual se inserem as raízes axilares. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrado em geral à profundidade de 0 a 30 cm e, raras vezes, a mais de 60 cm da superfície do solo. A planta adulta das cultivares comerciais mede de 1,00 m a 1,20 m de altura, e de 1,00 m a 1,50 m de diâmetro. De acordo com o formato e a posição na planta, as folhas são classificadas em A, B, C, D, E e F, contando da folha mais velha e externa, para a folha mais nova e interna, respectivamente. Do ponto de vista do manejo da cultura, a folha D é a mais importante, sendo a mais jovem entre as folhas adultas. Em termos metabólicos, esta folha é a mais ativa de todas e, por conseguinte, é usada na análise do crescimento e do estado nutricional da planta (REINHARDT et al., 2002).

O fruto do abacaxizeiro é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central ou coração. A parte comestível do abacaxi é a polpa, que se apresenta de cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, o peso médio dos frutos gira em torno de um quilo, sendo 25% representado pela coroa. Essa coroa é formada por um tufo de folhas pontiagudas. Os rebentos ou mudas desenvolvem-se a partir de gemas axilares localizadas no caule (rebentões) e no pedúnculo (filhotes). Os plantios de abacaxi

são feitos com mudas de vários tipos, tais como coroa (brotação do fruto), filhotes, e rebentão. Cada um deles possui características vantajosas ou não, que devem ser consideradas na escolha e manejo do material de plantio (COPPENS; LEAL, 2003).



**Figura 01:** Abacaxi (*ananas comosus*)  
(Fonte: Embrapa, 2013)

Existem várias espécies selvagens, pertencentes ao mesmo gênero. O termo ananás provém do vocábulo “naná”, da língua tupi, que significa fruta saborosa, enquanto que abacaxi é originário da língua indígena guarani, vocábulo procedente de “ibacati” (fruto que exala cheiro). Na linguagem corriqueira do Brasil, ananás é o termo usado para designar os frutos das espécies selvagens ou pertencentes a variedades desconhecidas, e o termo abacaxi designa os frutos de variedades conhecidas (GIAGOMELLI; PY, 1981).

O cultivo do abacaxi era feito pelos indígenas em extensas regiões do Novo Mundo. Há fortes indícios de que este fruto seja originário da América do Sul. Estudos de distribuição do gênero *Ananas* indicam que o seu centro de origem é a região da Amazônia, por se encontrar nela o maior número de espécies consideradas válidas até o momento. A partir do século XVI, o fruto foi introduzido na África, na Ásia e na Austrália, e atualmente é cultivado em várias regiões tropicais e subtropicais (REINHARDT et al., 2002). Este fruto, símbolo dos trópicos, é cada vez mais apreciado em todo o mundo por suas qualidades organolépticas, sobretudo, pelo reconhecido valor nutritivo e qualidades terapêuticas (CUNHA, 2007).

É considerada uma das culturas mais exigentes em relação a substratos para o seu crescimento. Seu processo de floração é atemporal, comprometendo a regularidade da produção, podendo resultar em frutos de baixa qualidade para o Mercado. Além disso, podem ser acometidos por fusariose (*Fusarium subglutinans*) causando perdas, em média, de 30% da produção nacional de frutos. A fusariose é constatada em todos os estados produtores de abacaxi, ocorrendo de forma endêmica (VAILLANT et al., 2001; MATOS; CABRAL, 2005)

O crescimento pode ser definido como a fase do desenvolvimento em que ocorre o incremento irreversível nos atributos físicos, a exemplo o peso e tamanho do fruto. As variações nos fatores ambientais como: luz, temperatura, precipitação pluviométrica, solo e têm influência significativa e bem marcante na fase de desenvolvimento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As características físicas externas, relativas à coloração da casca, tamanho e forma do fruto, e os constituintes físico-químicos da polpa, responsáveis pelo sabor, aroma e valor nutritivo estão relacionadas com a qualidade dos frutos. Esses requisitos qualitativos, independentemente do mercado comprador, de forma obrigatória, devem atender aos padrões mínimos estabelecidos para as cultivares. A oferta de frutos de qualidade adequada, homogênea e constante ao longo do tempo contribui de forma decisiva para o desenvolvimento e a manutenção do prestígio dos mercados-alvo (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

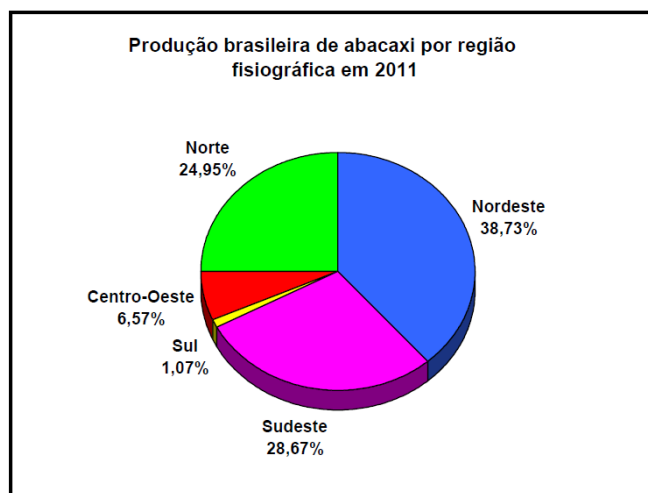
O clima, o solo, a disponibilidade de água para irrigação, aliados à disponibilidade e ao custo da mão-de-obra, conferem à região Nordeste vantagens competitivas, em relação às demais regiões do Brasil, assegurando-lhe liderança na produção e exportação de frutas tropicais. Outro fator positivo importante é a localização privilegiada dessa região que reduz o tempo e o custo do transporte para a América do Norte e Europa, principalmente quando se trata de exportação de produtos altamente perecíveis. Assim, a região tornou-se a maior produtora de abacaxi (*Ananas comosus*), banana (*Musa spp.*), cacau (*Theobroma cacao*), coco (*Cocos nucifera*), goiaba (*Psidium guajava*), mamão (*Carica papaya*), manga (*Mangifera indica*), maracujá (*Passiflora edulis*) e castanha de caju (*Anacardium occidentale*) (IBGE, 2013).



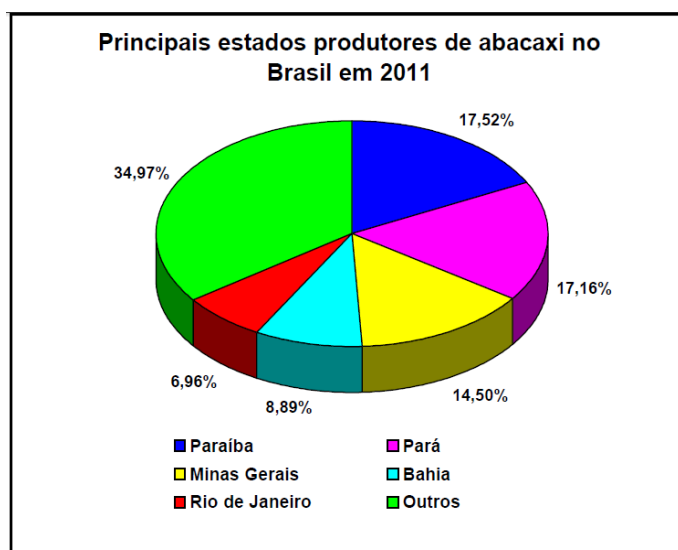
O Brasil por apresentar uma diversificada extensão territorial, com diferentes climas e ecossistemas, possibilita uma produção variada de frutas. O País apresenta ainda um apelo crescente no mercado internacional de frutas, produzindo frutas de excelente qualidade que levam o selo “Brazilian Fruit”, utilizado com frequência em campanhas mercadológicas em nível internacional, porém muito ainda tem a crescer em se tratando de exportação de frutas (BRAZILIAN FRUIT, 2013).

Devido a suas dimensões continentais, o Brasil, se destaca na multiplicidade de climas em todas as regiões, permitindo a produção de praticamente todas as espécies frutíferas com poder de comércio no mundo todo. A produção de frutas alavanca o progresso nacional e a economia. Todas as Regiões contribuem com uma parcela da produção de frutos, que abastecem o mercado interno como também o exigente mercado internacional. Da região Nordeste, saem melão, manga, banana, abacaxi e caju; e da região Sul se concentram as produções de frutas de clima temperado, como maçã e uva (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2013).

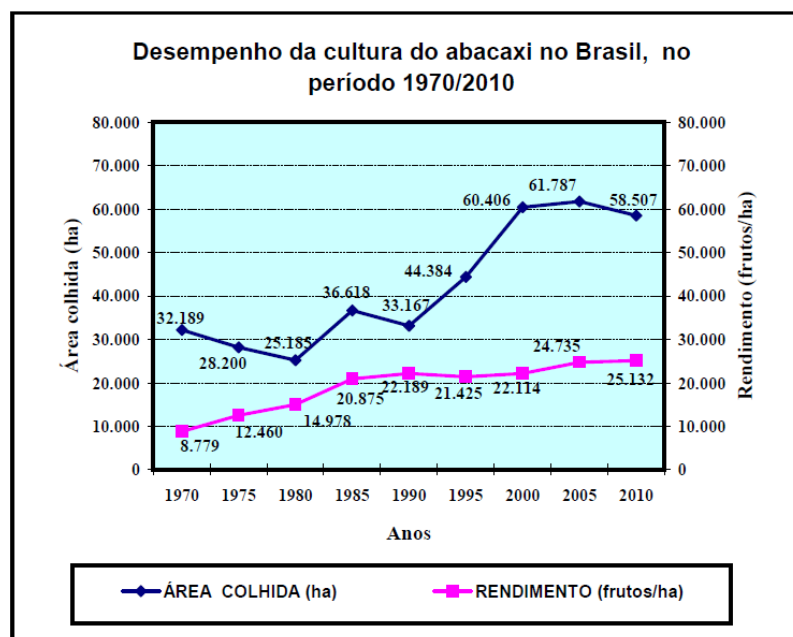
Quanto à produção de abacaxi no ano de 2011, o Brasil atingiu 1.576.972 toneladas, sendo 610.826 toneladas na região Nordeste – 38,73% (Figura 2), dos quais 17,52% (276.250 toneladas) foram produzidos no Estado da Paraíba (Figura 3). Entre os anos de 1970 a 2010, observou-se no Brasil um crescimento significativo no rendimento de abacaxi, cerca de 30% de aumento neste período. (Figura 4) (IBGE, 2013).



**Figura 02:** Produção agrícola de abacaxi, por regiões, no ano de 2011.  
(FONTE: IBGE, 2013)



**Figura 03:** Produção nacional de abacaxi, por estados, no ano de 2011.  
(Fonte: IBGE, 2013)



**Figura 04:** Desempenho da cultura do abacaxi no Brasil, no período de 1970/2010. (Fonte: IBGE, 2013).

Em 2012, a produção nacional de abacaxi foi de 1.650.936 milheiros de frutos, superando a do ano de 2011 em 4,70 %. O rendimento médio da cultura alcançou a marca de 27.350 frutos por hectare e a área colhida, 60.363 hectares. A área plantada destinada à colheita teve um aumento de 31% em relação ao período de 2011; contudo, a quantidade produzida e o valor da produção tiveram sensíveis e continuados crescimentos a partir de 2003 (IBGE, 2013).

Entre os Estados produtores de abacaxi, o Pará se destaca como o primeiro colocado, cuja produção foi de 317.127 milheiros de frutos em 2012, 14,6 % maior que a do ano de 2011, correspondendo a 19,20 % da produção nacional. Na segunda posição, encontra-se a Paraíba, com 293.063 milheiros de frutos colhidos, e o estado de Minas Gerais, com 250.576 milheiros de frutos, ocupou o terceiro posto no *ranking* nacional. O Estado de Pernambuco, no ano de 2012, obteve uma produção de 13.530 milheiros de frutos, correspondendo a apenas 0,81% da produção nacional. Nos plantios paraibanos predomina a variedade Pérola, produção que é escoada, principalmente, para São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (IBGE, 2013).

Com a relação ao mercado externo, o Brasil continua sendo o líder em exportações de frutas no mundo. Em 2012, as exportações registraram um crescimento de 1,73% no volume da produção de frutos em relação ao ano anterior, totalizando 693.020 mil toneladas, entretanto os números da Secretaria de Comércio Exterior indicaram uma queda de 2,34% no faturamento daquele ano, fechando em US\$ 618.821 milhões. O campeão de vendas neste período foi o melão, seguido da manga e do limão. O abacaxi ocupou o 14º lugar, totalizando um volume de 1.356.500 kg de abacaxi exportado neste ano - 0,05% da produção do fruto prevista (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2013).

Dentre as cultivares mais plantadas no mundo temos a *Smooth cayenne*, *Singapore spanish*, *queen*, *Spañola roja*, *Pérola* (Pernambuco) e *Perolera*. A maior parte do plantio mundial, aproximadamente 70% é da cultivar *Smooth cayenne*. No Brasil, a mais plantada é a 'Pérola' (CUNHA, 2007). Segundo Cabral (2000), a cultivar *Smooth cayenne*, conhecida também como abacaxi havaiano, é a mais plantada no mundo, tanto em termos de área, quanto em faixa de latitude. Esse genótipo possui frutos não adequados para o consumo *in natura*, pois a polpa apresenta elevada acidez. Contudo, os frutos são de ótimo tamanho e têm alta produtividade. Nos principais países produtores do mundo, o amplo predomínio de plantios de '*Smooth cayenne*', o uso de poucas cultivares para plantios comerciais e a substituição de variedades locais por '*Smooth cayenne*' vêm provocando o desaparecimento de variedades de interesse local ou regional (CABRAL, 2000; CABRAL et al., 2004).

Para a escolha de uma cultivar de abacaxi para a implantação de plantios comerciais, o agricultor deve considerar, entre outros fatores, a disponibilidade e qualidade das mudas e o destino da produção. Qualquer que seja a cultivar utilizada, o agricultor deve se preocupar com a manutenção das características morfoagronômicas. Embora o abacaxizeiro seja uma planta de propagação predominantemente vegetativa, o uso contínuo do mesmo material de plantio pode proporcionar a degeneração do clone pelo desenvolvimento de pragas e doenças e surgimento de plantas com características diferentes do padrão da cultivar (CUNHA, 2007).

Segundo dados do IBGE (2013), os maiores compradores de abacaxi no mercado internacional são os americanos, que apresentam também um dos maiores consumo per capita (45 kg/capita), quase oito vezes o consumo per capita do brasileiro que é de 6 kg/capita. O volume de produção brasileira de abacaxi subiu 74% de 1994 a 2006, sendo que o intervalo de 2003 a 2006 representa um aumento de 87%.

O abacaxi apresenta diversas variações em sua composição química. Diferentes estudos apresentam amplas faixas para os valores de pH, acidez titulável, açúcares totais e sólidos solúveis dependendo da variedade cultivada, do estágio de maturação, do clima e da época do ano em que o fruto foi produzido, do solo, do manejo, entre outros fatores (CESAR, 2005). Os teores de sólidos solúveis podem variar entre 13,1 e 15,10 % para frutos maduros. As regiões mediana e apical do fruto são as que sempre apresentam teores maiores de sólidos solúveis (MANICA, 2000).

O teor de ácido ascórbico em frutos e hortaliças pode ser influenciado por vários fatores tais como condições edafoclimáticas, época de maturação do fruto, pré-colheita, práticas culturais e métodos de colheita, bem como de procedimentos de controle pós-colheita. Quanto mais alta a intensidade de luz durante o desenvolvimento do fruto, maior é o conteúdo de ácido ascórbico. Entretanto, elevados níveis de fertilizantes a base de nitrogênio tendem a diminuir a quantidade de ácido ascórbico em muitos frutos e hortaliças (LEE; KADER, 2000). Vale ressaltar, que o abacaxi possui compostos fenólicos, que apresentam poder antioxidante importante para a saúde (WEN; WROLSTAD, 2002).

## 2.2 . Resíduos agroindustriais ricos em compostos bioativos

A agroindústria, nos últimos anos, vem se expandindo, seja por conta da ampliação da área agrícola (CONAB, 2012), ou pelos promissores avanços biotecnológicos, que acarretam relevante desenvolvimento na obtenção de novas variedades de plantas, melhoria da qualidade de diversos alimentos e aumento do número de produtos do setor (CARRER, 2010). No ano de 2010, a agricultura brasileira cresceu 4,7% e com a mesma intensidade cresceu a produção de resíduos agroindustriais, perfazendo uma estimativa de 250 milhões de toneladas ao ano (IBGE, 2013), contudo, ao atingir esta posição, o setor se mostrou um dos maiores usufrutuários dos recursos naturais promovendo considerável impacto ao meio ambiente.

Estima-se que, no Brasil, o desperdício de alimentos oscile entre 40% e 80%, sendo a maior parte gerada no transporte e manuseio dos produtos (DIAS, 2003). No caso do abacaxi, mais de 90% da produção é consumida *in natura* e as perdas giram em tornam de 10% a 15%, podendo chegar a 38% (coroa, casca e miolo) (Tabela 01), especialmente decorrentes do descasque inadequado e da necessidade de maiores cuidados de armazenamento do fruto (DURIGAN, 2004). Além disso, o transporte do fruto entre grandes distâncias dentro do país, ou mesmo na exportação, exige métodos de conservação cada vez mais eficientes (THÉ et al., 2009).

**Tabela 01.** Geração de resíduos agroindustriais de frutos no território nacional no ano de 2002.

Frutas	Resíduos (% em massa)	Referência
Abacaxi	Coroa, casca e miolo (38)	Durigan et al., 2004
Banana	Casca (30)	Vilas Boas, 2002
Goiaba	Casca e sementes (47)	Durigan et al., 2004
Mamão	Casca e sementes (34) aparas de corte (12)	Vilas Boas, 2002

(Fonte: Embrapa, 2006).

Segundo Souza e Santos (2004), a América Latina produz mais de 500 milhões de toneladas de resíduos, sendo o Brasil responsável por mais da metade desta produção, demonstrando que o crescimento dos resíduos está diretamente relacionado ao aumento da produtividade agrícola. A relação diretamente proporcional entre a produção de frutos, com a consequente produção de resíduos acarreta danos ambientais significativos (PELIZER et al., 2007).

No Brasil, o consumo de frutas e hortaliças tem aumentado significativamente, devido à procura por hábitos mais saudáveis pela sociedade. Cada vez mais, os consumidores querem aliar conveniência, praticidade e saúde combinadas ao frescor e à qualidade do produto, levando estes consumidores, principalmente os de grandes centros urbanos e os de maior renda a buscar por alimentos minimamente processados (MORETTI, 2007).

O consumo de produtos minimamente processados vem crescendo rapidamente, devido à praticidade do consumo, entretanto o processamento mínimo gera resíduos ricos em nutrientes, e estes podem ter uma destinação nobre e serem utilizados na alimentação humana (MORETTI; SARGENT, 2000; MACHADO *et al.*, 2006). Além disso, muitos frutos comestíveis são processados para fabricação de sucos naturais, sucos concentrados, doces e polpas que também resultam na

geração de resíduos sólidos que são, muitas vezes, descartados no meio ambiente (KOBORI, JORGE, 2005).

A falta de acesso à alimentação e, por consequência, a fome e a subnutrição tem sido causa da morte de milhares de pessoas nas mais variadas partes do planeta. Enquanto isso, pesquisas revelam que a quantidade de alimentos produzidos e disponíveis no mundo é mais do que suficiente para suprir as necessidades mínimas de todos os seres humanos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 1996, já havia sido registrado a existência de estoque mundial de alimentos, suficiente para suprir toda a população do globo, considerando uma dieta de 2.700 kcal/dia, por pessoa (MARTINS; FARIAS, 2003). Por este motivo, o levantamento de aplicações exequíveis do ponto de vista econômico para o aproveitamento de resíduos das agroindústrias torna-se interessante, visto que, estes resíduos possuem uma alta capacidade de reutilização. Com isto, minimiza-se o impacto ambiental desses subprodutos da indústria na região em que estão situadas e ainda se agrega valor aos produtos do mercado (PELIZER et al., 2007).

A viabilidade de utilização de subprodutos e resíduos de agroindústrias com agregação de valores para serem consumidos na alimentação humana tem sido constantemente investigada. A preocupação com o meio ambiente leva à fomentação de projetos que levam à sustentabilidade do sistema de produção industrial.

Borges et al. (2004) desenvolveram um estudo sobre a viabilidade da utilização de resíduos das indústrias de conserva de abacaxi da região de Pelotas – RS para a produção de suco. Conclui-se que é viável a elaboração de suco de abacaxi a partir de resíduos de sua industrialização. Lallo et al. (2003) estudaram a possibilidade de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi em ração de gado de corte. Canakci (2007) avaliou o potencial uso de lipídios oriundos de restaurantes como matéria-prima para produção de biodiesel e concluiu que o uso de resíduos pode diminuir o custo de produção do biodiesel, que é ainda muito alto em relação aos outros tipos de combustíveis. Fonseca et al (2011) elaboraram barras de cereais utilizando geleia de casca de abacaxi, gerando



produto aceito, com fibras, proteínas e minerais, podendo ser uma alternativa às barras de cereais tradicionais.

Para uma melhor utilização dos resíduos provenientes de produtos de origem vegetal, a indústria faz uso de tecnologias, que transformem a matéria orgânica úmida em matéria orgânica seca, com consequente trituração, com a finalidade de diminuir a área, e facilitar a mistura com os outros ingredientes. Uma maneira inteligente de se aproveitar os resíduos é a secagem, que proporciona uma redução do volume com a perda de água do produto, facilitando o transporte e o armazenamento, que pode reduzir a carga microbiana oferecendo um produto de qualidade pronto para consumo (MARTINS *et al.*, 2003). Esta técnica, porém, deverá ser bem aplicada, pois altas temperaturas podem causar perdas no valor nutritivo do resíduo.

As evidências quanto à importância dos subprodutos de frutas e vegetais como fonte de fitoquímicos com atividade biológica sugerem a exploração de tal potencial como fonte de bioativos para a dieta humana (LIMA *et al.*, 2004). Nesta perspectiva, vários estudos vêm sendo realizados. Estudos recentes têm apontado o uso de cascas de manga da variedade Ubá como fonte de compostos fenólicos, uma vez que ela contém um perfil variado de glicosídeos de xantona e de flavonóis (RIBEIRO, 2006); ação antioxidante foi constatada em diferentes resíduos, como sementes de citrus (BOCCO, *et al.*; 1998); em casca de maçã (WOLFE; WU; LIU, 2003); em resíduo de carambola (SHUI; LEONG, 2006); em sementes de uvas (MIELNIK, *et al.*, 2006) e resíduo agroindustrial de acerola (CAETANO *et al.*; 2009) e de goiaba (NASCIMENTO, ARAÚJO, MELO, 2010), entre outros. Porém, estudos relacionados com a atividade antioxidante em resíduos de frutas ainda são escassos.

#### **4.3 Compostos Bioativos**

A disponibilidade de informações sobre a composição de alimentos é essencial para a avaliação da dieta e para as pesquisas epidemiológicas que relacionam dieta, saúde e doença (GRANADO *et al.*, 2001). Os conhecimentos da composição dos alimentos, com ênfase nos compostos bioativos, com potencial antioxidante, facilita a identificação da relação entre a dieta e a prevalência de

enfermidades crônicas, além de viabilizar a definição da magnitude das inadequações dietéticas e oferecer subsídios para a educação alimentar e para o estabelecimento de metas e guias alimentares que promovam estilos de vida mais saudáveis (RIBEIRO, 2006).

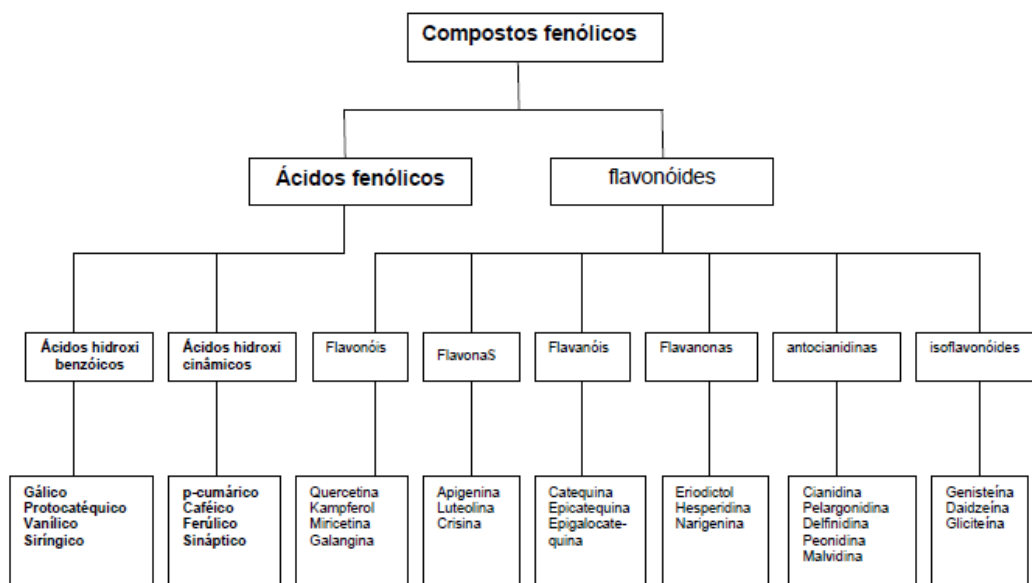
Os compostos bioativos mais comumente encontrados em frutas e hortaliças são as substâncias fenólicas, vitaminas C e E, e carotenoides, os quais são conhecidos como potentes antioxidantes e antagonistas naturais de patógenos (CHINNICI et al., 2004). Estas substâncias encontram-se nos vegetais na forma livre ou ligadas a açúcares e proteínas polifenólicos (CATANEO et al., 2008). Deve-se atentar que estudos sugerem que o potencial antioxidante não estão restritas à polpa de frutas; tendo sido demonstrado que esta atividade é frequentemente superior em cascas, pelo fato destas possuírem teor elevado de compostos fenólicos (LEONTOWICZ et al., 2003).

Os Antioxidantes alimentares de origem vegetal têm ganhado crescente interesse entre os consumidores e a comunidade científica. Estudos epidemiológicos sugerem que o frequente consumo desses alimentos é associado com a baixa incidência de doenças degenerativas incluindo o câncer, doenças cardiovasculares, inflamações, artrites, declínio do sistema imune, disfunção cerebral, diabetes, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata (ABDILLE et al., 2005; HE et al., 2007; KUSKOSKI et al., 2005; WU et al., 2004).

#### **4.4. Compostos fenólicos como antioxidantes naturais**

Dentre as diversas classes de substâncias antioxidantes de ocorrência natural, os compostos fenólicos têm recebido muita atenção nos últimos anos, sobretudo por inibirem a peroxidação lipídica, a lipoxigenase *in vitro* (SOUSA et al., 2007), processos aterogênicos e câncer (HUANG et al., 1992; SHAHIDI; WANASUNDARA, 1992). Essa atividade antioxidante deve-se, principalmente, às suas propriedades redutoras, as quais desempenham um papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres ou quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (SOARES, 2002).

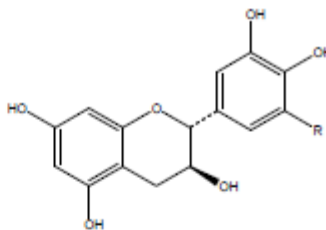
Os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas e tem sido muito estudados devido a sua influência na qualidade dos alimentos. Compreendem uma quantidade enorme de substâncias, entre elas os ácidos fenólicos, que devido a sua estrutura química possuem atividades antioxidantes (SOARES, 2002). Podem ser classificados em dois grandes grupos, o grupo dos flavonoides e o grupo dos não flavonoides (Figura 05). O grupo dos flavonoides é formado por dois anéis aromáticos unidos por um heterociclo oxigenado. Dependendo do grau de hidrogenação e da substituição do heterociclo, podem ser classificados em flavanóis, flavonas, flavonóis, flavanonas, antocianidinas e isoflavonóides. São encontrados geralmente ligados a açúcares, formando os chamados glicosídeos. Na Figura 06, encontram-se a estrutura química de alguns flavonóides comumente encontrados em alimentos de origem vegetal (KARAKAYA, 2004).



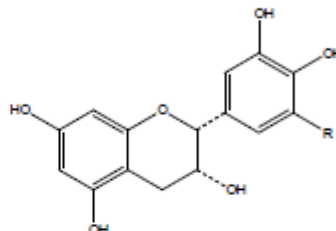
**Figura 05:** Classe dos compostos fenólicos presentes em alimentos vegetais (Karakaya, 2004).

**Flavanóis:**

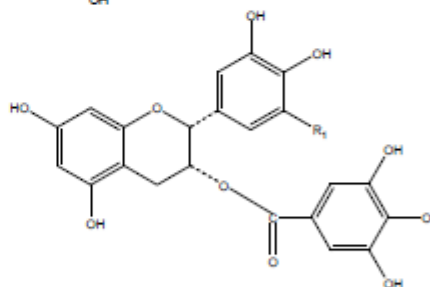
- (+)-Catequina: R=H
- (+)-Galocatequina: R=OH



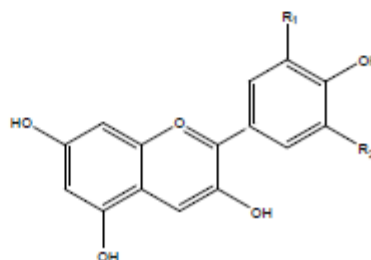
- (-)-Epicatequina: R=H
- (-)-Epigallocatequina: R=OH



- (-)-Epicatequina-3-galato: R<sub>1</sub>=H
- (-)-Galato de epigallocatequina: R<sub>1</sub>=OH

**Antocianidinas:**

- Cianidina: R<sub>1</sub>=OH, R<sub>2</sub>=H
- Delfinidina: R<sub>1</sub>=OH, R<sub>2</sub>=OH
- Peonidina: R<sub>1</sub>=OCH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>=H
- Malvidina: R<sub>1</sub>=OCH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>=OCH<sub>3</sub>



**Figura 06:** Estrutura química de alguns flavonoides (Karakaya, 2004)

A Tabela 02 apresenta as principais fontes alimentares de alguns flavonoides. Os compostos não flavonoides são representados pelos derivados dos ácidos benzoicos e cinâmicos. Na estrutura química destes compostos encontra-se um anel aromático, com pelo menos um grupo hidroxila, além de diferentes grupos funcionais: alcoóis, aldeídos ou ácidos. Eles podem formar ésteres com ácidos orgânicos ou ligar-se a açúcares. Na Figura 07 encontra-se a estrutura química dos principais ácidos fenólicos. Outras classes de compostos de natureza fenólica são os estilbenos, lignanos e os de forma polimerizada como os taninos e ligninas. Alguns destes compostos têm as propriedades de propiciar cor, aroma e sabor adstringente aos vegetais (MANACH et al., 2004).

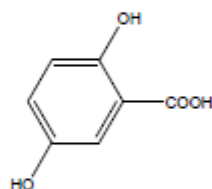
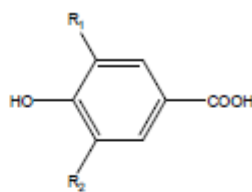
**Tabela 02:** Algumas classes e fontes de flavonóides

<b>CLASSES</b>	<b>NOME</b>	<b>FONTE</b>
<b>Flavonóis</b>	Epicatequina Catequina Epigalocatequina Epicatequina galato Epigalocatequina galato	Chás verde e preto, uvas vinho tinto
<b>Flavanonas</b>	Naringina Taxofolina	Casca de frutas cítricas Frutas cítricas
<b>Flavonóis</b>	Canferol Quercetina Mirecetina	Brócolis, chá preto, Cebola, alface, Cerejas, vinho tinto,
<b>Flavonas</b>	Crisina Apigenina	Casca de frutas Aipo, salsa
<b>Antocianidinas</b>	Malvidina Cianidina Apigenidina	Uvas roxas, vinho tinto Morangos, uvas, Frutas e casca de frutas coloridas

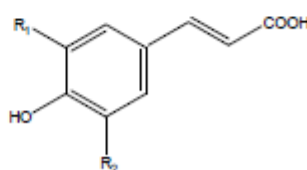
Fonte: Rice-Evans, Miller, Paganda (1996)

**Ácidos hidroxibenzoicos C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>:**

- Ácido *p*-hidroxibenzoico: R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=H
- Ácido protocatéquico: R<sub>1</sub>=OH, R<sub>2</sub>=H
- Ácido vanílico: R<sub>1</sub>=OCH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>=H
- Ácido gálico: R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=OH
- Ácido siríngico: R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=OCH<sub>3</sub>
  
- Ácido gentísico

**Ácidos cinâmicos C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>:**

- Ácido *p*-cumárico: R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=H
- Ácido caféico: R<sub>1</sub>=OH, R<sub>2</sub>=H
- Ácido ferúlico: R<sub>1</sub>=OCH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>=H
- Ácido sinápico: R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=OCH<sub>3</sub>



**Figura 07:** Estrutura química dos principais ácidos fenólicos, (Manach et al., 2004).

Diversos estudos são realizados com o objetivo de se determinar a composição fenólica em frutas e derivados, como polpas e sucos, pois estes compostos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante exibida por essas frutas (MOYER et al., 2002; WEN; WROLSTAD, 2002; KIM; JEONG; LEE, 2003; MÉNDEZ et al., 2003; LIMA et al., 2005; ARABBI; GENOVESE; LAJOLO, 2004; HARNLY et al., 2006; MULLEN; MARKS; CROZIER, 2007; KIM; BRECHT; TALCOTT, 2007; VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008; LIU et al., 2008; FANG et al., 2009; ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009).. Na Tabela 03 encontra-se o perfil fenólico de algumas frutas, com destaque para a diversidade de compostos fenólicos presentes na polpa do abacaxi.

**Tabela 03:** Ocorrência de compostos fenólicos em algumas frutas

FRUTA	FONTE	COMPOSTOS FENÓLICOS	REFERÊNCIA
Goiaba ( <i>Psidium guajava</i> )	Polpa	Ácido protocateuico Guavina B, quercetina, Leucocianidina, canferol Quercetina 3- $\beta$ - Galactosídeo, mecodianidina, Quercetrina.	Gutiérrez;  Mitchell; Solis (2008)
Abacaxi ( <i>Ananas Comosus</i> L.)	Polpa e/ou suco	Ácido <i>p</i> -cumárico, ácido Ferúlico, ácido sinápico, ácido caféico, ácido siringico, ácido <i>p</i> - hidroxibenzóico Ácido <i>p</i> - hidroxibenzóico.	Wen; Wrolstad  (2002)
Maracujá ( <i>Passiflora edulis</i> )	Suco	Ácido caféico, ácido <i>p</i> - cumárico, ácido o-cumárico, ácido siringico, ácido ferúlico, quercetina glicosilada, ácido sinápico	Talcott et al.  (2003)

Atualmente, há grande interesse por diversas substâncias bioativas, particularmente aquelas com propriedades antioxidantes, em decorrência de sua ação sobre os radicais livres e, conseqüentemente, seus benefícios sobre o organismo (MELO, 2010). Os radicais livres ou espécies reativas de oxigênio (EROs) são moléculas ou átomos que possuem um ou mais elétrons não pareados.

Estas moléculas estão envolvidas na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de substâncias biológicas importantes no organismo. No entanto, quando em excesso, promovem efeitos prejudiciais, tais como a peroxidação de lipídeos de membrana e agressão às proteínas dos tecidos e das membranas, às enzimas, aos carboidratos e DNA, estando conseqüentemente relacionados à etiologia ou o fator agravante de várias patologias, tais como artrite, choque hemorrágico, doenças do coração, catarata, disfunções cognitivas e câncer (FERNANDEZ-PANCHON et al., 2008; BARREIROS et al., 2006).

#### **4.5. Antioxidantes alimentares no combate aos Radicais Livres**

Segundo a ANVISA (2007), antioxidante é a substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento. Do ponto de vista químico, os antioxidantes são compostos aromáticos que contêm, no mínimo, uma hidroxila, podendo ser sintéticos, como o butilhidroxianisol (BHA) e o butilhidroxitolueno (BHT), amplamente utilizados pela indústria alimentícia, ou naturais, substâncias bioativas, tais como organosulfurados, fenólicos e terpenos, que fazem parte da constituição de diversos alimentos. Segundo a Food and Drug Administration (FDA), antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar alimentos através do retardamento da deterioração, rancidez e descoloração decorrentes da autoxidação. De maneira geral, antioxidante é “qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada ao substrato oxidável, retarda ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz” (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Entre as principais características de um efetivo antioxidante destaca-se a presença de substituintes doadores de elétrons ou de hidrogênio ao radical, em função de seu potencial de redução; capacidade de deslocamento do radical formado em sua estrutura; capacidade de quelar metais de transição implicados no processo oxidativo e acesso ao local de ação, dependendo de sua hidrofília ou lipofília, além de seu coeficiente de partição (MANACH et al., 2004).



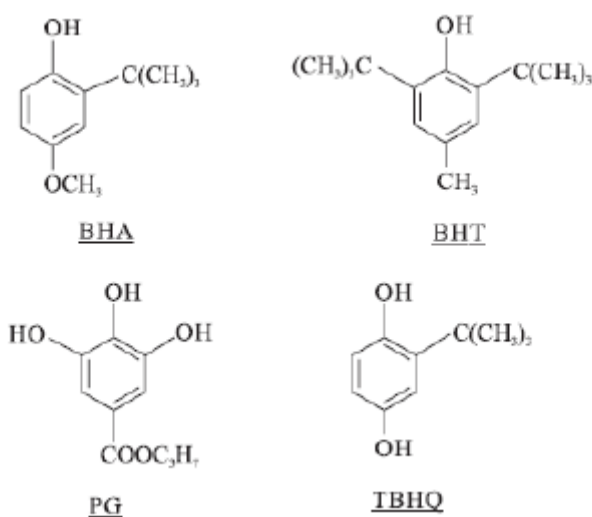
A indústria de alimentos utiliza os antioxidantes para evitar a deterioração dos produtos e manter o valor nutritivo. Os antioxidantes também são de grande interesse na área da saúde, pois podem ajudar a proteção do organismo contra os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (ERO's) e doenças degenerativas (SHAHIDI, 1996).

A respiração é um fenômeno biológico, mas produz colateralmente, espécies reativas de oxigênio (ERO's). O termo radical livre é frequentemente associado para designar qualquer átomo ou molécula contendo um ou mais elétrons não pareados nos orbitais externos, transformando as estruturas em compostos altamente instáveis, capazes de reagir com qualquer composto situado próximo a sua órbita externa, passando a ter uma função oxidante ou redutora (HALLIWEL; GUTTERIDGE, 1999). Essas reações ocorrem no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana, e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e moléculas de DNA) está relacionado com seu local de formação (MANACH et al., 2004).

As causas exógenas que levam à formação de EROs são bem variadas: radiação gama, poluentes, praguicidas e principalmente o tabagismo. Os óxidos de nitrogênio produzidos durante a combustão do cigarro oxidam biomoléculas e diminui o nível de antioxidantes no organismo, o que contribui para o desenvolvimento de doenças deletérias associadas ao fumo (ELSAYED, 2001).

Além dos danos causados à saúde dos indivíduos, os radicais livres promovem a oxidação de óleos e gorduras e de alimentos que os contém, alterando as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos. (BARREIROS; DAVID, 2006). Quando esses alimentos entram em contato com o ar, inicia-se a reação de oxidação que leva à produção de sabores indesejáveis, odores de ranço, descoloração e outros produtos de degradação, além de outras alterações que irão afetar a qualidade nutricional, a integridade e a segurança dos alimentos por meio da formação de compostos potencialmente tóxicos (KUBOW, 1993). A susceptibilidade destes alimentos a oxidação lipídica impõe o emprego de antioxidantes pela indústria, como aditivos alimentares, que desde os anos 50 vem fazendo uso dos antioxidantes sintéticos (RAMALHO; JORGE, 2006).

Os antioxidantes sintéticos são comumente usados pela indústria alimentícia, para aumentar a vida de prateleira de alimentos lipídicos, ou que contenham lipídeos em sua composição. São o butilhidroxitolueno (BHT), o butilhidroxianisol (BHA), o propilgalato (PG) e o terciobutilhidroxinona (TBHQ) (BARREIRO; DAVID, 2006), cujas estruturas químicas encontram-se na Figura 08.



**Figura 08.** Estrutura fenólica dos principais antioxidantes sintéticos. Butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), propilgalato (PG) e terciobutilhidroxinona (TBHQ) (BARREIRO; DAVID, 2006).

O consumo prolongado desses compostos tem sido associado a desenvolvimento de tumores de fígado, pâncreas e glândulas; aumento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nos microsomas, alterando as funções hepáticas; carcinogênese no estômago de ratos; e adenomas e carcinomas em células hepáticas (JARDINI; FILHO, 2007). Assim, com o intuito de se evitar esses malefícios, mantendo-se, porém a estabilidade dos produtos crescem o número de propostas para que as indústrias alimentícias utilizem cada vez mais substâncias naturais com atividade antioxidante, ou mesmo que façam associações entre os antioxidantes naturais e os sintéticos (SOARES, 2002; PASSOTTO et al., 1998; KRANL et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009).

Estas constatações motivaram o desenvolvimento deste trabalho com vistas a investigar o potencial antioxidante de resíduo de abacaxi, um subproduto da agroindústria.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABIDILLE, M.D.H.; SINGH, R.P.; JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, Washington, v.90, p.891-896, 2005.
- ALMEIDA, O.A., REINHARDT, D.H.R.C. *In*: CUNHA, G.A.P., CABRAL, J.R.S., SOUZA, L.F.S. (Org.). *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Brasília, DF: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, p.203-227, 1999.
- ALMEIDA, O.A.; SOUZA, L.F.S, REINHARDT, D.H., CALDAS, R.C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.31-435, 2002.
- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; 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.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2013. **Editora Gazeta**, 2013. 136 p. BRAZILIAN FRUIT. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org/>>. Acesso em: 19 de março de 2013.
- ANVISA. **Guia orienta indústrias sobre alteração em normas de alimentos**. 2007.
- ARABBI, P.R.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p. 1124-1131, 2004.
- BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, p. 113-123, jan/fev., 2006.

- BOCCO, A.; CUVELIER, M-E; RICHARD, H.; BERSET, C. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v.46, n.6, p.2123-2129, 1998.
- BORGES, C. D., CHIM, J. F.; LEITÃO, A. M.; PEREIRA, E; LUVIELMO, M. M., Produção de Suco de Abacaxi Obtido a Partir dos Resíduos da Indústria Conserveira. **Boletim CEPPA**, v.22, n.1, p.23-34, 2004.
- **BRAZILIAN FRUIT**. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org/>>. Acesso em: 19 de março de 2013.
- CABRAL, J.R.S., COPPENS D'EECKENBRUGGE, G., MATOS, A.P. Introduction of selfing in pineapple breeding. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.529, p.165-168, 2000.
- CABRAL, J.R.S.; MATOS, A.P. de; JUGHANS, D.T. **Desenvolvimento de híbridos de abacaxi resistentes à fusariose**, Cruz da Almas, BA: Embrapa-CNPMF, 2004. 4p. (Embrapa-CNPMF. Comunicado Técnico, 88)
- CAETANO, A.C.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S.; ARAUJO, C.R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.
- CANAKCI, M. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstock's. **Bioresource Technology**, 98, p.183-190, 2007.
- CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na Agricultura. **Dossiê Biotecnologia**, v. 24, n. 70, São Paulo, 2010.
- CATANEO, C. B.; CALLARI, V.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Ciências Agrárias**. v. 29, n. 1, p. 93-102, 2008.
- CÉSAR, A. C.W. **Análise de viabilidade econômica de um processo de extração e purificação da bromelina do abacaxi**. 2005. Tese (Doutorado

em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

- CHINNICI, F.; BENDINI, A.; GAIANI, A.; RIPONI, C. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden delicious apples as related to their phenolic composition. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 52, p. 4684-4689, 2004.
- CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2<sup>o</sup> edição Revisada e ampliada, Lavras: UFLA, 785p., 2005.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012: 7<sup>o</sup> levantamento**, abril de 2012. Disponível em: <[www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_03\\_13\\_11\\_04\\_08\\_boletim\\_marco\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_13_11_04_08_boletim_marco_2012.pdf)> Acesso em Agosto de 2012.
- COPPENS D'EECKENBRUGGE, G., Leal, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D.P. (org) **The pineapple - botany, production and uses**. Oxon: CABI, p.13-32, 2003.
- CUNHA, G.A.P. **Equipe técnica de abacaxi comemora 30 anos de atividades e realizações**. Documentos, 170. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 20p, 2007.
- DIAS, M. C. **Comida jogada fora**. Correio Braziliense, 2003.
- DURIGAN, J. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. In: Anais da 11<sup>a</sup> Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria, 13 a 16 de setembro, Centro de Convenções de Fortaleza (CE), 2004.

- ELSAYED, N.M. Antioxidant mobilization in response to oxidative stress: a dynamic environmental: nutritional interaction. **Nutrition**, v. 17, p.828-834, 2001.
- FANG, Z.; ZHANG, Y.; LÜ, Y.; MA, G.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Phenolic compounds and antioxidant capacities of bayberry juices. **Food Chemistry**, Barking, v.113, p.884-888, 2009.
- FERNANDEZ-PANCHON, M.S.; VILLANO, D.; TRONCOSO, A.M.; GARCIA-PARRILLA. Antioxidant activity of phenolic compounds: from in vitro results to in vivo evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, p. 649-671, 2008.
- FONSECA, R. S.; DEL SANTO, V. R.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C.A.M., Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.61, n.2, p. 3-16, 2011.
- GIAGOMELLI, E. J.; PY, C. **O abacaxi no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 101p., 1981.
- GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. In: GONÇALVES, N. B. (Ed.). **Abacaxi Pós-Colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 45 p., 2000.
- GRANADO, F.; OLMEDILLA, B.; GIL-MARTINEZ, E.; BLANCO, I. A fast, reliable and low-cost saponification protocol for analysis of carotenoids in vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 5, p. 479-489, 2001.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. **Free radicals in biology and medicine**. 3ª.edição, New York: Clarendon Press; Oxford: Oxford University Press, p.285,293,625, 1999.
- HARNLY, J.M.; DOHEBERTY, R.F.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWITZ, D.B.; BHAGWATS, S.; GEBHARDT, S. Flavonoid content of

U.S. fruits, vegetables, and nuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.54, p. 9966-9977, 2006.

- HE, F.; NOWSON, C.; LUCAS, M.; MACGREGOR, G. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: Metaanalysis of cohort studies. **Journal of Human Hypertension**, v. 21, n. 9, p. 717-782, 2007.
- HUANG, M-T.; HO, C-T.; LEE, C. Y. **Phenolic compounds in food and their effects on health**. Washington: American Chemical Society, 1992.
- IBGE. **Dados de safra de abacaxi no Brasil**. On-line. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201202.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf)>. acesso em: 08 de julho de 2013.
- JARDINI, F. A.; FILHO, J. M. Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes da romã (*Punica granatum*, L.). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 1, 2007.
- KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, n.6, p.453-464, 2004.
- KIM, D.O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Barking, v.81, p.321-326, 2003.
- KIM, Y.; BRECHT, J.K.; TALCOTT, S.T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, Barking, v.105, p.1327-1334, 2007.
- KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.5, p.1008-1014, 2005.

- KRANL, K.; SCHLESIER, K.; BITSCH, R.; HERMANN, H.; ROHE, M.; BOHM, V. Comparing antioxidative food additives and secondary plant products – use of different assays. **Food Chemistry**, v. 93, p. 171-175, 2005.
- KUBOW, S. Lipid oxidation products in food and atherogenesis. **Nutrition Reviews**, New York, v.51, n.2, p.33-40, 1993.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar a actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.726-732, 2005.
- LALLO, F. H., PRADO, I.N., NASCIMENTO, W.G., ZEOULA, L.M.; MOREIRA, F.B.; WADA, F.Y. Níveis de Substituição da Silagem de Milho pela Silagem de Resíduos Industriais de Abacaxi sobre a Degradabilidade Ruminal em Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.719-726., 2003.
- LEE, S. K. ; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.207–220, 2000.
- LEONTOWICZ, M.; GORINSTEIN, S.; LEONTOWICZ, H.; KRZEMINSKI, R.; LOJEK, A.; KATRICH, E.; CIZ, M.; MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, S.; HARUENKIT, R.; TRAKHTENBERG, S. Apple and pear and pulp and their influence on plasma lipids and antioxidant potentials in rats fed cholesterol-containing diets. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 51, p. 5780-5785, 2003.
- LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.



- LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; PRAZERES, F.G.; MUSSER, R.S.; LIMA, D.E.S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, Barking, v.90, p.565-568, 2005.
- LIU, X.; CUI, C.; ZHAO, M.; WANG, J.; LUO, W.; YANG, B.; JIANG, Y. Identification of phenolics in the fruit of emblica (*Phyllanthus emblica L.*) and their antioxidant activities. **Food Chemistry**, Barking, v.109, p.909-915, 2008.
- MACHADO, C.M.M., MORETTI, C.L., SOUSA, R.M.D., **Aproveitamento das raspas geradas na produção de minicenouras** IN: Comunicado técnico n° 33 Embrapa Hortaliças, 2006.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.5, p.727-747, 2004.
- MANICA, I. **Abacaxi do plantio ao mercado**. Porto Alegre: Cinco continentes, 122p, 2000.
- MARTINS, C.R.; FARIAS, R.M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola – revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia**, v.9, n.1, p.83-93, 2003.
- MATOS, A.P. **Abacaxi fitossanidade**. EMBRAPA: Brasília - DF, 2000.
- MATOS, A.P.; CABRAL, J.R.S. **Abacaxi em foco: manejo integrado da Fusariose do abacaxizeiro**. EMBRAPA. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005.
- MELO, P.S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 101p, 2010.

- MÉNDEZ, C.M.V.; FORSTER, M.P.; RODRIGUÉZ-DELGADO, M.A.; RODRIGUÉZ-RODRIGUÉZ, E.M; ROMERO, C.D. Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v.217, p.287-289, 2003.
- MIELNIK, M.B.; OLSEN, E.; VOGT, G.; ADELIN, D.; SKREDE, G. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.39, n.3, p.191-198, 2006.
- MORETTI, C.L., MACHADO, C. M.M., “**Aproveitamento de resíduos sólidos doprocessamento mínimo de frutas e hortaliças**” IN: IV Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. São Paulo, 2006.
- MORETTI, C.L., MATTOS, L.M. **Processamento mínimo de Minicenoura**. IN: MORETTI CL (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: SEBRAE. p. 399-413, 2007.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. **Scientia Agricola**, v. 57, p.385-388, 2000.
- MOYER, R.A.; HUMMER, K.E.; FINN, C.E.; FREI, B.; WROLSTAD, R.E. Anthocyanins phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *vaccinium*, *rubus*, and *ribes*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 519-525, 2002.
- MULLEN, W.; MARKS, S.C.; CROZIER, A. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.55, p.3148-3157, 2007.

- NASCIMENTO, R.J; ARAÚJO, C.R.; MELO, E.A. Atividade antioxidante de extrato de resíduo agroindustrial de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.21, n.2, p.209-216, 2010.
- OLIVEIRA, A. C.; VALENTIN, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.
- PASSOTTO, J. A.; PENTEADO, M. V. C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do  $\beta$ -caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p.68-72, 1998.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.2, p.118-127, 2007.
- PIETTA, P-G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v.63, n.7, p.1035-1042, 2000.
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.
- REINHARDT, D. H.; SOUZA, J. da. S. Pineapple industry and research in Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 529, p. 57-71, 2002.
- RIBEIRO, S. M. R.. **Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas (*Mangifera indica* L.) cultivadas no Estado de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 166f, 2006.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology, & Medicine**, v.20, p.933–956, 1996.

- SHAHID, F. **Natural antioxidants: an overview. Natural Antioxidants: Chemistry, health effects, and applications.** Newfoundland: AOCS press, chap. 1, p.1-11, 1996.
- SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P. K. J. P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.
- SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.
- SHUI, G.; LEONG, L.P. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. **Food Chemistry**, Washington, v.97, n.2, p. 277-284, 2006.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p.71-81, 2002.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-357, 2007.
- SOUZA, G.M.; WANDERLEY, M.G.L. *Aechmea rodriguesiana* (L. B. Sm) Bromeliaceae, uma espécie endêmica da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.4, p.517-520, 2007.
- SOUZA, O.E.; SANTOS, E.I. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos agropecuários pelos ruminantes na Embrapa.** Disponível em: <[www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina= artigos&artigo=914](http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914)> , 2004. Acesso em: 11/1/2013.
- **The Food and Drug Administration (FDA)** - <http://www.fda.gov>. Acessado em 08 de agosto de 2012.

- THÉ, P. M. P.; NUNES, R. P.; CARVALHO, V. D. Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre os fatores que influenciam na textura de abacaxis cv Smooth Cayenne. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 705-712, 2009.
- VAILLANT, F.; MILLAN, A.; DORNIER, M.; DECLoux, M.; REYNES, M. Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.83-90, 2001.
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, Barking, v.111, p. 816-823, 2008.
- VILAS BOAS, E.V.B.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B. **Características da fruta: banana pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, p. 15-19, 2002.
- WANG, S.Y.; LIN, H.S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.48, n.2, p.140-146, 2000.
- WEN, L.; WROLSTAD, R.E. Phenolic composition of authentic pineapple juice. **Food Chemistry and Toxicology**, Corvallis, v.67, n.1, p. 155-161, 2002.
- WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v.51, n.3, p.609-614, 2003.
- WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E.; PRIOR, R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 12, p. 4026-4037, 2004.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GERAL

- Caracterizar a farinha do resíduo de Abacaxi (*Ananas comosus*) quanto a sua composição química e seu potencial antioxidante *in vitro*.

### 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar físico-quimicamente a farinha do resíduo de Abacaxi (*Ananas Comosus*);
- Definir as condições de processo que favoreça a eficiência da extração de compostos fenólicos.
- Avaliar o potencial antioxidante dos extratos obtidos.

## **CAPÍTULO II**

**Artigo I: Caracterização físico-química, extração de compostos fenólicos e potencial antioxidante da Farinha do Resíduo de Abacaxi (*Ananas comosus*).**



## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a farinha do resíduo de abacaxi (*Ananas comosus*), em relação à composição centesimal, teor de compostos bioativos e potencial antioxidante, como também definir as melhores condições de processo para a extração de compostos fenólicos. O resíduo desidratado e triturado foi submetido à determinação da composição química e do teor dos principais fitoquímicos bioativos. Para definição das melhores condições dos processos para obtenção de extratos com elevado teor de fenólicos totais foram aplicados o planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$  e o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), para cada tipo de solvente (acetona e metanol). Tempo de agitação (30 a 90min), temperatura (30 a 50°C), concentração do solvente (50 a 90%) e velocidade de agitação (100 a 300rpm) foram as variáveis independentes e o teor de fenólicos dos extratos a variável dependente. Os extratos com os mais elevados teores de fenólicos totais foram submetidos aos ensaios antioxidantes, de captura de radicais, em sistema modelo (DPPH e ABTS) em sistema lipídico (oxidação acoplada do  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico). A farinha do resíduo de abacaxi apresentou elevados teores de carboidratos totais (89,18g/100g) e de fenólicos totais (819,80 mg/100g), com destaque para os flavonoides totais (128,01 mg/100g) e flavonóis (98,65mg/100g). O planejamento fatorial e o DCCR indicaram que extratos com elevado teor de fenólicos totais podem ser obtidos empregando as seguintes condições: a acetona (60%), 35°C a 45°C, 250rpm e 30min. O extrato obtido nestas condições apresentou potencial antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS bem como em sistema lipídico. Os resultados obtidos permitem considerar o resíduo agroindustrial de abacaxi como matéria prima, tanto para o enriquecimento e elaboração de novos produtos alimentícios, como para obtenção de extratos a ser empregado pela indústria de alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos.

**Palavras-chave:** resíduo agroindustrial, fitoquímicos bioativo, antioxidante natural

## ABSTRACT

The present study aimed to characterize the flour of pineapple (*Ananas comosus*), in relation to their composition, content of bioactive compounds and antioxidant potential, as well as define the process conditions that favor the efficiency of extraction of phenolic compounds in obtaining extracts. The residue dehydrated and milled was subjected to determinations of the proximal composition and major bioactive phytochemical contents. To determine the ideal processing conditions for preparing extracts with high total phenolic content the  $2^{4-1}$  fractional factorial design and the central composite rotational design (DCCR) was applied for each type of solvent (acetone and methanol). Stirring time (30 to 90 minutes), processing temperature (30 to 50 °C), solvent concentration (50% to 90%) and Stirring speed (100 to 300 rpm) were used as independent variables, and the total phenolic content were used as dependent variables. The extracts obtained using the best extraction conditions were subjected to testing antioxidants, radicals scavenging capacity (DPPH and ABTS) and assay antioxidant in lipid system (co-oxidation system  $\beta$ -caroteno/ácido linoleic acid). The flour of pineapple showed high levels of carbohydrates (89.18 g/100 g), and phenolic content (819.80 mg/100 g), with emphasis on the total flavonoid (128.01 mg/100g) and flavonols (98,65mg/100g). The factorial design and DCCR indicated that extracts with high content of phenolic compounds can be obtained using the following conditions: acetone (60%), 35 ° C to 45 ° C, 250rpm and 30min. The extract obtained under these conditions shown antioxidant potential against DPPH and ABTS radicals as well as lipid system. The results obtained allow considering the pineapple agro-industrial residue as raw material for both the enrichment and development of new food products, and for obtaining extracts to be used by the food industry in total or partial replacement to synthetic antioxidants.

**Key Words:** Agro-industrial waste, bioactive phytochemicals, antioxidant natural

## INTRODUÇÃO

A agroindústria brasileira, nos últimos anos, vem se expandindo, seja por conta da ampliação da área agrícola (CONAB, 2012), ou pelos promissores avanços biotecnológicos, que acarretam relevante desenvolvimento na obtenção de novas variedades de plantas, melhoria da qualidade de diversos alimentos e aumento do número de produtos do setor (CARRER, 2010). No ano de 2010, a agricultura brasileira cresceu 4,7%, e, com a mesma intensidade, cresceu a produção de resíduos agroindustriais, perfazendo uma estimativa de 250 milhões de toneladas ao ano (IBGE, 2013). Contudo, ao atingir esta posição, o setor se mostrou um dos maiores usufrutuários dos recursos naturais promovendo considerável impacto ao meio ambiente.

Ao lado deste crescimento, observa-se aumento significativo do consumo de frutas e hortaliças, em decorrência da busca dos consumidores por hábitos mais saudáveis. Porém, estes consumidores, principalmente os dos grandes centros urbanos e aqueles de maior renda, cada vez mais, querem aliar conveniência, praticidade e saúde ao frescor e à qualidade do produto. (MORETTI; MATTOS, 2007). Para atender a esta demanda, a agroindústria tem incrementado a sua produção de minimamente processados, sucos naturais e concentrados, doces, polpas congeladas, entre outros. Resultando deste processamento, resíduos sólidos, ricos em fitoquímicos, nutrientes ou não, que são, muitas vezes, descartados no meio ambiente. Porém, estes resíduos podem ter uma destinação nobre e serem utilizados na alimentação humana (KOBORI; JORGE, 2005; MORETTI; SARGENT 2000; MACHADO *et al.*, 2006).

Dentre os frutos tropicais utilizados pela agroindústria encontra-se o abacaxi (*Ananas comosus*), originário da América do Sul, e amplamente disseminado no mundo. O fruto, constituído por 100 a 200 pequenas bagas fundidos entre si sobre um eixo central, apresenta formato cilíndrico ou ligeiramente cônico, polpa de cor branca ou amarela, e peso em torno de um quilo. (COPPENS; LEAL, 2003) *Smooth cayenne*, *Singapore spanish*, *Queen*, *Spañola roja*, *Pérola* (Pernambuco) e *Perolera* são as cultivares mais plantadas no mundo, entretanto, , aproximadamente 70% do

plântio mundial, é da cultivar *Smooth cayenne*. No Brasil, a cultivar 'Pérola' é a mais cultivada (CUNHA, 2007) e a região Norte-Nordeste, em especial os Estados da Paraíba e do Pará, do ponto de vista econômico, tem se destacado como maior produtor do fruto–(IBGE, 2013). O abacaxi, ao ser processado para fabricação de sucos naturais, sucos concentrados, doces e polpas congeladas resulta na geração de resíduos sólidos que incluem a coroa, as cascas e, em alguns caso, o miolo (parte central da polpa) que gira em torno de 10% a 15%, podendo chegar a 38% (DURIGAN, 2004).

As evidências quanto à importância dos resíduos de frutas e hortaliças como fonte de fitoquímicos com atividade biológica sugerem a exploração do potencial deste material como fonte de bioativos para a dieta humana (LIMA et al., 2004). Nesta perspectiva, vários estudos vêm sendo realizados, porém com os resíduos agroindustriais do abacaxi muitos são destinados ao desenvolvimento de produtos ou para a alimentação animal. Borges et al. (2004) utilizaram os resíduos das indústrias de conserva de abacaxi da região de Pelotas –RS para a produção de suco; Lallo et al. (2003) estudaram a possibilidade de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi em ração de gado de corte; Fonseca et al (2011) elaboraram barras de cereais utilizando geleia de casca de abacaxi. Entretanto, estudo sobre a composição química deste material e do processo de extração de compostos bioativos, ainda, são escassos.

O processo para a extração de fitoquímicos não é padronizado, havendo inclusive a recomendação do uso de solventes com diferentes polaridades. Além disso, para a seleção do solvente extrator deve-se considerar o tipo de composto presente no material, tendo em vista que alguns requerem solventes polares, como metanol e acetato; outros por serem lipofílicos são melhor extraídos em clorofórmio ou acetona, e outros requerem a utilização de solventes acidificados (AWIKA;ROONEY; WANISKA, 2005; GORINSTEIN et al, 2007;. BHANGER; ANWAR, 2007). Ao lado do solvente orgânico utilizado no processo de extração dos fitoquímicos, o tempo de extração, a relação sólido-solvente, a agitação do meio, e a temperatura são parâmetros que podem influenciar na eficiência da extração (CHEOK, 2011). Segundo Rodrigues e Lemma (2009), a utilização de um planejamento fatorial, associado à análise de superfície de resposta é considerada

uma ferramenta estatística que pode fornecer informações seguras e mais fidedignas, a respeito do processo.

Assim, estas constatações motivaram o desenvolvimento deste trabalho com vistas a caracterizar o resíduo de abacaxi quanto à composição centesimal e a de fitoquímicos bioativos, e definir, com a aplicação do planejamento experimental, as condições do processo que favoreça a eficiência da extração de compostos fenólicos.

## **MATERIAL E METÓDOS**

### **Material**

O resíduo de abacaxi (*Ananas comosus*), proveniente de uma indústria produtora de polpa congelada de frutas, situada no município de Recife, foi transportado para o Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos, do Departamento de Ciências Domésticas da UFRPE e, posteriormente, submetido a secagem em estufa de circulação de ar, a 50°C, até atingir umidade igual ou inferior a 10%. O resíduo desidratado foi triturado em moinho de faca em seguida passado em tamis de 0,177 mm para obtenção de uma farinha de granulometria uniforme e acondicionado em sacos plástico de polietileno de alta densidade, armazenado sob congelamento (-18 °C), até a realização das determinações analíticas.

### **Determinação Analítica**

#### **Composição química e física química**

a) **Umidade, Extrato Etéreo, Proteínas e Cinzas:** Determinados segundo método da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em g.100g<sup>-1</sup>.

b) **Açúcares solúveis totais e redutores - MÉTODO VOLUMÉTRICO DE LANE-EYNON:** baseia-se na capacidade dos glicídios, em meio fortemente alcalino e a quente, de formar enodiol, composto com forte poder redutor, que em presença de Cu<sup>++</sup> se oxida e reduz o cobre a Cu<sup>+</sup>, dando origem a um precipitado vermelho tijolo de Cu<sub>2</sub>O (AOAC, 2005).

c) **Atividade de água:** Determinação utilizando o analisador de atividade de água, marca Aqualab 4TE Decagon Devices, à 25°C.

d) **pH**: mensuração realizada em pH-metro (Tec-3MP, Tecnal) após a diluição das amostras, na proporção de 1:10 (p/v), em água destilada.

e) **Carboidratos Totais**: Calculados por diferença (100g -gramas totais de umidade + proteína + lipídios + cinzas) e o resultado expresso em g.100g<sup>-1</sup> (Ascar, 1985)

#### e) Principais fitoquímicos bioativos:

**Fenólicos Totais**: 5g da farinha de abacaxi foi mantida sob agitação permanente (250 rpm), a temperatura (35°C ± 2°C), por 30 minutos, em acetona a 60%. Em seguida, a amostra foi centrifugada a 4000 rpm, por 10 minutos, em centrífuga refrigerada (CT-6000 R-CIENTEC). Alíquotas do extrato foram submetidas à determinação de fenólicos totais, utilizando reagente Folin-Ciocalteau (Merck) e curva de padrão de ácido gálico (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico por grama da farinha.

**Flavonóides totais**: determinados, utilizando cloreto de alumínio a 5% em metanol e curva padrão de catequina (DEWANTO et al , 2002). Os resultados foram expressos em mg de flavonóides totais em equivalente de catequina por 100g da amostra.

**Taninos condensados**: quantificados, segundo metodologia descrita por Tiitto Julkunen-Tiitto (1985), e os resultados expressos em mg de taninos condensados em equivalente de catequina por 100 gramas da amostra.

**Flavonóis totais**: Segundo o método espectrofotométrico descrito por Lees e Francis (1972). Para a quantificação utilizou-se o coeficiente de absorvidade molar de 76, e os resultados foram expressos em mg de flavonóis em equivalente de quercetina por 100g da amostra.

**Ácido ascórbico**: determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2005), e os resultados expressos em mg.100g<sup>-1</sup>

## Obtenção dos extratos – Planejamento experimental

Com o objetivo de definir as melhores condições do processo de extração dos fenólicos da farinha do resíduo de abacaxi foram aplicados dois tipos de planejamento experimental. O primeiro planejamento experimental, fatorial fracionado  $2^{4-1}$  para cada tipo de solvente (acetona e metanol), foi aplicado para averiguar a influência das variáveis independentes: tempo (30 a 90min), temperatura (30 a 50°C), concentração do solvente hidroacetônico e hidrometanólico (50 a 90%) e velocidade de agitação (100 a 300rpm) (Tabela 01), sobre o teor de fenólicos totais (variável dependente). Com base nos resultados desse primeiro planejamento, aplicou-se o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com objetivo de otimizar o rendimento de compostos fenólicos totais, cujas condições estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 01:** Matriz de planejamento fatorial fracionário  $2^{4-1}$ , níveis codificados e decodificados das variáveis, para obtenção de extratos hidrometanólico e hidroacetônico a partir de farinha do resíduo de abacaxi.

Ensaio	Tempo (min.)	Temperatura (°C)	Agitação (rpm)	Concentração do solvente (%)
1	-1(30)	-1(30)	-1(100)	-1(50)
2	+1(90)	-1(30)	-1(100)	+1(90)
3	-1(30)	+1(50)	-1(100)	+1(90)
4	+1(90)	+1(50)	-1(100)	-1(50)
5	-1(30)	-1(30)	+1(300)	+1(90)
6	+1(90)	-1(30)	+1(300)	-1(50)
7	-1(30)	+1(50)	+1(300)	-1(50)
8	+1(90)	+1(50)	+1(300)	+1(90)
9	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)
10	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)
11	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)
12	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)

**Tabela 02:** Matriz do delineamento fatorial  $2^3$  - composto central rotacional (DCCR), níveis codificados e decodificados das variáveis, para obtenção de extratos hidroacetônico a partir de farinha do resíduo de abacaxi.

Ensaio	Temperatura (°C)	Agitação (rpm)	Concentração do solvente (%)
1	-1(35)	-1(150)	-1(40)
2	1(45)	-1(150)	-1(40)
3	-1(35)	1(250)	-1(40)
4	1(45)	1(250)	-1(40)
5	-1(35)	-1(150)	1(60)
6	1(45)	-1(150)	1(60)
7	-1(35)	1(250)	1(60)
8	1(45)	1(250)	1(60)
9	-1,68(31,6)	0(200)	0(50)
10	1,68(48,8)	0(200)	0(50)
11	0(40)	-1,68(117,5)	0(50)
12	0(40)	1,68(282)	0(50)
13	0(40)	0(200)	-1,68(33,2)
14	0(40)	0(200)	1,68(66,8)
15	0(40)	0(200)	0(50)
16	0(40)	0(250)	0(50)
17	0(40)	0(200)	0(50)

Para cada ensaio dos dois planejamentos foram utilizados 5g da farinha do resíduo e 50mL da solução extratora. Após centrifugação a 4000rpm, por 10 min, alíquotas do extrato obtido foram submetidas a determinação do teor de fenólicos totais, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (MERCK) e curva padrão de ácido gálico, nas concentrações 10 a 120 $\mu$ g/mL (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Os resultados foram expressos em  $\mu$ g de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico por mL do extrato.

Utilizando as condições do processo de extração definidas pelo DCCR, os extratos obtidos foram submetidos aos ensaios antioxidantes para avaliar sua ação frente aos radicais DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazina) e ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), como segue:



### Capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH)

Aliquota do extrato foi adicionada à solução de DPPH• em metanol (0,1M), atingindo a concentração final 2,0; 3,0 e 5,0g da farinha de abacaxi/L. A absorbância foi mensurada em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) a 515nm até a reação atingir o platô. A concentração do DPPH• remanescente no meio da reação foi calculada a partir da curva padrão do radical DPPH•, e o percentual de DPPH• remanescente (DPPHrem%) de cada concentração do extrato calculado utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ DPPH}_{\text{REM}} = \text{DPPH}_t / \text{DPPH}_{T=0} \times 100$$

Em seguida, as concentrações do extrato eficiente para diminuir em 50% a concentração inicial do DPPH• ( $EC_{50}$ ) foi calculada a partir do gráfico da concentração da amostra (g de farinha. g DPPH-1) versus  $\text{DPPH}_{\text{REM}}\%$ . O comportamento cinético foi classificado como alto ( $TEC_{50} < 5$  minutos) intermediário ( $TEC_{50} = 5$  a 30 minutos) ou lento ( $TEC_{50} > 30$  minutos), segundo o valor de  $TEC_{50}$ , e a eficiência antirradical, em baixa ( $EA < 1$ ), média ( $EA > 1$  e  $\leq 5$ ), alta ( $EA > 5$  e  $\leq 10$ ) ou super alta ( $EA > 10$ ) de acordo com o valor de EA, obtida através da seguinte expressão: (SÁNCHEZ-MORENO, LARRAURI; SAURA-CALIXTO,1998).

$$EA = 1/EC_{50} \cdot TEC_{50}$$

Para efeito de comparação foi determinada a capacidade antioxidante do ácido gálico, nas mesmas condições descritas acima.

### Capacidade de Sequestrar o radical ABTS•+ (2,2'-azino-bis- (3- etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

A capacidade de sequestrar o radical ABTS•+ foi determinada segundo o método descrito por RE et al. (1999). O radical ABTS•+ foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7mM) com 2,45mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, a solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorbância de  $0,7 \pm 0,05$ , em comprimento de onda de 734nm. Os extratos com diferentes concentrações foram adicionadas a solução do ABTS•+, atingindo

concentração final de 0,2; 0,3 e 0,5g de farinha do resíduo/L, e a absorbância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente ao Trolox ( $\mu\text{Mol TEAC/g}$  de farinha). Para efeito de comparação foi determinada a capacidade antioxidante do ácido gálico, nas mesmas condições descritas acima.

### **Co-oxidação do $\beta$ -caroteno e ácido linoleico**

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada utilizando método descrito por Marco (1968), modificada por Hammerschmidt e Pratt (1978), como segue: A solução de  $\beta$ -caroteno (1mL), preparada pela dissolução de 1mg de  $\beta$ -caroteno em 10mL de clorofórmio, foi colocada em um balão de fundo redondo, contendo 20mg de ácido linoléico e 200mg do emulsificante Tween 20. Após a remoção do clorofórmio, em evaporador rotatório a 50°C, 50 mL de água destilada foram adicionados sob agitação vigorosa. Alíquotas (5mL) desta emulsão foram transferidas para uma série de tubos de ensaios contendo 0,5mL dos extratos, atingindo concentração final de 82 $\mu\text{g/mL}$  de fenólicos totais. Em seguida, os tubos foram submeridos em banho-maria a 50°C, durante 105min, e a absorbância mensurada a 470nm, nos intervalos de tempo de: 0, 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 minutos. A atividade antioxidante foi expressa como percentual de inibição da oxidação, calculada em relação a 100% da oxidação do controle (sem antioxidante), conforme expressão abaixo:

$$\% \text{ de inibição} = \frac{\text{Taxa de degradação do controle} - \text{taxa de degradação da amostra} \times 100}{\text{Taxa de degradação do controle}}$$

### **Estudo cinético da atividade antioxidante no sistema da co-oxidação do $\beta$ -caroteno /ácido linoleico**

A eficiência da atividade antioxidante dos extratos foi estimada a partir da relação entre a tangente das curvas cinéticas do extrato e do controle (sem adição de antioxidante), em duas partes da curva, entre 15 e 45 minutos e entre 75 e 105 minutos, segundo metodologia descrita por Silva, Nascimento e Moreira (2007). Na

primeira parte da curva, o valor obtido (F1) indica a eficiência do antioxidante de bloquear a reação em cadeia através da interação com os radicais peróxidos, enquanto que na segunda parte da curva o valor obtido (F2) indica a eficiência do antioxidante em participar de outras reações durante o processo oxidativo como, por exemplo, a decomposição dos hidroperóxidos, produzindo espécies radicalares que aceleram a oxidação no sistema. Para efeito de comparação foi determinada, utilizando os procedimentos acima descritos, a ação antioxidante do ácido gálico.

**Análise estatística:** Todas as determinações foram realizadas em triplicata e aos dados foram aplicados a média e o desvio padrão. Os dados relativos ao planejamento experimental foram submetidos à análise do programa estatístico “Statistic - for Windows” para análise de regressão e ANOVA e para a geração dos gráficos de superfície de resposta

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à composição centesimal, atividade de água e pH da farinha do resíduo de abacaxi encontram-se na Tabela 03. Os teores baixos de umidade e de atividade de água, característico de um alimento desidratado, propiciam melhor conservação do material, uma vez que as reações químicas e microbiológicas que promovem a deterioração tem sua velocidade reduzida ou são interrompidas. O potencial hidrogeniônico (pH) em patamares abaixo da neutralidade também propiciam uma melhor estabilidade do produto quanto a ação de determinados microorganismos (LANDGRAF; GOMBOSSY, 2003). A fração lipídica foi superior a fração proteica, corroborando o que geralmente ocorre nos resíduos de frutos, como sementes, cascas e caroços, que concentram maiores teores de lipídeos (GONDIM et al., 2005). Costa et al (2007) relatam valores, em base seca, de  $1,60\text{g } 100\text{g}^{-1}$  lipídeos em casca de abacaxi, teor semelhante ao deste estudo, e de  $0,72\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de lipídeos em farinha do bagaço da polpa de abacaxi.

Os carboidratos totais ( $89,18\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e os açúcares totais e redutores que integram esta fração encontram-se em destaque por ter apresentado a maior teor. Vale ressaltar que as fibras dietéticas também fazem parte desta fração.

A polpa fresca de abacaxi contém 8,86 g.100g<sup>-1</sup> açúcares totais; 3,23 g.100g<sup>-1</sup> açúcares redutores; 0,38g.100g<sup>-1</sup> de cinzas; 0,24g.100g<sup>-1</sup> de lipídeos e 1,47g.100g<sup>-1</sup> de proteínas (MARQUES et al., 2010; BORTOLATTO; LORA, 2009). Evidencia-se que a farinha do resíduo de abacaxi ainda detém estes componentes, os quais se encontram em quantidades relevantes em decorrência do processo de secagem, que concentra os compostos em seu interior, devido à eliminação da água livre.

**Tabela 03.** Composição química, e características físico-químicas (pH e atividade de água) da farinha do resíduo de Abacaxi.

Componentes	Teores
Umidade (g.100g <sup>-1</sup> )	6,72 ± 0,34
Cinzas (g.100g <sup>-1</sup> )	1,71 ± 0,04
Extrato etéreo (g.100g <sup>-1</sup> )	1,61 ± 0,36
Proteínas (g.100g <sup>-1</sup> )	0,78 ± 0,10
Carboidratos totais (g.100g <sup>-1</sup> )	89,18 ± 3,24
Açúcares solúveis totais (g.100g <sup>-1</sup> )	30,05 ± 0,38
Açúcares Redutores (g.100g <sup>-1</sup> )	18,41 ± 0,08
Atividade de água	0,35 ± 0,005
pH	4,06 ± 0,01

Médias de três determinações ± desvio padrão.

Os teores dos principais fitoquímicos que compõem a farinha do resíduo de abacaxi encontram-se na Tabela 04. Evidencia-se que este resíduo apresenta quantidades relevantes de polifenóis, com destaque para o teor de fenólicos totais, superior. Em farinha de resíduo de abacaxi de variedade não informada, Oliveira et al (2009) relatam teor de fenólicos totais de 275 ± 38.0 mg EAG. 100g<sup>-1</sup>, assim como, Hossain e Rahman (2011) relatam teor de 51.1±0.2 mg.100g<sup>-1</sup> para o resíduo úmido de abacaxi, ambos os estudos citados tiveram os fenólicos extraídos em metanol. Martínéz et al (2012), em ensaio sequencial de extração (metanol:acetona), obtiveram teor de fenólicos totais de 129 mg.100g<sup>-1</sup> para farinha obtida do resíduo de abacaxi da cultivar MDII. Outros resíduos agroindustriais também apresentam teor de fenólicos, porém em quantidades mais reduzidas, a

exemplo dos resíduos secos de goiaba, da cultivar Red, provenientes do Equador, com 250,0 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (MARTINÉZ et al, 2012), e da farinha da casca e polpa de manga (Tommy Atkins and Haden) com 546 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, em extrato sequencial (Metanol:Acetona) (MARQUES et al, 2010).

**Tabela 04:** Principais Fitóquímicos bioativos em farinha de resíduo de abacaxi.

Fitoquímicos	Teores
Fenólicos Totais (mg EAG 100g <sup>-1</sup> )	819,80± 18,56
Taninos condensados (mg EC.100g <sup>-1</sup> )	58,77±7,37
Flavonóides Totais (mg EC. 100g <sup>-1</sup> )	128,01±3,67
Flavonóis Totais (mg EQ.100g <sup>-1</sup> )	98,65±2,87
Ácido Ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )	39,21± 0,01

Médias das três determinações. EAG = equivalente em ácido gálico; EC = equivalente em catequina; EQ – equivalente em quercetina.

Segundo Cannas (2011), os taninos condensados são polímeros de flavan-3-ols (catequina) e ou flavan 3,4 diols (leucoantocianidina), e no presente estudo este constituinte faz parte da composição química da farinha do resíduo de abacaxi. Além dos taninos, outros fenólicos, como os flavonoides totais (128,01mg.100g<sup>-1</sup>) e flavonóis totais (98,64 mg.100g<sup>-1</sup>) constituem a parcela dos compostos bioativos deste material.

A farinha de resíduo de abacaxi apresenta, também, ácido ascórbico em sua constituição, porém em teor mais baixo do que o relatado por Costa et al. (2007) para a farinha do bagaço da polpa de abacaxi da mesma variedade (99,94±6,82 mg. 100g<sup>-1</sup>) e mais elevado do encontrado na farinha da casca (27,07 mg/100g<sup>-1</sup>).

## OBTENÇÃO DOS EXTRATOS - PLANEJAMENTO FATORIAL

O planejamento experimental fracionário foi inicialmente aplicado para avaliar a influência do tempo, temperatura, velocidade de agitação e concentração do

solvente (metanol e acetona), tendo como resposta o teor de fenólicos totais dos extratos (Tabela 05). Este tipo de planejamento de experimentos é adequado para aplicar em processos Com numero de variáveis maior ou igual a 4 e menor ou igual a 7 para controlar e verificar seus efeitos significativos ou não na resposta. A análise dos resultados demonstra que ao utilizar metanol como solvente extrator, independentes da condição de extração, se observa diferenças expressivas no teor de fenólicos, que não correspondem em diferenças prejudiciais ao prosseguimento do estudo. Isto se torna evidente ao comparar o ensaio 01 (30 min; 30°C; 100 rpm e metanol a 50%) com o ensaio 08 (90 min.; 50°C; 300 rpm e metanol a 90%). No primeiro, o extrato obtido apresentou teor de fenólicos totais (552,3 µg/mL) semelhante ao do ensaio 08 (557,06 µg/mL) (Tabela 03). É importante ressaltar que a eficiência no processo de extração está relacionada com o tipo de solvente e a matéria prima. ARAÚJO (2012) utilizando metanol (80%) e acetona (80%) para a extração de compostos fenólicos em resíduo de manga constatou que o metanol foi mais eficaz na extração de fenólicos (1980,54 µg/mL) do que a acetona (1670,30 µg/mL), reforçando a teoria de que a eficiência do solvente é dependente da matéria prima.

**Tabela 05.** Teor de fenólicos totais de farinha do resíduo de abacaxi, submetido ao planejamento fracionário  $2^{4-1}$  com 8 pontos fatoriais e 4 pontos centrais.

Ensaio	Valores codificados e reais				Respostas	
					Metanol	Acetona
	Tempo (min)	T(°C)	Agitação (rpm)	Conc. de solvente (%)	Teor de Fenólicos (µg/mL)	Teor de Fenólicos (µg/mL)
<b>01</b>	-1(30)	-1(30)	-1(100)	-1(50)	552,3	722,1
<b>02</b>	+1(90)	-1(30)	-1(100)	+1(90)	395,76	463,24
<b>03</b>	-1(30)	+1(50)	-1(100)	+1(90)	440,72	463,24
<b>04</b>	+1(90)	+1(50)	-1(100)	-1(50)	557,23	808,6
<b>05</b>	-1(30)	-1(30)	+1(300)	+1(90)	412,81	460,18
<b>06</b>	+1(90)	-1(30)	+1(300)	-1(50)	590,52	774,45
<b>07</b>	-1(30)	+1(50)	+1(300)	-1(50)	584,15	485,32
<b>08</b>	+1(90)	+1(50)	+1(300)	+1(90)	557,06	551,15
<b>09</b>	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)	558,58	769,99
<b>10</b>	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)	619,34	791,07
<b>11</b>	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)	599,72	695,97
<b>12</b>	0(60)	0(40)	0(200)	0(70)	607,00	722,1

A Tabela 06 demonstra a influência significativa da concentração do solvente extrator. Constatando-se que quanto maior a concentração de metanol, menor é o teor de fenólicos totais nos extratos.

**Tabela 06.** Efeitos estimados para extração de compostos fenólicos utilizando metanol como solvente extrator no planejamento fracionário  $2^{4-1}$ .

	Efeito Estimado	Erro padrão	t	p	Limite de confiança - 95%	Limite de confiança + 95%
*Média	511,319	14,15675	36,11838	0,000000	474,928	547,7098
Curvatura	162,456	54,21621	2,99644	0,030223	23,089	301,8230
Tempo (min)	27,647	28,31349	0,97648	0,373674	-45,135	100,4297
T(°C)	46,943	28,31349	1,65796	0,158225	-25,840	119,7247
Agitação (rpm)	49,632	28,31349	1,75296	0,139987	-23,150	122,4147
*Conc. solvente (%)	-119,462	28,31349	-4,21928	0,008334	-192,245	-46,6803

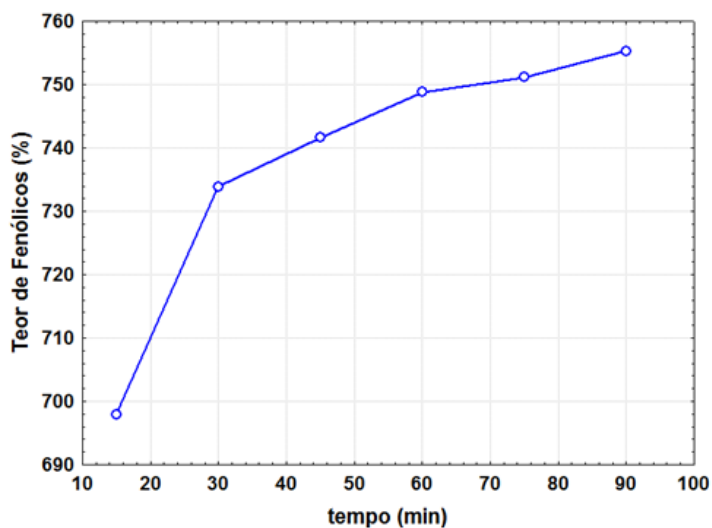
\* variáveis significativas,  $R^2=0,8703$ ,  $p<0,05$

Embora o metanol não tenha se apresentado como um bom solvente extrator tendo em vista que em todas as condições testadas a quantidade de fenólicos extraída não foi relevante, os resultados indicam que a condição do ensaio 06 (90 min; 30°C; 300 rpm e metanol 50%) foi mais eficiente para extração de compostos fenólicos (590,59 µg/mL). Com o objetivo de avaliar e confirmar esse resultado, dois novos ensaios foram realizados, tomando como referência as variáveis do ensaio 06 e 12 (Tabela 05), alterando, apenas, a concentração do metanol (ensaio 6 = metanol 70% e ensaio 12 = metanol 50%). Os resultados apresentados na Tabela 07 validam que o metanol é pouco eficaz em extrair compostos fenólicos totais em resíduos de abacaxi.

**Tabela 07:** Estudo de validação da extração por metanol de resíduos de abacaxi

Ensaio 06		Ensaio 12	
Metanol 50% (Plan. Exp.)	Metanol 70% (Verificação)	Metanol 50% (Sugerido)	Metanol 70% (Plan. Exp.)
590,52	627,48	619,29	607,00

Para verificar se o tempo poderia ser um fator determinante na seleção das condições do processo de extração foi realizada a cinética de extração tendo como referência o ensaio 06 (30°C; 300 rpm, metanol 50%) (Figura 01). Apesar do aumento na concentração do teor de fenólicos em função do tempo, evidencia-se que não foi expressivo. A diferença na concentração dos fenólicos totais dos extratos obtidos aos 30 e aos 90 minutos de processo foi, aproximadamente, 3%. Considerando, ainda, que para uma aplicação industrial o emprego de menor tempo de extração favoreceria a viabilidade econômica do processo, selecionou-se 30 minutos como tempo do processo de extração.

**Figura 01:** Perfil cinético do teor de fenólicos extraídos de resíduo de abacaxi por metanol.

Um estudo similar ao do metanol foi realizado utilizando a acetona como solvente extrato (Tabela 02). Os resultados apresentados na Tabela 05 demonstram que a acetona é mais eficiente na extração dos compostos fenólicos do que o



metanol. Analisando estatisticamente os resultados (Tabela 08), verifica-se que apenas a concentração do solvente exerce uma influência no processo. Fica evidente que altas concentrações de acetona reduz a capacidade de extração, levando a uma perda de eficiência do processo. Assim, constata-se que dentre das condições experimentais estudadas, o melhor resultado foi obtido com o ensaio 04 (90 min; 50°C; 100 rpm e acetona a 50%) por ter obtido a maior resposta (808,6 mg/L de fenólicos totais).

**Tabela 08.** Efeitos estimados para extração de compostos fenólicos utilizando acetona como solvente extrator no planejamento fracionário  $2^{4-1}$ .

	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t</b>	<b>p</b>	<b>Limite de confiança - 90%</b>	<b>Limite de confiança + 90%</b>
<b>Média*</b>	591,035	32,2938	18,30181	0,000009	508,021	674,0488
<b>Curvatura</b>	322,617	123,6758	2,60857	0,047752	4,698	640,5355
<b>Tempo (min)</b>	116,650	64,5876	1,80607	0,130731	-49,378	282,6777
<b>T(°C)</b>	-27,915	64,5876	-0,43220	0,683598	-193,943	138,1127
<b>Agitação (rpm)</b>	-46,520	64,5876	-0,72026	0,503618	-212,548	119,5077
<b>*Conc. solvente (%)</b>	-213,165	64,5876	-3,30040	0,021466	-379,193	-47,1373

\* variáveis significativas,  $R^2=0,8125$

### **Delineamento Composto Central Rotacional**

Considerando os dados do planejamento fracionário verificou-se que o tempo poderia ser fixado em 30 minutos, porém uma nova faixa de trabalho para a temperatura, agitação e concentração de acetona (variáveis independentes) foram estabelecidas, mantendo-se como resposta o teor de fenólicos (variável independente). Na Tabela 09 estão apresentados os valores das variáveis independentes (codificados e reais) e o teor de fenólicos, e nas Tabelas 10 e 11 os efeitos e a ANOVA.

**Tabela 09.** Delineamento Composto Central Rotacional contendo as variáveis dependentes (temperatura, agitação e concentração de acetona - valores codificados e reais) e independentes (teor de fenólicos).

Ensaio	Temperatura (°c)	Agitação (rpm)	Concentração solvente (%)	Teor de fenólicos µg/mL
1	-1(35)	-1(150)	-1(40)	709,32
2	1(45)	-1(150)	-1(40)	751,52
3	-1(35)	1(250)	-1(40)	790,22
4	1(45)	1(250)	-1(40)	770,09
5	-1(35)	-1(150)	1(60)	771,26
6	1(45)	-1(150)	1(60)	792,88
7	-1(35)	1(250)	1(60)	819,80
8	1(45)	1(250)	1(60)	823,58
9	-1,68(31,6)	0(200)	0(50)	771,54
10	1,68(48,8)	0(200)	0(50)	790,77
11	0(40)	-1,68(117,5)	0(50)	771,31
12	0(40)	1,68(282)	0(50)	777,43
13	0(40)	0(200)	-1,68(33,2)	697,53
14	0(40)	0(200)	1,68(66,8)	766,19
15	0(40)	0(200)	0(50)	798,34
16	0(40)	0(250)	0(50)	788,08
17	0(40)	0(200)	0(50)	782,50

Para a faixa de valores trabalhada, as melhores condições foram as do ensaio 07 (819,80µg/mL) e do ensaio 08 (823,58µg/mL) uma vez que os extratos obtidos apresentaram os maiores elevados teores de fenólicos totais (Tabela 07), com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8345 (Tabela 10). O valor do teste F (Tabela 10) experimental indica que o modelo representado pela Equação 1 não podem ser considerados preditivos e significativos. Entretanto, pode-se aplicar o modelo para determinar os valores que deveriam ser obtidos e, assim, calcular os desvios (Tabela 12).

Equação 1: Teor de Fenólicos=788,49+27,68\*[agitação]+44,20\*[acetona]-32,97\*[Acetona]<sup>2</sup>)

**Tabela 10.** Efeitos estimados para extração de compostos fenólicos utilizando acetona como solvente extrator no DCCR.

	Efeito Estimado	Erro padrão	t	p	Limite de confiança - 90%	Limite de confiança + 90%
Média*	788,4947	11,53683	68,34584	0,000000	761,2144	815,7749
T(°C) (L)	11,6880	10,83559	1,07867	0,316495	-13,9341	37,3101
T(°C) (Q)	1,8906	11,92615	0,15852	0,878520	-26,3103	30,0914
Agitação (rpm) (L)*	27,6788	10,83559	2,55443	0,037858	2,0567	53,3009
Agitação (rpm) (Q)	-2,9071	11,92615	-0,24376	0,814405	-31,1080	25,2937
Conc. Acetona (%) (L)*	44,2037	10,83559	4,07949	0,004693	18,5816	69,8258
Conc. Acetona(%) (Q)*	-32,9662	11,92615	-2,76420	0,027926	-61,1671	-4,7654
T (L) x git.(L)	-20,0425	14,15738	-1,41569	0,199784	-53,5194	13,4344
T (L) x Acet.L)	0,8325	14,15738	0,05880	0,954752	-32,6444	34,3094
Agit (L) x Acet(L)	-5,0575	14,15738	-0,35723	0,731444	-38,5344	28,4194

\* variáveis significativas, R<sup>2</sup>=0,8345

**Tabela 11.** ANOVA para a resposta teor de Fenólicos com solvente acetona

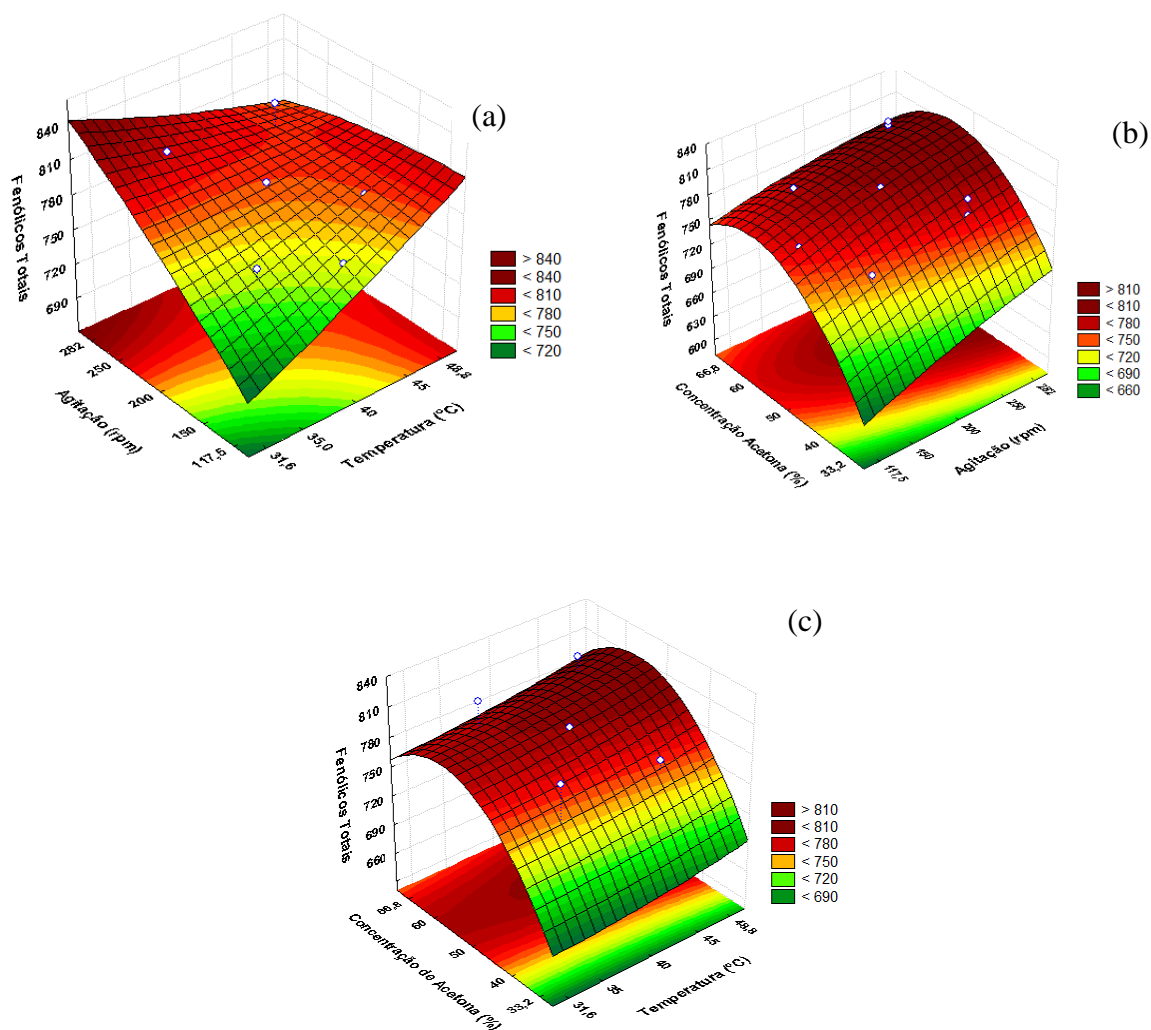
	Soma Quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	Teste F	R <sup>2</sup>	p
Regressão	14.146,71	9	1571,86	3,9	0,8345	<0,0000
Residual	2.806,04	7	400,86			
Total	16.952,75	16	1059,55			

F<sub>0,05; 9;7</sub> = 6,72

**Tabela 12:** Teor de fenólicos totais experimentais e preditivos obtidos no delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

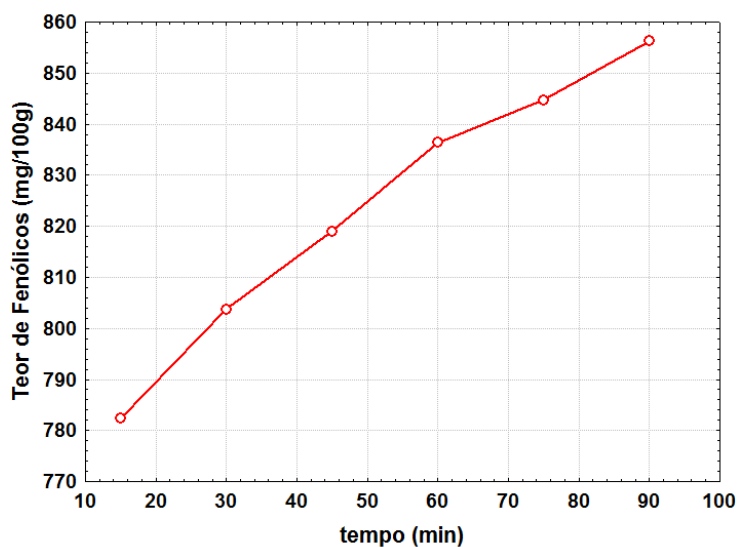
Ensaio	Teor de fenólicos $\mu\text{g/mL}$ (experimental)	Teor de fenólicos $\mu\text{g/mL}$ (preditivo)	Desvio Padrão
1	709,32	736,07	-1,85
2	751,52	736,07	1,04
3	790,22	763,74	1,70
4	770,09	763,74	0,41
5	771,26	780,27	-0,58
6	792,88	780,27	0,80
7	819,80	807,95	0,73
8	823,58	807,95	0,96
9	771,54	788,49	-1,09
10	790,77	788,49	0,14
11	771,31	765,22	0,40
12	777,43	811,76	-2,16
13	697,53	704,70	-0,51
14	766,19	779,04	-0,83
15	798,34	788,49	0,62
16	788,08	788,49	-0,03
17	782,50	788,49	-0,38

Na Figura 2 estão apresentados os resultados do planejamento experimental referentes ao teor de fenólicos em função da agitação e temperatura (Figura 2a); concentração da acetona e agitação (Figura 2b); concentração de acetona e temperatura (Figura 2c). Evidencia-se na Figura 2a que o aumento da agitação e da temperatura poderão favorecer a obtenção de extratos com melhor rendimento no teor de fenólicos. Esta eficiência ocorre com a concentração de acetona ficando na faixa de 50 a 65% e a agitação um pouco superior a 282 rpm (Figura 2b). Quanto à temperatura, esta poderá se encontrar na faixa de 35 a 50°C. Entretanto, vale ressaltar que temperaturas acima de 50°C não poderão ser aplicadas tendo em vista que a temperatura de ebulição do solvente (acetona) é em torno de 60°C.



**Figura 02.** Planejamento experimental para teor de fenólicos em função da (a) agitação X temperatura, (b) Concentração de acetona X agitação e (c) concentração de acetona X temperatura.

Uma cinética de extração também foi realizada para acetona (Figura 03). Os resultados demonstram que, como ocorreu com o metanol, houve um aumento no teor de fenólicos em função do tempo. Porém, para efeitos operacionais, este aumento não pode ser considerado relevante tendo em vista que o aumento no teor de fenólicos foi em torno de 5,4 a 6,5%. Assim, o estudo cinético comprova e justificar fixar em 30 minutos o tempo de extração, sem acarretar prejuízo ao processo de extração de componentes fenólicos utilizando com solvente a acetona.



**Figura 03:** Perfil cinético do teor de fenólicos extraídos de resíduo de abacaxi por acetona.

Todas estas análises dão suporte para futuros trabalhos onde se pretende realizar a otimização do processo de extração utilizando outros resíduos da agroindústria. No caso do abacaxi, não justifica a continuidade dos estudos, visando à otimização do processo tendo em vista que a quantidade de fenólicos extraída pode ser considerado baixa quando comparada com a de outros resíduos, a exemplo do resíduo de manga cuja extração sequencial, empregando metanol 80%, seguindo da acetona 80%, obteve-se extrato com 2407 $\mu$ g/mL (ARAÚJO, 2012) e do caju que usando acetona 55% se obteve extrato com 1732,47 $\mu$ g/mL de fenólicos totais (ANDRADE, 2013).

Segundo Pérez-Jimenez et al. (2008), a eficiência do processo de extração, se deve ao emprego de solventes aquosos com diferentes polaridades, de modo a extrair compostos com diferentes estruturas químicas. A eficiência da acetona, na extração de fenólicos totais foi constatada por Xu e Chang (2007) ao evidenciarem que, em algumas variedades de ervilha, a acetona (concentração de 50%) extraiu maior quantidade destes compostos, enquanto que em lentilha, soja e duas variedades de feijão, os polifenóis foram melhores extraídos com acetona a 80%. Em relação à capacidade antioxidante, os extratos exibiram forte capacidade de sequestro do radical DPPH (superior a 89 %).

A utilização do planejamento fatorial vem sendo bastante difundido na definição das condições de extração a serem empregados no processo de extração de fenólicos de diversas matérias primas. Negro et al. (2003) definiram como ideal a temperatura de 50°C para a extração de polifenóis em bagaço de uva tinto seco, empregando etanol a 80% como agente de extração. Cacace e Mazza (2003) utilizaram 60 minutos para extrair compostos fenólicos a partir de “berries” moídas, usando uma solução hidroalcoólica (67%; etanol:água; v/v) a 40°C. O efeito da temperatura na extração dos compostos fenólicos pode estar relacionado a instabilidade das ligações químicas, com a solubilidade do fitoquímico, viscosidade do solvente, bem como a tensão superficial, porém, aumento exacerbado da temperatura associado a longos períodos de extração pode gerar perdas destes compostos.

### **Potencial antioxidante**

O extrato hidroacetônico obtido nas condições ideais apontadas pelo DCCR (concentração solvente 60%; agitação 250 rpm; temperatura de 35°C e tempo de 30 min) foi submetido aos ensaios antioxidantes. Para avaliar o seu potencial antioxidante, foi avaliada a sua capacidade de sequestro do radical DPPH e do radical ABTS e em meio lipídico (co-oxidação acoplada  $\beta$ -caroteno/ ácido linoléico).

### **Capacidade de sequestrar radical livre**

O extrato exibiu ação antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS (Tabela 13), entretanto, considerando que a maior eficiência em sequestrar o radical DPPH e ABTS é, respectivamente, inversamente proporcional ao valor de  $EC_{50}$  e diretamente proporcional ao de TEAC, esta ação foi estatisticamente inferior a do ácido gálico. Porém ao comparar com a ação de outros frutos evidencia-se a superioridade do extrato da farinha do resíduo de abacaxi, cuja capacidade de sequestro do Radical DPPH foi maior do que a do pedúnculo liofilizado de caju (906 g/g de DPPH), da mangaba (890 g/g de DPPH), do açaí (598 g/g de DPPH) e da jaboticaba (138 g/g de DPPH) (RUFINO et al.,2010). Ao analisar o comportamento cinético, evidencia-se que os fitoquímicos bioativos presentes na farinha do resíduo de abacaxi atuam rapidamente na captura do radical DPPH ( $T_{EC50} = < 0,5$  minutos), porém a eficiência antirradical é considerada média ( $EA >1$  e  $\leq 5$ ), segundo a classificação estabelecida por Sánchez-Moreno; Larrauri; Saura-Calixto (1998).

A capacidade do extrato da farinha do resíduo de abacaxi de sequestrar o radical ABTS<sup>•+</sup> (Tabela 13), também, foi superior a do pedúnculo liofilizado do caju (79,4 µmol TEAC/g), bem como a da jaboticaba (317 µmol TEAC/g), da acerola (953 µmol TEAC/g) e do camu-camu (1.237 µmol TEAC/g) relatadas por Rufino et al.(2010); a sementes de goiaba (875,79 µmol TEAC/g) (NASCIMENTO, ARAÚJO; MELO, 2010) e ao resíduo da acerola (1.445,1 µmol TEAC/g) (CAETANO et al., 2011). Assim, evidencia-se que o resíduo agroindustrial do abacaxi, ainda, contém compostos bioativos que exibem ação antioxidante, relativamente alta, frente aos radicais DPPH e ABTS.

**Tabela 13:** Capacidade antioxidante do radical DPPH (EC<sub>50</sub> e T<sub>EC50</sub>) e do radical ABTS

Amostras	DPPH			ABTS (µMoltrolox/g)
	EC <sub>50</sub> (g amostra/g DPPH)	T <sub>EC50</sub> (minutos)	EA	
Resíduo de abacaxi (extrato acetônico)	89,88 ± 4,64 <sup>a</sup>	4,20 ± 0,33 <sup>a</sup>	3,01 ± 0,43 <sup>a</sup>	1760,11 ± 11,53 <sup>b</sup>
Ácido Gálico	5,77 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,34 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,51 ± 0,03 <sup>b</sup>	3590,00 ± 0,28 <sup>a</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; as médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Student (p < 0,05).; T<sub>EC50</sub>= tempo necessário para atingir o valor de EC<sub>50</sub>; EA= eficiência antirradical (1/EC<sub>50</sub>.TEC<sub>50</sub>); EC<sub>50</sub>: Concentração mínima da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH.

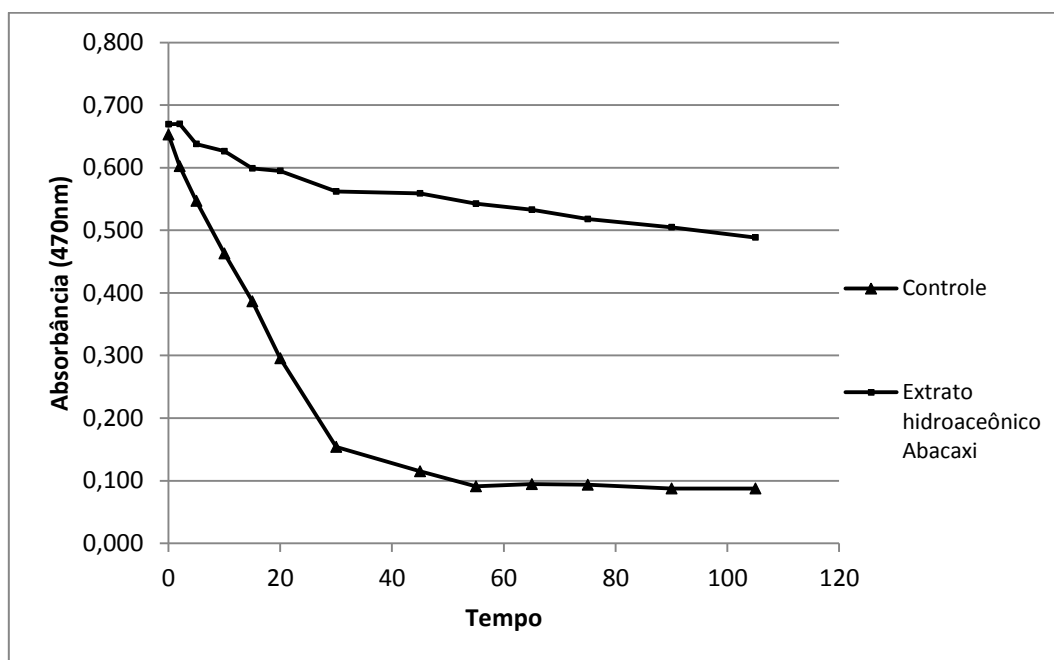
### Oxidação acoplada β-caroteno/ácido linoleico

A cinética da reação apresentada na Figura 04 apresenta um decaimento lento da densidade ótica quando comparado com a do controle, correspondendo a 68% de inibição da oxidação. Segundo a classificação estabelecida por Melo et al. (2008) que considera como alta, intermediária ou baixa a ação antioxidante cujo percentual de inibição da oxidação atinge, respectivamente, acima de 70%, entre 50-



70% e abaixo de 50%, o extrato da farinha do resíduo de abacaxi configura-se com ação antioxidante intermediária.

Para melhor entender o mecanismo de ação dos compostos bioativos presentes neste extrato, a partir das tangentes das curvas cinéticas foi calculado o Fator 1 ( $F1 = 0,15$ ) e Fator 2 ( $F2 = 4,90$ ) com base nos intervalos entre 15 e 45 minutos e 75 e 105 minutos, respectivamente. O valor de F1 foi inferior a 1 enquanto que o de F2 foi superior a 1. Estes dados demonstram a eficiência do extrato em inibir a oxidação no início da reação, porém na etapa de propagação da autooxidação, os fitoquímicos do extrato participam de reações, formando espécies radicalares que podem acelerar o processo oxidativo.



**Figura 04:** Cinética da ação antioxidante do extrato hidroacetônico (concentração final  $80\mu\text{g}$  de fenólicos totais. $\text{ml}^{-1}$ ) em sistema modelo da co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ ácido linoléico.

## CONCLUSÃO

A farinha de resíduo de abacaxi apresenta um significativo teor de macronutrientes, com destaque para os carboidratos totais, com elevado teor de açúcares, além de fitoquímicos bioativos. O teor de compostos fenólicos totais é bastante expressivo, dentre os quais os flavonoides totais integram esta fração em quantidade significativa.

Para a extração eficiente dos compostos fenólicos totais foi constatado que com o emprego da acetona (60%), como melhor solvente extrator, e com as condições do processo que envolve temperatura de 35 - 45°C; agitação de 250 rpm; e tempo de extração de 30 minutos é possível obter extratos com elevada concentração destes fitoquímicos. O extrato obtido nestas condições apresenta potencial antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS bem como em sistema lipídico. No entanto, neste último a ação antioxidante só é eficaz na etapa inicial da oxidação lipídica.

Assim, os resultados obtidos permitem considerar o resíduo agroindustrial de abacaxi como matéria prima, tanto para o enriquecimento e elaboração de novos produtos alimentícios, como para obtenção de extratos a ser empregado pela indústria de alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos. No entanto, se faz necessário testar sua ação antioxidante em outros sistemas, inclusive no próprio alimento, bem como sua toxicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R.A.M.S. **Fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante do resíduo agroindustrial do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.
- ARAÚJO, C. R. **Cascas liofilizadas de Tommy Atkins: teor de fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 131f., 2012.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists -. **Official methods of analysis**. 18 ed. Gaithersburg, 2005.
- ASCAR, J. M. Alimentos: Aspectos bromatológicos e legais. **Análise percentual**. São Leopoldo RS, Unisinos editora, v.1, 1985, p. 257-263.
- AWIKA, S. M., ROONEY, L. W., & WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v.90, p.293–301, 2005.
- BHANGER, M. I., & ANWAR, F. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. **Food Science and Technology**, v.40, p.361–367, 2007.
- BORGES, C. D., CHIM, J. F.; LEITÃO, A. M.; PEREIRA, E; LUVIELMO, M. M., Produção de Suco de Abacaxi Obtido a Partir dos Resíduos da Indústria Conserveira. **Boletim CEPPA**, v. 22, p.23-34, 2004.
- BORTOLATTO J., LORA J.. Avaliação da composição centesimal do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) liofilizado e *in natura*. **Revista de pesquisa e extensão em saúde**, América do Norte, v.4, n.1, p.3-12, 2009.

- CACACE, J.E., MAZZA, G. Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. **Journal Food Engineer**, v. 59, p.379–389, 2003.
- CAETANO, A. C. S.; ARAUJO, C. R.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I.S.; MELO, E. A. Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit extracts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n. 3, p. 769-775, 2011.
- CANNAS, A. Tannins: Fascinating but Sometimes Dangerous Molecules. **Cornell University** – Department of Animal Science. 2011.
- CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na Agricultura. **Dossiê Biotecnologia**, v. 24, n. 70, 2010.
- CHEOK, C.Y., CHIN, N.L., YUSOF, Y.A., LAW, C.L. Extraction of total phenolic content from *Garcinia mangostana* L. hull. I. Effects of solvents and UV-Vis spectrophotometer absorbance method. **Food Bioprocess Technology**, doi:10.1007/s11947-011-0627-2, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012: 7º levantamento**, abril de 2012. Disponível em:<[www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_03\\_13\\_11\\_04\\_08\\_bol\\_etim\\_marco\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_13_11_04_08_bol_etim_marco_2012.pdf)> Acesso em Agosto de 2012.
- COPPENS D'EECKENBRUGGE, G., Leal, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D.P. (org) **The pineapple - botany, production and uses**. Oxon: CABI, v.48, p.13-32, 2003.
- COSTA, J.M.C.; FELIPE, E.M.F.; MAIA, G.A.; BRASIL, I.M.; HERNANDEZ, F.F.H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, p. 228-232, 2007.

- COSTA, J.M.C.; FELIPE, E.M.F.; MAIA, G.A.;BRASIL, I.M.; HERNANDEZ, F.F.H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.2, p.228-232, 2007.
- CUNHA, G.A.P. *Equipe técnica de abacaxi comemora 30 anos de atividades e realizações*. Documentos, 170. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 20p, 2007.
- DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.50, p.3010-3014, 2002.
- DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Anais da 11ª Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria**, 13 a 16 de setembro, Centro de Convenções de Fortaleza (CE), 2004.
- FONSECA, R. S.; DEL SANTO, V. R.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C.A.M., Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.61, n.2, p.3-16, 2011.
- GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827,2005.
- GORINSTEIN, S., VARGAS, O. J. M., JARAMILLO, N. O., SALAS, I. A., AYALA, A. L. M., ARINCIBIA-AVILA, P., et al. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, v.225, n.3-4, p.321-328, 2007.
- HAMMERSCHMIDT, P. A.; PRATT, D. E. Phenolic antioxidants of dried soybeans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p. 556-559, 1978.

- HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, M. S. M. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. **Food Research International**. v. 44, p.672-676.,2011.
- IBGE. **Dados de safra de abacaxi no Brasil**. On-line. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201202.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf)>. acesso em: 08 de julho de 2013.
- JULKUNEN-TIITO, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v.33, p.213-217, 1985.
- KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.5, p.1008-1014, 2005.
- LALLO, F. H., PRADO, I.N., NASCIMENTO, W.G., ZEOULA, L.M.; MOREIRA, F.B.; WADA, F.Y. Níveis de Substituição da Silagem de Milho pela Silagem de Resíduos Industriais de Abacaxi sobre a Degradabilidade Ruminal em Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, pp.719-726., 2003.
- LANDGRAF, M.; GOMBOSSY, B.D. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1 ed., 282p, 2003.
- LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience**, Stanford, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.
- LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

- MACHADO, C.M.M., MORETTI, C.L., SOUSA, R.M.D., Aproveitamento das raspas geradas na produção de minicenouras IN: Comunicado técnico n° 33 **EmbrapaHortaliças**,2006.
- MARCO, G. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.45, p.594-598, 1968.
- MARQUES, A; et al. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticaba- SP, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.
- MARTINEZ, M. L.; MARÍN, M. A.; FALLER, C. M. S.; REVOL, J.; PENCI, M. C.; RIBOTTA, P. D. Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters. *Food Science and Technology*, v.47.p.78–82,2012.
- MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.44, n.2, p.193-201, 2008.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. **Scientia Agricola**, v. 57,p.385-388,2000.
- MORETTI,C.L., MATTOS,L.M. Processamento mínimo de Minicenoura. IN:MORETTI CL (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: SEBRAE. p. 399-413, 2007.
- NASCIMENTO, R. J.; ARAUJO, C. R.; MELO, E. A. Atividade antioxidante de extratos de resíduo agroindustrial de goiaba (*psidium guajava* l.). **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 2, p. 209 –216, 2010.
- NEGRO, C.; TOMMASI, L.; MICELI, A. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. **Bioresource Technology**, v. 87, p. 41-44, 2003.

- OLIVEIRA, D.B.; PESSANHA, N.N.C.; BERNARDES, N.R.; SILVA, W.D.; MUZITANO, M.F.; OLIVEIRA, D.R. Extratos de frutos de *Cereus Fernambucensis*: Antioxidante e inibição da produção de Óxido Nítrico (NO) por Macrófagos. **Interscienceplace**, ano 2, n.07, p.53-57, 2009.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M.E.; SERRANO, J.; GONI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant, food, oils and beverages: extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, Toronto, v.41, n.3, p.274-285, 2008.
- RE, R., N. PELLEGRINI, A. Proeggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorizing assay. **Free Radical Biology & Medicine**, 26: 1231-1237, 1999.
- RODRIGUES, M. I.; LEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**, 2ª ed revisada e ampliada -Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009.
- RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p. 996-1002, 2010.
- SÁNCHEZ-MORENO; C., LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 76, 270-276, 1998.
- SILVA, D. C. F.; NASCIMENTO, M. A.; MOREIRA, A. V. B. Verificação da presença de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes em amostras de café. **Nutrire**, v.32, n.1, p.4158, 2007.
- WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free



radicals. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.47, p.1801-1812, 1999.

- XU, B.J.; CHANG, S.K.C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of Food Science**, Chicago, v.72, n.2, p.159-166, 2007.