



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA
MESTRADO ACADEMICO EM BIOTECNOLOGIA**

MÁRCIA MACHADO MARINHO

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DO PEDÚNCULO DO
CAJU (*Anacardium occidentale* L.) E SUA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA *IN VITRO*
CONTRA ESPÉCIES DE *FUSARIUM***

**SOBRAL
2011**

MÁRCIA MACHADO MARINHO

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DO PEDÚNCULO DO CAJU
(*Anacardium occidentale* L.) E SUA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA *IN VITRO* CONTRA
ESPÉCIES DE *FUSARIUM***

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia.

Área de concentração: Microbiologia Aplicada

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pires dos Santos

SOBRAL

2011

MÁRCIA MACHADO MARINHO

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DO PEDÚNCULO DO CAJU
(*Anacardium occidentale* L.) E SUA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA *IN VITRO* CONTRA
ESPÉCIES DE FUSARIUM

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia. Área de concentração Microbiologia Aplicada.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Pires dos Santos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Edson Holanda Teixeira
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Jorge Luiz Martins
Universidade Federal de Pelotas - UFPel

SOBRAL

2011

Aos meus pais Gerardo e Rita

À minhas filhas Germana (in memoriam) e Emanuelle

Ao meu amor Emmanuel

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por minha existência e por todas as bênçãos em minha vida.

Professor Doutor Ricardo Pires dos Santos, tudo o que eu possa vir a escrever, será sempre pouco para expressar toda a gratidão que sinto. Você me encorajou, acreditou em mim e me estendeu as mãos quando mais precisei. É difícil encontrar palavras para definir o que você representa em minha vida, um orientador de competência e dedicação inigualável, um ser humano de caráter admirável e um grande amigo. Serei grata para todo o sempre. Que Deus abençoe cada segundo de sua vida! Muito obrigado!

Professor Doutor Benildo Cavada, serei eternamente grata por tudo que fizeste por mim e minha família. O senhor me deu a oportunidade de voltar à universidade e assim, chegar até aqui. O apoio, incentivo e amizade em todos os momentos (principalmente nos mais difíceis) dessa jornada jamais serão esquecidos. Sinto muita falta do nosso convívio e quero dizer que serei sempre uma grande admiradora. Amo muito o senhor, muito obrigado por tudo!

Ao professor Doutor Edson Holanda pelo apoio e reconhecimento, sempre disponível para solucionar nossos problemas quando procurado. Um coordenador e professor de competência e dedicação irrefutável. Muito obrigado pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis da minha vida!

Ao professor Doutor Jorge Luiz Martins, sou muito grata pela honra, sabedoria, amizade e apoio.

Ao meu amigo professor Doutor José Auri Pinheiro, ser humano e profissional incrível, serei sempre sua fã. Super tranquilo mas, ao mesmo tempo firme e decidido, disposto a enfrentar a vida de frente e a ajudar qualquer pessoa que precisar. Está sempre presente em minha vida apoiando e torcendo, valeu tio Zé!

À minha amiga Cíntia Carlos, pelas orações constantes e apoio incondicional em todos os momentos, serei sempre grata à Deus por colocar você e sua família em minha vida. Te amo muito!

Ao coordenador e funcionários da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, sou grata pelo apoio e atenção.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, pelos ensinamentos e convivência.

À minhas amigas de mestrado, Francisca e Eveline, minha gratidão pelo convívio, foi uma experiência incrível, com recordações que ficarão para sempre. Estudamos, rimos, choramos, enfim, valeu cada minuto. Já estou com saudades, valeu meninas!

Aos meus colegas de mestrado (turma 2009.1) Luiz, Ricardo, Emanuela, Jackson, Eliane, Monalysa, Cíntia e Wendell, pelo convívio e oportunidade de aprender sempre.

A todos que fazem parte do Laboratório Integrado de Biomoléculas (LIBS), em especial ao Victor e Vavá, minha gratidão pela disponibilidade e ajuda sempre que precisei.

A todos do Biomol-Lab, que sempre torceram por mim, em especial á professora Doutora Kyria e á Raquelzinha, Eduardo e Helton, pelo apoio e por todos os momentos juntos, que ajudaram no meu crescimento profissional.

A minha mãe Rita, pelo exemplo de amor, força, honestidade, solidariedade, humildade e perseverança. Muito obrigado pelo apoio incondicional em todas as horas, não têm sido fácil mas Deus é nossa fortaleza e é Ele quem tem nos dado força para seguir em frente, te amo muito mãezinha.

Aos meus irmãos Danilo, Tatá, Conceição e Adriana, pelo apoio, torcida e união nessa jornada e em todos os momentos difíceis que passamos. Muito obrigado!

Aos meus sobrinhos Bruna, Clomilinho, Yuri, Igor, Davi e Isabela, pelos momentos de descontração e pelo amor que vocês tem por mim.

Aos meus cunhados Renata, Clomilson e Olavo pela torcida.

Aos meus afilhados Irvem, Mirela, Larinha e emília Simone, que representam o carinho e amor que seus pais têm por mim, unindo nossas famílias.

A minha fiel escudeira, Silvânia (Sil), minha amiga e companheira na luta do dia-a-dia pela força e ajuda incondicional, meu muito obrigado!

À minha filha Emanuelle, por ser minha amiga, companheira, amorosa e acima de tudo, guerreira e compreensiva sempre que precisei me ausentar nessa jornada. Obrigado por ser essa filha maravilhosa e abençoada. Sei de sua luta e força em seguir em frente, não tem sido fácil, mas Deus tem renovado nossas forças todos os dias. Te amo muito minha linda, obrigado por existir em minha vida.

À minha filha Germana (*in memorian*), por me fazer tão feliz durante nosso pouco tempo de convívio e por me mostrar o quão frágil é a nossa existência. Obrigado por nos fazer refletir sobre os verdadeiros valores da vida. Tenho a certeza de que amei e fui amada intensamente, mas creio em Deus e sei que cumpriu sua missão. Jamais te esquecerei minha pequena branca de neve, minha saudade é constante e meu amor é eterno. Um beijo minha filha!

Ao professor Doutor Emmanuel Marinho, meu amor, minha vida, meu herói, meu ídolo, meu tudo! Homem de honra, companheiro, personalidade forte, não tem medo de dizer o que pensa, com um coração gigante, amigo para todas as horas, sempre pronto a ajudar, profissional competente e dedicado. Sabe o que quer e luta com garra para conseguir. È exemplo de pai, marido, filho, irmão, amigo e profissional, você é minha inspiração para levantar todo dia e sempre olhar para a frente. Convivemos há dezoito anos e desde o início acreditou em mim, me incentivou incondicionalmente, jamais me deixou desistir, com certeza, não chegaria até aqui se não fosse por você. Não tem sido fácil mas estamos conseguindo, nosso amor se fortalece a cada dia, agradeço a Deus por colocar você em minha vida. Nenhuma palavra pode exprimir o que você representa em minha vida, muito obrigado meu eterno amor!

*De tudo ficaram três coisas...
A certeza de que estamos começando...
A certeza de que é preciso continuar...
A certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminar...
Façamos da interrupção um caminho novo...
Da queda, um passo de dança...
Do medo, uma escada...
Do sonho, uma ponte...
Da procura, um encontro!*

Fernando Sabino

RESUMO

O Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta com uma grande importância social e econômica no Nordeste do Brasil. O bagaço do pedúnculo do caju é uma das maiores fontes de resíduos (90-94%) produzidos pela indústria cajueira. Neste estudo, foram preparadas cinzas do bagaço e submetidas à análise da composição e a testes de atividade antifúngica *in vitro* contra espécies de *Fusarium*. Esta análise indicou uma cristalinidade em torno de 73%, correspondendo às seguintes fases solúveis: carbonato ácido de potássio - KHCO_3 (39,54%), sulfato de potássio - K_2SO_4 (24,87%), e estruvita-K - $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8,59%). As fases amorfas (cerca de 27%) foram identificadas como a fração insolúvel de cinzas. A solução apresentou alta atividade antifúngica contra *F. oxysporum*, *F. moniliforme* e *F. lateritium*. Sua ação foi maior do que o Cercobin® (tiofanato metílico), indicando uma possível utilização como um agente antifúngico não tóxico.

Palavras-chave: atividade antifúngica, caracterização, pedúnculo do caju, *Fusarium*, resíduos.

ABSTRACT

Cashew (*Anacardium occidentale* L.) is a plant with a highly social and economic importance in Northeast Brazil. Cashew peduncle bagasse is one of the greatest sources of residues (90–94%) produced by the cashew agronomic industry. In this study, we prepared cashew peduncle bagasse ashes and submitted them to compositional analysis and tests for antifungal activity *in vitro* against *Fusarium* species. This analysis indicated a crystallinity around 73%, corresponding to the following soluble phases: acid potassium carbonate- KHCO_3 (39.54%), potassium sulfate - K_2SO_4 (24.87%), and struvite-K - $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8.59%). The amorphous phases (around 27%) were identified as the insoluble fraction of ashes. The solution showed high antifungal activity against *F. oxysporum*, *F. moniliforme* and *F. lateritium*. This activity of this product was greater than that of Cercobin® (thiophanate-methyl), indicating a possible use of this material as a non-toxic antifungal agent.

Keywords: antifungal activity, compositional analysis, *Fusarium*, cashew peduncle, residues.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELA

	Página
Figura 1. (A) Cajueiro (em árvore) na Universidade do Vale do Acaraú em Sobral-CE.	15
Figura 1. (B) Detalhes da frutificação do cajueiro.	15
Figura 2 Caju (<i>Anacardium occidentale L.</i>) de pedúnculo vermelho, com indicação do fruto (castanha) e do pseudofruto (pedúnculo).	17
Figura 3 Bagaço do pedúnculo do caju (após extração do suco).	19
Figura 4 Forno tipo mufla com atmosfera de ar controlada.	20
Figura 5 Representação de uma célula fúngica.	22
Figura 6 Representação da morfologia das hifas.	23
Figura 7 Esquema de preparação das cinzas do pedúnculo do caju.	27
Figura 8 Esquema representativo do ensaio antifúngico.	30
Figura 9 Análise de energia dispersiva de raios-X das cinzas do bagaço de pedúnculo de caju mostrando seus principais elementos químicos: C, O, Mg, P, S e K.	32
Figura 10 Difratoograma de raios-X das cinzas do bagaço de pedúnculo de caju (CBPC) mostrando suas fases cristalinas.	33
Figura 11 Percentual de inibição de crescimento (média \pm DP) para o ensaio da atividade antifúngica contra <i>F. oxysporum</i> (a), <i>F. moniliforme</i> (b) e <i>F. lateritium</i> (c) na presença do controle negativo (NaCl 0,15 mol.L ⁻¹), controle positivo (10 ppm de Cercobin®) e CBPC (0,5 mg).	35
TABELA 1 Composição nutricional do pedúnculo de caju (<i>in natura</i>).	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANB	-	Anfotericina B
BDA	-	meio de cultura constituído de batata, dextrose e ágar
CBPC	-	Cinza do Bagaço do Pedúnculo do Caju
DP	-	Desvio padrão
EDX	-	Espectroscopia de energia dispersiva de raios-X
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
F.	-	<i>Fusarium</i> (gênero de fungo)
FDA	-	<i>Food and Drug Administration</i>
NBR	-	Norma Brasileira
ppm	-	partes por milhão
SEBRAE	-	Serviço Brasileiro de apoio as micro e pequenas empresas
SESI	-	Serviço Social da Indústria
sp	-	espécie
U.I.	-	unidade internacional
XRD	-	Difração de raios-X
%	-	porcentagem
®	-	marca registrada
α	-	alfa
β	-	beta

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAJUEIRO.....	15
CAJU	16
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	18
FUNGOS.....	22
Gênero <i>Fusarium</i>	24
OBJETIVOS.....	26
MATERIAIS E MÉTODOS	27
PREPARAÇÃO DAS CINZAS.....	27
CARACTERIZAÇÃO DAS CINZAS	27
Determinação da Composição Química por espectroscopia energia dispersiva de raios-X.....	27
Análise Mineralógica por difração de raios-X	28
Análise da Fração Insolúvel	28
ENSAIO FUNGICIDA	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
Determinação da Composição Química por EDX	32
Análise Mineralógica por XRD	33
Ensaio de Atividade Fungicida.....	34
CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

INTRODUÇÃO

CAJUEIRO

No setor de fruticultura em geral, o Brasil se encontra entre os maiores produtores mundiais de caju (3º lugar). Em 2007, a produção foi em torno de 43 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China (1º lugar – 175 milhões de toneladas) e da Índia (2º lugar – 57 milhões de toneladas). No ranking de exportações, o Brasil ocupa o 15º lugar, já que a maior parte da produção é consumida (*in natura* e industrializada) no próprio país (CORRÊA, 2008).

O cajueiro (Fig. 1) pertence à família *Anacardiaceae*, gênero *Anacardium L.*, espécie *Anacardium occidentale L.* O cajueiro é dividido em dois grupos, comum e anão (*Anacardium occidentale L. var. nanum*), de acordo com seu porte (PINHO, 2009).



(A)



(B)

Figura 1. (A) Cajueiro (em árvore) na Universidade do Vale do Acaraú em Sobral-CE e em (B) detalhes da frutificação (visaoglobal.org)

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é nativo do Brasil, encontrado principalmente nas Regiões Norte e Nordeste e se destaca entre as plantas frutíferas. Este agronegócio da região Nordeste se destaca na economia do país devido a alguns fatores como a alta empregabilidade (somente no Ceará as indústrias de beneficiamento de castanha de caju empregam aproximadamente 20 mil funcionários além de oferecer 280 mil postos de trabalho no campo); extensão da área explorada (a área colhida, em 2007 foi de 727.082 hectares (IBGE, 2008) e também, pela exportação de produtos (MAZZETO *et al.*, 2009). Os Estados

do Piauí, Rio Grande do Norte e Ceará concentram mais de 90% da produção (FIGUEIRÊDO JR., 2008). A produção anual do Nordeste é de aproximadamente 200 mil toneladas da amêndoa (castanha) e 2 milhões de toneladas de pedúnculo (OLIVEIRA & ANDRADE, 2007).

No Ceará, o início da cultura do cajueiro anão precoce aconteceu em Pacajus no ano de 1965, no Campo Experimental do Ministério da Agricultura. O governo disponibilizou, nessa época, uma coleção de 36 matrizes de cajueiro para pesquisas (obtidas no município de Maranguape-CE). Foi desenvolvida uma metodologia de melhoramento genético no Campo de Pacajus, resultando na produção de diversos clones comerciais como o CCP 06 e CCP 76 (1983); CCP 09 e CCP 1001 (1987), ainda disponíveis no mercado (BARROS *et al.*, 1998).

Perene, de ramificação baixa e porte médio, o cajueiro pode atingir até 20 metros de altura (SEBRAE, 2005). Apresenta flores masculinas e hermafroditas na mesma inflorescência, folhas glabras e fruto reniforme (MAZZETO *et al.*, 2009). O início do florescimento do cajueiro anão acontece por volta do 1º ou 2º ano e a do cajueiro comum, no 2º ou 3º ano. A frutificação completa acontece de 60 a 65 dias após a floração (SEBRAE, 2005).

Estudos comprovam atividades biológicas do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*): atividade antimicrobiana sobre espécies de *Streptococcus* em biofilme dental (MELO *et al.*, 2006); atividade antibacteriana em espécies multiresistentes de *Staphylococcus aureus* (SILVA *et al.*, 2007); ação antiinflamatória (FALCÃO *et al.*, 2005) e ação hipoglicemiante (BARBOSA FILHO *et al.*, 2005). Na região nordeste, a população faz uso do cajueiro na medicina tradicional como analgésico para dor de dente e cólicas, antiinflamatório para problemas de garganta e também, como antidiabético (MOTA, 2004; AGRA *et al.*, 2007).

CAJU

Na realidade, o que chamamos de polpa ou fruto é o pedúnculo (MAZZETO *et al.*, 2009), que pode ser encontrado, no Brasil, com duas variedades de cores, vermelho e amarelo (ALCÂNTARA *et al.*, 2008). Sua polpa possui um aroma característico, com coloração amarelo pálido, de aspecto macio e fibroso, adstringente e ácido (CHITARRA, 2005).

Segundo Mazzeto e colaboradores (2009) “o caju tem o pedúnculo bem desenvolvido, por isso é confundido com o fruto verdadeiro, a castanha (Fig. 2) que é um fruto seco, preso ao pericarpo apenas por uma ponta, de tamanho variável, casca coriácea lisa e mesocarpo

alveolado”. Possui uma grande quantidade de LCC (líquido da casca da castanha), um subproduto que não agrega valores significativos; viscoso e de coloração castanho escuro (CHAVES *et al.*, 2008; MAZZETO *et al.*, 2009). Contém os compostos fenólicos ácido anacárdico, cardanol e cardol. Ao estudarem o extrato etanólico de cascas do caule do cajueiro, Chaves e colaboradores (2008) isolaram e identificaram alguns compostos como palmitato, sitosterol, oleato e linoleato de sitosterila e também, uma mistura dos ácidos anacárdicos monoeno e dieno. O LCC é utilizado na indústria de plásticos, vernizes, isolantes (ALCÂNTARA, 2008) e na fabricação de lubrificantes e aditivos (MAZZETO *et al.*, 2009).

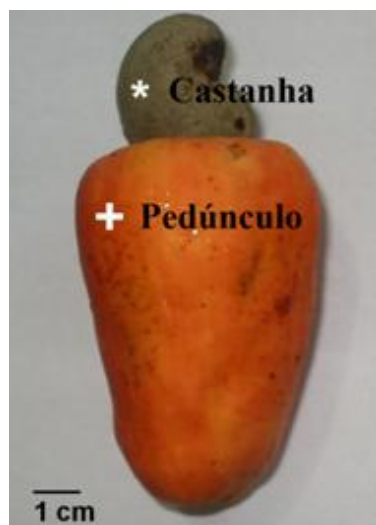


Figura 2. Caju (*Anacardium occidentale* L.) de pedúnculo vermelho, com indicação do fruto (castanha) e do pseudofruto (pedúnculo).

O pedúnculo (pseudofruto) é um alimento com uma composição nutricional muito rica (Tab. 1), com vitaminas, sais minerais, taninos, carboidratos, etc. (SEBRAE, 2005). É bastante perecível o que se explica, em parte, pela delicadeza da “casca” ou película do fruto fresco que contém uma mucilagem propícia à proliferação de fungos e também, pelas condições especiais necessárias para o manuseio e também para o transporte e processamento (ALCÂNTARA, 2008).

Tabela 1. Composição nutricional do pedúnculo de caju (*in natura*).

Componente	Quant.
UMIDADE (%)	86
PROTEÍNA BRUTA (%)	0,7
CÁLCIO (mg/100g)	14,5
FÓSFORO (mg/100g)	33,4
FERRO (mg/100g)	0,35
TANINO (%)	0,37
ÁCIDO ASCÓRBICO (mg/100 g)	200
AÇUCARES TOTAIS (%)	8,35
VITAMINA A (U.I.)	10,8

Fonte: SEBRAE, 2005.

RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Como podemos definir lixo e resíduo? Alguns autores tratam as duas palavras como sinônimas, conceituam o lixo como um resíduo proveniente de atividades humanas consideradas inúteis ou indesejáveis (ABNT, 1985; LIMA, 1991; CONDER, 1994); e outros acreditam que são definições diferentes, onde os resíduos são sobras que podem ser aproveitadas, ou seja, têm um valor econômico agregado; e define lixo como algo que não pode mais ser aproveitado (DEMAJOROVIC, 1995; CALDERONI, 1998).

A grande quantidade de resíduos sólidos gerados pelas agroindústrias implica num sério problema para o meio ambiente (PINTO *et al.*, 2006). Então, o que fazer com esses resíduos? Reciclar ou aproveitar? O que fazer para que o meio ambiente não sofra maiores danos? E para reduzir os custos e o consumo de energia na produção de materiais? Na literatura encontramos diversos estudos para o aproveitamento dos subprodutos agroindustriais (resíduos ou cinzas): fabricação de tijolos de terra crua com o uso do resíduo da castanha do caju para reduzir custos na construção de casas de interesse social (SILVA *et al.*, 2005); produção de pectinases (enzimas) por meio de fermentação semi-sólida com o pedúnculo seco de caju (ALCÂNTARA, 2008);

As agroindústrias de caju geram resíduos (bagaço ou fibra de caju) que, normalmente, são reaproveitados para enriquecer ração animal ou na maior parte, são descartados. O bagaço do pedúnculo do caju (Fig. 3) é o subproduto após a extração do suco (AGRIANUAL, 2007). Mesmo levando em consideração o aproveitamento do pedúnculo na produção de sucos, geléias, doces, farinhas, 80 % do pedúnculo gerado é desperdiçado (MOREIRA *et al.*, 2009).



Figura 3. Bagaço do pedúnculo do caju (após extração do suco).

A lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Para efeitos desta lei, resíduo sólido é definido como material, substância ou bem descartado proveniente de atividades humanas, no estado sólido ou semissólido, assim como gases ou líquidos que causem danos à rede pública de esgoto ou corpos d'água. Estes resíduos são classificados quanto à origem e quanto à periculosidade. Em relação à origem, podem ser: industriais (são provenientes do processo produtivo e das instalações industriais), domiciliares, de serviços de saúde, de construção civil, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, etc. Quanto à periculosidade, são classificados como perigosos e não-perigosos (BRASIL, 2010).

O desperdício de alimentos produzidos no Brasil é muito alto, aproximadamente um terço de toda a produção se transforma em resíduo. Com tanta pobreza em nosso país, é preciso despertar para uma mudança de atitude, buscando ações que incentivem e disseminem o aproveitamento integral dos alimentos (COUTO *et al.*, 2004).

Habitualmente aproveitado na ração animal, o bagaço do pedúnculo de caju na alimentação humana traz uma nova perspectiva de formas alternativas de consumo. Este resíduo, em testes sensoriais, mostrou um aspecto fibroso e aroma adstringente característico do caju (MATIAS *et al.*, 2005).

Proprietário de uma empresa que produz e exporta castanha de caju (Cione - Companhia Industrial de Óleos do Nordeste), o industrial cearense Jaime Aquino, vem combatendo há mais de 30 anos o desperdício do pedúnculo e tentando difundir as qualidades nutritivas do caju, sendo responsável pelo desenvolvimento de tecnologia para a utilização da fibra (bagaço) na preparação de diversos pratos (www.sfiec.org.br). Graças às idéias do

empresário, em julho de 2007, o caju passou a fazer parte do cardápio do Programa SESI Cozinha Brasil. Este programa foi lançado em 2004 e foi implantado em todo o Brasil com o objetivo de promover a produção e o consumo de uma alimentação de alto valor nutricional e baixo custo, com a realização de cursos para funcionários de empresas e comunidades carentes. O Cozinha Brasil incorporou o projeto de receitas regionais objetivando identificar alimentos *in natura* (de larga produção) nas regiões brasileiras, com alto valor nutricional, de grande desperdício e também, de fácil acesso para a população local. Com a parceria da Universidade Federal do Ceará e da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a equipe técnica do SESI adaptou as sugestões de Jaime Aquino às diretrizes do Programa Cozinha Brasil. Foram desenvolvidos pratos à base da polpa (fibra) do caju como sopas, vatapá, pizza, omelete, hambúrguer, arroz, paçoca, bolo. (www.sfipec.org.br).

Santos e colaboradores (2007) apresentaram uma alternativa de aproveitamento do resíduo do bagaço do pedúnculo do caju, na forma da incineração de seu bagaço com temperaturas em torno de 600° C.

Incineração

A incineração é uma prática muito antiga usada na queima de resíduos agroindustriais, que consiste, basicamente, em dispor os resíduos de forma empilhada e atear fogo. (LIMA, 2004). O fogo foi substituído por fornos tipo mufla (para resíduos de pequeno e médio porte), que são aquecidos por elementos resistivos (Fig.4)

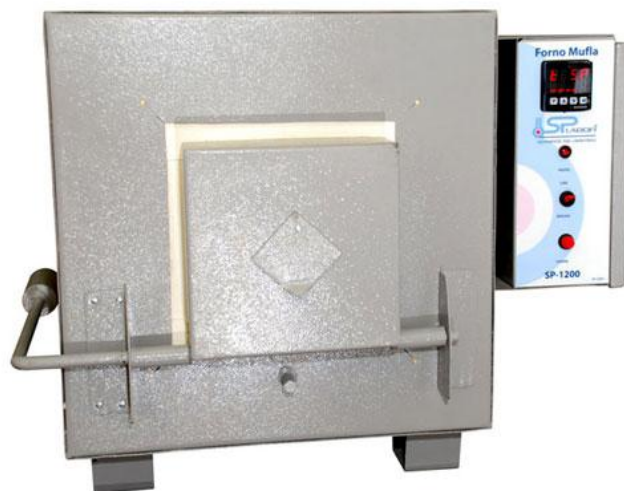


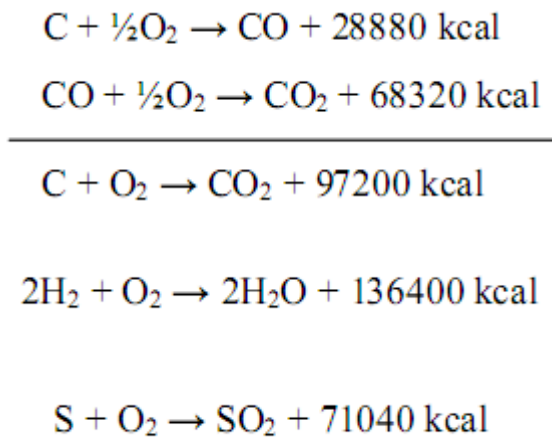
Figura 4. Forno tipo mufla com atmosfera de ar controlada (www.splabor.com.br).

A incineração consiste em reduzir peso e volume dos resíduos por meio de um processo de combustão controlada. Geralmente, os materiais que sobram da incineração são

gases (dióxido de carbono (CO₂); dióxido de enxofre (SO₂); oxigênio (O₂)), água (H₂O) e restos de metais ferrosos e inertes (LIMA, 2004).

Na incineração, acontece uma reação química entre o combustível e o comburente. A maioria dos resíduos agroindustriais são combustíveis. Como já referenciamos, os principais produtos resultantes da combustão, estão gases como HCl, NO_x, SO_x e também, materiais particulados. Como os resíduos agroindustriais são constituídos de pouco enxofre (S), seus produtos no processo de combustão usualmente são precipitados com as cinzas ou na formação de sulfato (SO₂).

Demonstraremos as equações de combustão do carbono, hidrogênio e enxofre, respectivamente (SANTOS, 2007):



Alguns fatores como variações de temperatura e pressão podem interferir no processo de combustão de resíduos agroindustriais, inibindo ou até mesmo interrompendo a reação completamente. Segundo Lima (2004), dois princípios básicos fundamentam o rendimento da combustão de resíduos, são eles:

- A mistura ar-combustível deve ser mantida em níveis desejados por meio da regulação da quantidade de ar;
- Deve haver transferência do máximo de calor (gerado no processo de combustão) para o resíduo a ser incinerado.

Na queima, os compostos biológicos são destruídos, produzindo cinzas (sólidos inorgânicos inertes) que não sofrem os efeitos da degradação. Foram sintetizados (na queima) o carbonato ácido de potássio (KHCO₃), sulfato de potássio (K₂SO₄) e K-estruvita (MgKPO₄ • 6H₂O) pela queima do bagaço do pedúnculo de caju.

O carbonato ácido de potássio está classificado pela FDA (*Food and Drug Administration*) como um novo ingrediente alimentar “geralmente reconhecido como seguro”.

É usado de várias maneiras: na produção de cristais, vidros especiais, cerâmicas, esmaltes, silicatos de potássio, fertilizantes e extintores de incêndio; na redução da perda de cátions em solos ácidos e neutros; na síntese de fármacos (vitaminas e penicilina), e na indústria de alimentos. É usado também como antiácido e fungicida (KHCO_3 Handbook, 2004).

O sulfato de potássio é frequentemente incluído como parte de misturas químicas, colas e compostos fertilizantes.

A K-estruvita é considerada um “premium quality slow-release fertilizer”, pois fornece potássio ao invés de nitrogênio (BASHAN & BASHAN, 2004).

FUNGOS

Segundo Murray e colaboradores (2007), os fungos são classificados em um reino próprio, o Reino *Fungi* (*Myceteae*). Eles são organismos eucarióticos que se diferenciam de outros pela presença de uma rígida parede celular (composta por quitina e glucana) e também, uma membrana celular (o colesterol é substituído por ergosterol como componente principal de esterol). (Fig.5):

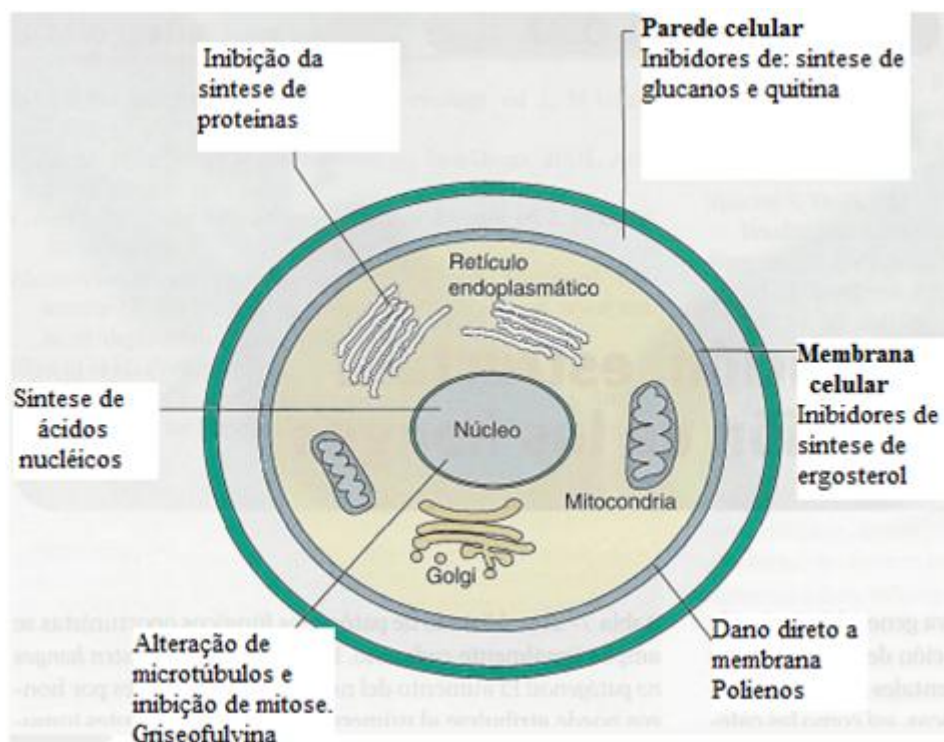


Figura 5. Representação de uma célula fúngica (adaptado de MURRAY *et al.*, 2007).

Os fungos podem ser organismos unicelulares ou multicelulares. Os fungos são classificados, morfologicamente, em leveduras ou bolores. Segundo Arruda (2009) “uma levedura pode ser definida como uma célula que se reproduz por brotamento ou fissão, na qual uma célula progenitora ou mãe pinça uma parte de si para produzir uma progênie ou célula filha”. Pode haver alongamento das células filhas, formando as pseudo-hifas, que se assemelham a salsichas. Geralmente unicelulares, as leveduras formam colônias arredondadas, pálidas ou mucóides em ágar (MURRAY *et al.*, 2007; ARRUDA, 2009).

Os bolores (multicelulares) consistem em hifas (estruturas tipo filamentos) as quais são alongadas nas pontas pelo processo de extensão apical (ARRUDA, 2009). As hifas (Fig.6) podem ser cenocíticas (ocas e multinucleadas) ou septadas (divididas por paredes transversais). O conjunto de hifas forma uma estrutura de “tapete” denominada micélio (as colônias formadas são filamentosas). Os bolores, quando cultivados em ágar ou outras superfícies sólidas, produzem hifas vegetativas (crescem acima ou abaixo da superfície do meio de cultura) e hifas aéreas (se projetam acima da superfície do meio e podem produzir conídios). Os conídios são elementos de reprodução assexuada dos fungos e de fácil disseminação pelo ar (ARRUDA, 2009 *apud* MURRAY *et al.*, 2006).

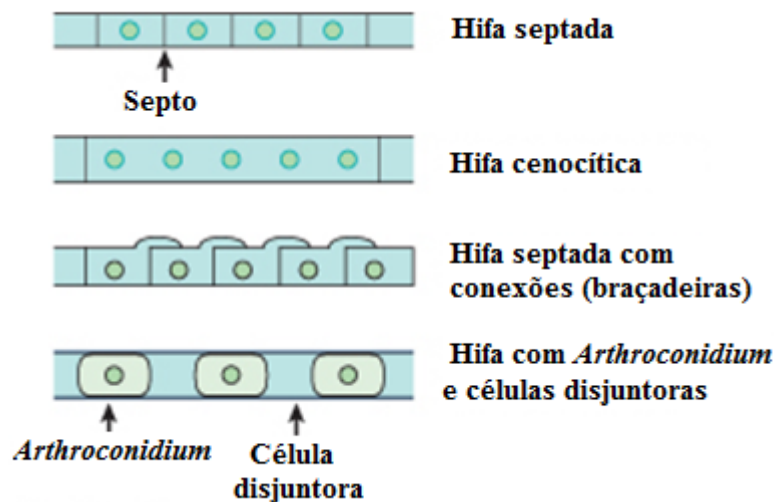


Figura 6. Representação da morfologia das hifas (adaptado de ARRUDA, 2009).

Grande parte dos fungos apresenta respiração aeróbia, porém, alguns são anaeróbios facultativos (fermentativos) e outros basicamente anaeróbios. Os fungos produzem metabólitos primários (etanol, glicerol) e secundários (antibióticos, como a penicilina); e crescem de forma lenta, em comparação com as bactérias, levando horas para a duplicação celular ao invés de minutos (MURRAY *et al.*, 2007).

Gênero *Fusarium*

O gênero *Fusarium* pertence ao Reino *Fungi*, Divisão *Eumycota*, Subdivisão *Deuteromycotina*, Classe *Hyphomycetes*, Ordem *Moniliales*, Família *Moniliaceae*. Abrange várias espécies fitopatógenas e saprófitas do solo (GODOY & COLOMBO, 2004). Grande parte das espécies de *Fusarium* habita a parte subterrânea e raízes das plantas, como também fragmentos vegetais e compostos orgânicos que ficam até 100 cm de profundidade do solo (GODOY & COLOMBO, 2004). Por produzirem toxinas que alteram a permeabilidade da membrana celular, algumas espécies de *Fusarium* interrompem o metabolismo celular das plantas. A ação desses fungos vem causando grandes prejuízos à agricultura, como em 1920 na região de Piracicaba-SP, uma doença causada pelo fungo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (doença murcha-da-bananeira) acarretou na erradicação, em todo o Estado de São Paulo, das variedades banana-maçã e banana-terra (ARAUJO *et al.*, 2002).

Somente nos Estados Unidos, o gasto no combate a doenças causadas por fungos chega a proximadamente 23,5 bilhões de dólares por ano (TINOCO, 2010 *apud* ROSSMAN, 2009).

As espécies que causam doenças em humanos são *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, etc (GODOY & COLOMBO, 2004). Além de ser um contaminante comum e um patógeno de plantas conhecidas, *Fusarium spp.* pode causar várias infecções em seres humanos. *Fusarium* é uma das causas emergentes de micoses oportunistas (LUCCA, 2007). Algumas espécies produzem micotoxinas (como fumonisinas e tricotecenos) nos cereais, podendo afetar a saúde humana e animal, se eles entram na cadeia alimentar (HOWARD, 2003; KOKKONEN *et al.*, 2010). Em infecções humanas, a anfotericina B (ANB) é a droga usada para o tratamento clínico da doença fusariose, apesar de sua nefrotoxicidade e sua baixa eficácia. (ORTONEDA *et al.*, 2004). No entanto, estudos realizados pela Hang & Woodams (2003) mostrou que baixas concentrações de carbonato ácido de potássio e de sódio (0,2 g por 100 mL) inibiram mais de 95% do crescimento micelial de *F. oxysporum* 950 em *Czapek Dox*.

Devido às diversas ramificações econômicas da propagação de fungos em cultivos agrícolas e hortícolas, um amplo espectro de produtos fungicida e fungistático foi desenvolvido para aplicações gerais e específicas (MCGRATH, 2009). Sais inorgânicos selecionados foram avaliados por suas propriedades fungicidas (DELIOPOULOS *et al.*, 2010).

Sabe-se que os compostos de carbonato são tóxicos para vários fungos (ARSLAN *et al.*, 2006; KARABULUT *et al.*, 2006; NIGRO *et al.*, 2006; DORN *et al.*, 2007). O *Fusarium* é um gênero de fungos que apresenta uma grande importância na agricultura, por ser patógeno para várias culturas de interesse econômico como o trigo, milho, soja, feijão-caupi, provocando doenças como fusariose, podridão das raízes, etc. (TINOCO, 2010). O *azoxystrobin*, tiofanato metílico, fludioxonil e triflumizol são os fungicidas disponíveis mais eficazes contra *Fusarium* em plantas, mas possuem efeitos tóxicos. *Fusarium oxysporum* é um dos fungos mais resistentes aos medicamentos (*in vitro* e *in vivo*) encontrados em infecções disseminadas (ORTONEDA *et al.*, 2004; PACHÓN *et al.*, 2006).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi a produção e a caracterização das cinzas do bagaço do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale*) e avaliar a sua eficácia como agente fungicida para controlar o crescimento micelial de *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. decemcellulare* e *F. lateritium*.

MATERIAIS E MÉTODOS

PREPARAÇÃO DAS CINZAS

As amostras usadas de pedúnculo de caju vermelho foram obtidas de plantações no Estado do Ceará, Brasil, durante os meses de setembro e outubro de 2008. Após a extração da castanha, os pedúnculos foram prensados para a retirada do suco, formando o chamado “bagaço de caju”. O bagaço foi secado em estufa a 36° C durante 48 h e triturado em moinho analítico. O pó do bagaço foi queimado a 640° C em forno tipo mufla, em atmosfera de ar, durante 4 h (SANTOS *et al.*, 2007), gerando um resíduo sólido denominado cinza do bagaço do pedúnculo de caju (CBPC).



Figura 7. Esquema de preparação das cinzas do pedúnculo do caju (adaptado de SANTOS, 2007).

CARACTERIZAÇÃO DAS CINZAS

Determinação da Composição Química por espectroscopia energia dispersiva de raios-X

A composição da CBPC foi determinada por meio da análise por espectroscopia energia dispersiva de raios-x (acrônimo EDX – do inglês “Energy Dispersive X-ray”) usando um microscópio eletrônico de varredura Philips XL-30, no Laboratório de Caracterização de Materiais (LACAM) do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará.

Considerada uma técnica fundamental para a caracterização microscópica de materiais, a análise por EDX ocorre quando o feixe de elétrons incide sobre a amostra (CBPC), fazendo com que os elétrons mais externos dos átomos e os íons (constituintes) sejam excitados, havendo mudança de níveis energéticos. Há liberação da energia adquirida quando retornam a sua posição inicial. Esta energia é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-X. O microscópio mede a energia referente ao elétron, por meio de um detector instalado na câmara de vácuo. No ponto de incidência do feixe (um átomo possui elétrons com energias diferentes) é possível determinar quais os elementos químicos que estão presentes, gerando um mapa composicional (SANTOS, 2007).

Análise Mineralógica por difração de raios-X

Os padrões de difração de raios-X, para a análise mineralógica das cinzas foram obtidas pelo método do pó em temperatura ambiente (300 K) usando um difratômetro de pó Philips, modelo *X'Pert PRO*.

A geometria *Bragg-Bretano* foi usada com radiação Cu- α . O tubo foi operado em 40 kV e 40 mA. Os dados de difração foram coletados em um intervalo de varredura de $10^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$ com passos de $0,02^\circ$ e tempo de integração de 2 s por ponto. A cristalinidade (%) foi obtida a partir da razão percentual entre a área cristalina e a área total do difratograma de raios-X (HAYAKAWA *et al.*, 1997). O programa *X'Pert HighScore* foi utilizado para identificar as fases cristalinas, e o método *Rietveld's* (programa Rietica) foi usado para o refinamento do difratograma e conseqüentemente, para a análise quantitativa.

Análise da Fração Insolúvel

A fração insolúvel das cinzas foi determinada por um método gravimétrico. Uma amostra de 0,5 mg de CBPC foi suspenso em 1 mL de água Milli-Q, agitado por aproximadamente 5 minutos e centrifugado a 16.000 rcf por 5 minutos, e o sobrenadante (compostos solúveis) foi retirado com uma micropipeta. O precipitado foi re-suspendido em 1 mL de água Milli-Q, agitado por menos de 2 minutos e centrifugado a 16.000 rcf por 5 minutos, e o sobrenadante foi retirado novamente. Esse processo foi repetido três (03) vezes, garantindo a recuperação total dos compostos solúveis. O precipitado da extração do

sobrenadante foi seco em estufa a 36° C por 48 h, e sua massa determinada com uma balança analítica. A fração insolúvel foi obtida (valor médio de cinco repetições) a partir da relação percentual entre a massa do resíduo e a massa da CBPC.

ENSAIO FUNGICIDA

Fusarium oxysporum (URM-2489), *F. moniliforme* (URM-3226), *F. decemcellulare* (URM-3006) e *F. lateritium* (URM-2491) foram obtidos das Coleções de Cultura do Departamento de micologia da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. A atividade antifúngica da CBPC foi realizada através de um ensaio modificado baseado no método de Cunico *et al.* (2004). CBPC (0,5 mg) foi dissolvido em 1 mL de NaCl 0,15 mol/L e centrifugado. O sobrenadante (solução da CBPC) foi separado do precipitado. O ensaio também foi realizado com KHCO₃ (0,20 mg) dissolvido em 1 mL de NaCl 0,15 mol/L (devido a sua utilização como fungicida). NaCl 0,15 mol/L foi usado como controle negativo ou ensaio branco, e 10 ppm de Cercobin® 700 PM (um fungicida benzimidazol produzido pela IHARABRAS SA, Brasil), como controle positivo. A concentração de KHCO₃ utilizada no ensaio (0,20 mg/mL) foi a mesma encontrada na solução da CBPC (após análise da composição). A concentração de Cercobin® utilizada foi aquela considerada eficaz contra a espécie *Fusarium*, segundo o fabricante. Cada experimento foi realizado em placas de *Petri* (100 x 15 mm) contendo 10 mL de um meio estéril BDA (batata-dextrose-ágar) (15 g de ágar, 20 g de dextrose e caldo de 200 g de batata cozida). Uma alíquota de cada amostra ou controle foi filtrada através de uma seringa de filtro estéril 0,45 µm (Minisart®). Em seguida, a amostra (50 µL) foi espalhada sobre o meio BDA solidificado em placas de *Petri* e um disco miceliar de fungo (0,625 cm de diâmetro) foi disposto no centro da placa de *Petri*. As placas foram incubadas a 25° C por 72 h, e o diâmetro da zona de crescimento da colônia foi determinado para cada solução. A atividade antifúngica foi determinada com base no percentual de inibição de crescimento, de acordo com a seguinte fórmula (ROJAS & RONDÓN 1995):

$$\text{Inibição do crescimento (\%)} = \frac{\text{DZC}_{\text{cn}} - \text{DZC}}{\text{DZC}_{\text{cn}}} \times 100$$

onde DZC_{cn} é o diâmetro da zona de crescimento do controle negativo (solução de NaCl) e DZC é o diâmetro da zona de crescimento das soluções de Cercobin[®] (controle positivo), CPBC e $KHCO_3$. Uma representação esquemática do procedimento experimental é mostrada na figura 8:

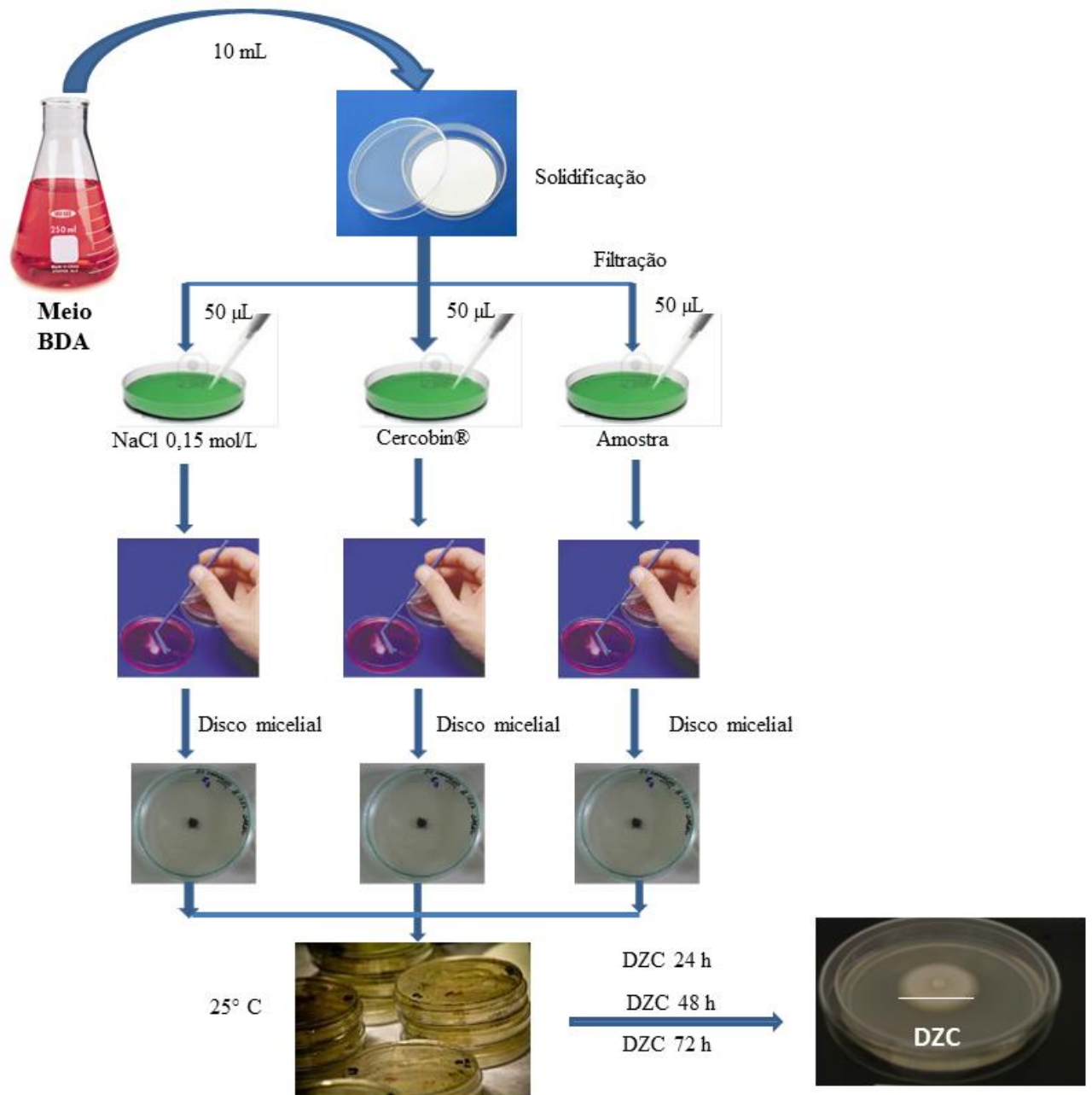


Figura 8. Esquema representativo do ensaio antifúngico.

Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. O teste não-paramétrico *Mann-Whitney* foi realizado para determinar a existência ou não de diferenças estatísticas significativas entre dois grupos (TRIOLA, 2008). O nível de significância utilizado foi de 0,01 ($P \leq 0,01$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação da Composição Química por EDX

As medidas de EDX da CBPCX indicaram a presença de carbono (C), oxigênio (O), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas cinzas (Fig. 9). Após a combustão, o carbono e o oxigênio permaneceram como resíduos dos compostos orgânicos. O magnésio, fósforo, enxofre e potássio originaram-se dos sais minerais presentes no pedúnculo (SANTOS, 2007). Não foram detectados cálcio e ferro, demonstrando que os mesmos encontram-se em baixa concentração no bagaço e em maior quantidade no suco (SANTOS, 2007).

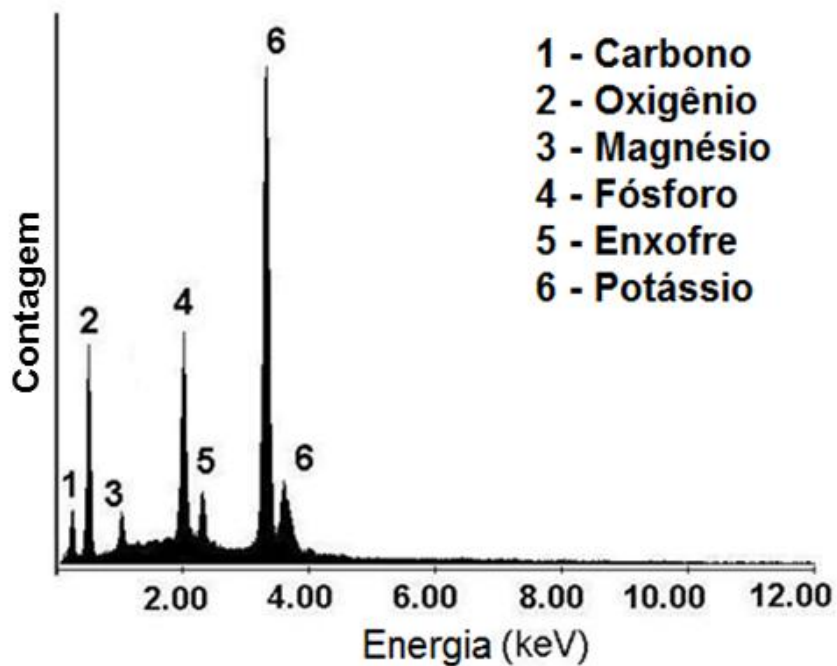


Figura 9. Análise de energia dispersiva de raios-X das cinzas do bagaço de pedúnculo de caju, mostrando seus principais elementos químicos: C, O, Mg, P, S e K.

Análise Mineralógica por XRD

A figura 10 apresenta os difratogramas de raios-X da CBPC. A cristalinidade foi aproximadamente 73% indicando a presença de fases amorfas (27%). A análise cristalográfica indicou a presença de carbonato ácido de potássio - KHCO_3 (39,54%), sulfato de potássio - K_2SO_4 (24,87%) e K-estruvita - $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8,59%). O grau de qualidade do refinamento (χ^2) foi de 1,15 com resíduos $R_p = 4,50$ e $R_{WP} = 1,95$.

O grupo espacial identificado para o carbonato ácido de potássio (KHCO_3) foi o monoclinico $C/2m$. Os grupos espaciais identificados para o sulfato de potássio (K_2SO_4) foram o ortorrômbico $Pmcn$ (α - K_2SO_4) e o $Pman$ (β - K_2SO_4). A K-estruvita (MgKPO_4 hexahidratado) das cinzas é um composto fosfatado análogo a estruvita ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

A fração insolúvel foi de aproximadamente 27%. Como as fases cristalinas determinadas por XRD são solúveis, os compostos insolúveis são as fases amorfas da CBPC.

A análise da composição mostrou que a solução de 0,5 mg de CPBC por 1 mL de NaCl 0,15 mol/L (concentração utilizada no ensaio de atividade antifúngica) deve corresponder a aproximadamente 0,20 mg de KHCO_3 , 0,12 mg de K_2SO_4 e 0,04 mg de $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

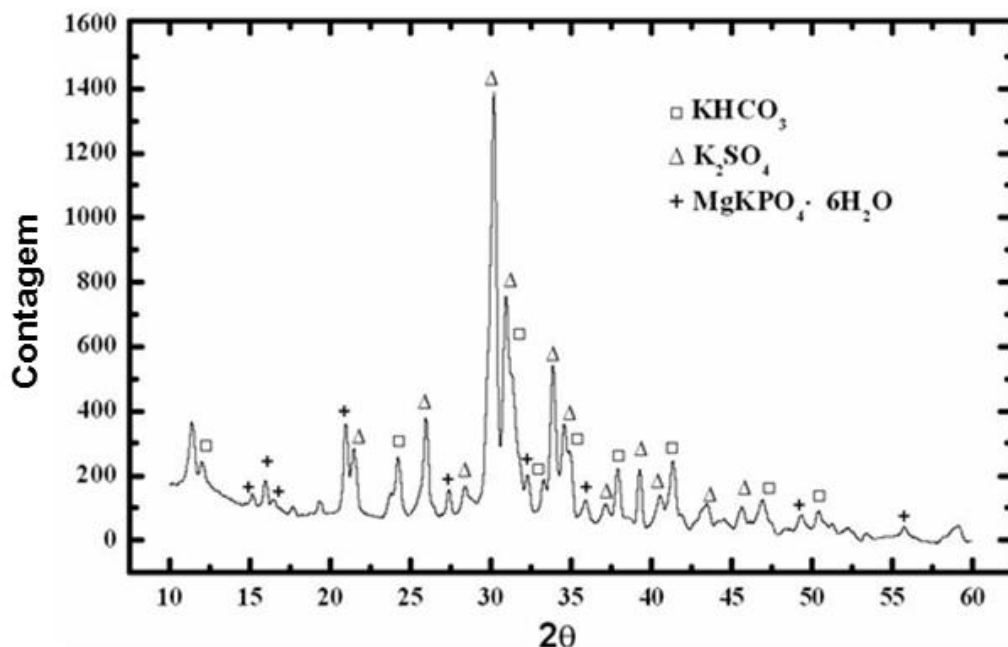


Figura 10. Difratograma de raios-X das cinzas do bagaço do pedúnculo de caju (CBPC), mostrando suas fases cristalinas.

A análise da composição do pó da CBPC indicou a presença das principais fases cristalinas relatado por Santos et al. (2007), mas em diferentes concentrações. Não foi detectada a presença de $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$ e $NaAl(HPO_4)_2$, como no estudo de Santos e colaboradores (2007). Essas diferenças podem ser associadas com variações na composição do pedúnculo e no processo de preparação das cinzas (do tamanho das partículas após a moagem, aquecimento / arrefecimento e taxa de concentração de oxigênio na queima, etc.). Novos experimentos devem ser realizados para avaliar a influência destes fatores na composição das cinzas.

O carbonato ácido de potássio ($KHCO_3$) é um sólido cristalino sintético, produzido pela reação química do carbonato de potássio e dióxido de carbono através de eletrólise. O sulfato de potássio (K_2SO_4) tem um maior custo de produção em relação ao KCl, um outro composto largamente utilizado para produção de fertilizantes K (FAO, 1984). O uso da K-estruvita ($MgKPO_4 \cdot 6H_2O$) é limitado devido aos custos de sua produção. Assim, a obtenção destes compostos utilizando processos de baixo custo (queima) e os subprodutos da agroindústria do caju (bagaço) pode ser uma alternativa economicamente viável para a utilização desses resíduos.

Ensaio de Atividade Fungicida

A atividade antifúngica (percentual de inibição de crescimento) foi avaliada pela diminuição da zona de crescimento (DZC), em comparação com a solução de $NaCl$ $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$ (controle negativo), como mostrado na figura 11:

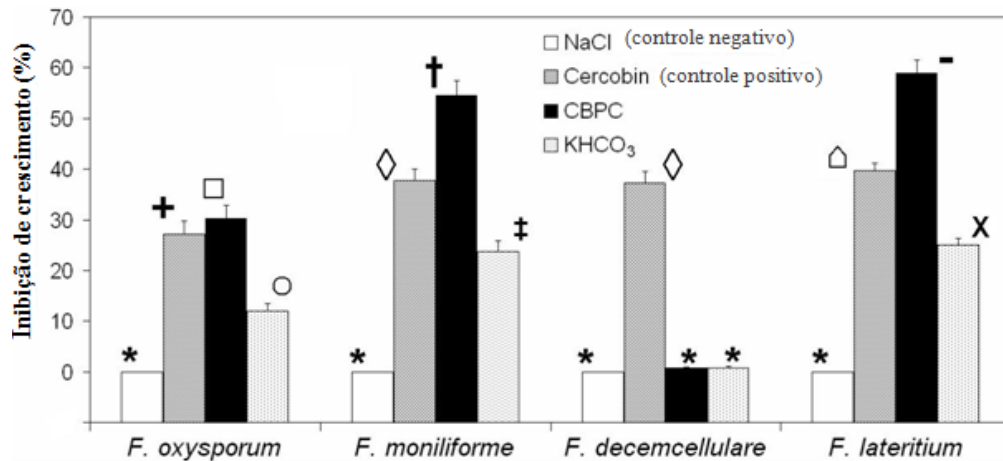


Figura 11. Percentual de inibição de crescimento (média \pm DP) para o ensaio da atividade antifúngica contra *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. decemcellulare* e *F. lateritium*. Diferentes símbolos acima das barras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as médias ($P < 0,01$).

A solução de Cercobin® (controle positivo) inibiu o crescimento (diminuição da DZC) de todas as espécies de *Fusarium* estudadas ($P < 0,01$). A solução da CPBC teve uma ação antifúngica estatisticamente significativa ($P < 0,01$) contra as espécies *F. oxysporum* (Fig.12a), *F. moniliforme* (Fig.12b) e *F. lateritium* (Fig.12c), quando comparado ao controle negativo. CPBC mostraram uma diminuição da zona de crescimento maior que a solução de Cercobin® ($P < 0,01$).

A solução de KHCO₃ também apresentou atividade antifúngica ($P < 0,01$) contra *F. oxysporum*, *F. moniliforme* e *F. lateritium*. A zona de inibição de crescimento da solução de KHCO₃ foi menor que a das soluções de Cercobin® e CBPC ($P < 0,01$). As soluções de CBPC e KHCO₃ não apresentaram diferenças estatisticamente significativas na inibição do crescimento médio ($P > 0,01$) do *F. decemcellulare* em relação ao controle negativo, que não demonstrou atividade antifúngica contra essa espécie. Dessa forma, eles não têm efeito antifúngico sobre esta espécie de *Fusarium*.

O tiofanato metílico (ingrediente ativo do Cercobin®) é um agente antifúngico sistêmico forte (tóxico), relatado por ser eficiente no controle de espécies de *Fusarium* (SIMONE & CHESE, 1989; ZIDAN *et al.*, 2000). Os resultados dos experimentos confirmaram sua ação fungicida em todas as espécies de *Fusarium* estudadas (inibição do crescimento acima de 25%).

Algumas substâncias presentes na CBPC, como K₂SO₄ e MgKPO₄ · 6H₂O não são referidas como antifúngicas. A atividade antifúngica da solução da CBPC foi atribuída principalmente ao carbonato ácido de potássio (KHCO₃). O carbonato ácido (HCO₃⁻) tem sido apontado como a provável causa da inibição do crescimento micelial dos fungos. O carbonato

faz o colapso das paredes de hifas e a retração dos conídios. O efeito antifúngico do KHCO_3 é explicado por alguns fatores como: seu pH elevado inibe as enzimas que são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento dos fungos; afeta a fisiologia normal das células e leva o micélio a murchar e desidratar. A diferença na intensidade da atividade antifúngica entre as soluções de CBPC e KHCO_3 deve ser investigada. O aumento do pH também desempenha um papel significativo na atividade antifúngica (DELIOPOULOS, *et al.*, 2010). Uma possível ação conjunta do K_2SO_4 e $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ também pode ser relacionado a esta atividade. Mais estudos envolvendo a utilização de diferentes concentrações de CBPC, KHCO_3 , K_2SO_4 e $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (separadamente e em conjunto), as medidas de pH e análise microscópica do fungo (eletrônica de varredura e de força atômica) devem ser realizados para explicar esse efeito.

Distorção das folhas cloróticas (DFC) é uma desordem incomum da batata-doce causada por *F. lateritium* (HYUN E CLARK, 1998). Portanto, a CBPC pode ser um agente antifúngico não tóxico de grande importância econômica no controle de fitopatologias e na micotoxicidade causada pelas espécies do *Fusarium*.

CONCLUSÃO

A análise das cinzas indicou uma cristalinidade de 73% com as fases solúveis: carbonato ácido de potássio – KHCO_3 (39,54%), sulfato de potássio – K_2SO_4 (24,87%) e K-estruvita – $\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8,59%). As fases amorfas (27%) foram identificadas como a fração insolúvel das cinzas.

A solução desse resíduo (CBPC) apresentou atividade antifúngica maior que o tiofanato-metílico (Cercobin®) contra *F. oxysporum*, *F. moniliforme* e *F. lateritium*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA M. F.; BARBOSA FILHO, J. M. 2007. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Rev. Bras. Farmacognosia**, 17: 114-140.

AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. 2000. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 546 p.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. 2009. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Rev. Bras. Eng. Ambiental**, v. 13, 1: 81-87.

ARAÚJO, E. T.; MELO, W. C.; GUERREIRO, M. C.; BARBIÉRI, R. S.; ABREU, C. M. P. 2004. Efeito biocida de mandelatos organoestênicos sobre *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 28, 1: 34-41.

ARMSTRONG, G. M. & ARMSTRONG, J. K. 1981. Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt diseases. In: NELSON, P.E., TOUSSOUN, T.A. & COOK, R.J. (Ed.). *Fusarium: diseases, biology, and taxonomy*. Pennsylvania: Pennsylvania State University Press. p. 391–399.

ARRUDA, F. V. S. **Atividade de Lectinas de leguminosas sobre a Germinação de Esporos de Fungos Fitopatogênicos**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará, 2009.

ARSLAN, U., ILHAN, K. & KARABULUT, O.A. 2006. Evaluation of food additives and lowtoxicity compounds for the control of bean rust and wheat leaf rust. **J. Phytopathol.**154: 534-541.

BARBOSA FILHO, J. M.; MEDEIROS, K. C. P.; DINIZ, M. F. F. M.; BATISTA, L. M.; ATHAYDE FILHO, P. F.; SILVA, M. S.; CUNHA, E. V. L.; ALMEIDA, J. R. G.; QUINTANS JUNIOR, L. J. 2005. Natural products inhibitors of the enzyme acetylcholinesterase. **Rev. Bras. Farmacognosia**, 16: 258-285.

BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. V. 1998. Cajueiro Anão Precoce – Melhoramento genético: estratégias e perspectivas. **Revista de Biotecnologia**, 6: 18-21.

BASHAN, L. E. & BASHAN, Y. 2004. 2004. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). **Water Research**, 38: 4222-4246.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Brasília, DF.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São paulo: Humanistas, 1998.

CHAVES, M. H.; CITÓ, A. M. G.; LOPES, J. A. D.; COSTA, D. A.; OLIVEIRA, C. A.; COSTA, A. F.; BRITO JÚNIOR, F. E. M. 2010. Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale L.*, *Anacardiaceae*. **Rev. Brasverarmacognosia**, 20(1): 106-112.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª edição, Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CORRÊA, S. **Anuário brasileiro de fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2008. 136p.

COUTO, S. R. M.; DERIVI, S. C. N. Utilização tecnológica de subprodutos da indústria de vegetais. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 124, n. 18, p. 12-22, 2004.

CUNICO, M. M, CARVALHO, J. L. S., SILVA, V. C., MONTRUCCHIO, D. P., KERBER V.A., GRIGOLETTI J. A., AUER, C. G., MIGUEL, M. D. & MIGUEL, O. G. 2004. Avaliação antifúngica de extratos obtidos de *Ottonia martiana* Miq. (Piperaceae) sobre três fitopatógenos. **Arq. Inst. Biol.**, 71: 141-143.

DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. 1995. *Rev. de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, 3:88-93.

DELIOPOULOS, T., KETTLEWELL, P. S & MARTIN, C. H. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**, 29: 1059-1075.

FALCÃO, H. S.; LIMA, I. O.; SANTOS, V. L.; DANTAS, H. F.; DINIZ, M. F. F. M.; BARBOSA FILHO, J. M.; BATISTA, L. M. 2005. Review of the plants with anti-inflammatory activity studied in Brazil. **Rev. Bras. Farmacognosia**, 15: 381-391.

FIGUEIREDO JUNIOR, H. S. 2008. Desafios para a cajucultura no Brasil: análise de competitividade e recomendações para o setor. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, 39(3): 371-394.

GODOY, P. & COLOMBO, A. L. 2004. Biologia e Relevância Clínica das Espécies do Gênero *Fusarium* spp. **Prática Hospitalar** 34: 136-140.

HANG, Y. D. & WOODAMS, E. E. 2003. Control of *Fusarium oxysporum* by baking soda. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 36: 803-805.

HAYAKAWA, K., TANAKA, K., NAKAMURA, T., ENDO, S. & HOSHINO, T. 1997. Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.): Properties of starch gelatinization and retrogradation. **Cereal Chem.**, 74: 576-580.

HOWARD, D. H. 2003. **Pathogenic Fungi in Humans and Animals**. 2nd ed. London: Marcel Dekker. 800 p.

HYUN, J. & CLARK, C. A., 1998. Analysis of *Fusarium lateritium* using RAPD and rDNA RFLP techniques. **Mycological Research**, 102: 1259-1264.

IBGE, Produção da Extração Vegetal e Silvicultura. Rio de Janeiro, 2010.

KARABULUT, O.A., ARSLAN, U., ILHAN, K. & YAGDI, K. 2006. The effect of sodium bicarbonate alone or in combination with a reduced rate of mancozeb on the control of leaf rust *Puccinia triticina* in wheat. **Can. J. Plant Pathol.** 28: 484-488.

KOKKONEN, M., OJALA, L., PARIKKA, P. & JESTOI, M. 2010. Mycotoxin production of selected *Fusarium* species at different culture conditions. **Int. J. Food Microbiol.** 143: 17–25.

LESLIE, J. F. & SUMMERELL, B.A. 2006. **The Fusarium Laboratory Manual.** Iowa: Blackwell Professional. 388 p.

LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, 1: 133-144. 2004.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento do lixo.** 2ª.ed. São Paulo: Editora Hemus. 1991. 240 p.

LUCCA, A. J. D. 2007. Harmful fungi in both Agriculture and Medicine. **Rev. Iberoam. Micol.** 24: 3-13.

MAIORANO, A., REYNERI, A., SACCO, D. MAGNI, A. & RAMPONI C. 2009. A dynamic risk assessment model (FUMAGrain) of fumonisin synthesis by *Fusarium verticillioides* in maize grain in Italy. **Crop Protection** 28: 243-256.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; MAGALHÃES, M. M. A. 2005. Use of fibrous obtained from the cashew (*Anacardium occidentale L.*) and guava (*Psidium guayava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 48: 143-150.

MAZETO, S. E.; LOMONACO, D. 2009. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, 32(3): 732-741.

McGRATH, M. T. 2009. Fungicides and other Chemical approach for use in plant disease control. **Encyclopedia of Microbiology**: 412-421.

MELO, A. F. M.; SANTOS, E. J. V.; SOUZA, L. F. C.; CARVALHO, A. A. T.; PEREIRA, M. S. V.; HIGINO, J.S. 2006. Atividade antimicrobiana *in vitro* do extrato de *Anacardium occidentale* L. sobre espécies de *Streptococcus*. Rev. Bras. Farmacognosia, 16(2): 202-205.

MURRAY, P. R.; ROSENTAL, K. S.; PFAÜER, M. A. **Microbiologia Médica**. Espanha, 2007. Editora Selvier, 5ª edição espanhol, 963 p.

NIGRO, F., SCHENA, L., LIGORIO, A., PENTIMONE, I., IPPOLITO, A. & SALERNO, M.G. 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. **Postharvest Biol. Technol.** 42: 142-149.

OLIVEIRA, L. G. L. & IPIRANGA, A. S. R. 2009. A Inovação Sustentável e a Dinamização do Sistema Local do Agronegócio do Caju Cearense. **CONTEXTUS Rev. Contemporânea de Economie e Gestão**, vol. 7: 55-68.

OLIVEIRA, V. H. D.; ANDRADE, A. P. S. Produção integrada de caju. Abrindo portas para a qualidade. Disponível em <<http://www.cnpat.embrapa.br/pif/artigos/agroanalyse/index.html>>. Acesso em: 05 mar, 2011.

ORTONEDA, M, CAPILLA, J., PASTOR, F. J., PUJOL , I. & GUARRO, J. 2004. In vitro interactions of licensed and novel antifungal drugs against *Fusarium* spp. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease** 48: 69–71.

PACHÓN, J., CISNEROS, J. M., ROMACHO, A. R. C., CABEZAS, J. M. L., NARANJO, F. L. L., RUIZ, J. J. P. & ROMÁN, A. R. 2006. Tratamiento de las infecciones fúngicas invasoras. **Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.** 24: 254-263.

PINHO, L.X. **Aproveitamento do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) para alimentação humana**, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, 2009.

PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; SILVA, F. L. H.; SANTOS, S. F. M.; MACEDO, G. R. 2006. Fermentação em estado sólido: uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais. **Rev. Química Industrial**, v.74, 724: 17-20.

POTASSIUM BICARBONATE HANDBOOK, 2004. Princeton: Armand Products Company. 9 p.

RAABE, R. D., CONNERS, I. L. & MARTINEZ, A. P. 1981. Checklist of plant diseases in Hawaii: including records of microorganisms, principally fungi, found in the state. **CTAHR Information Text Series**, 22.

ROJAS, T. & RONDON, A. J. 1995. In vitro chemical control of *Fusarium decemcellulare* brick isolated from mango. **Agronomia Tropical** ,45: 417-428.

ROSSMAN, A. Y. The Impact of invasive fungi on agricultural ecosystems in the United States. 2009. **Biol. Invasions**, 11: 97-107.

SANTOS, R. P. **Aproveitamento de Resíduos e Microscopia de Força Atômica em Materiais Biológicos**. Tese (Doutorado em Física). Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, 2007.

SANTOS, RICARDO P., SANTIAGO, A. A. X., GADELHA, C. A. A., CAJAZEIRAS, J. B., CAVADA, B. S., MARTINS, J. L., OLIVEIRA, T. M., BEZERRA, G. A., SANTOS, R. P. & FREIRE, V. N. 2007. Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ashes. **Journal of Food Engineering** , 79: 1432–1437.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Estudo Setorial Cajucultura. Ceará, 2005.

SILVA, A. C.; LIMA, S. A.; LEITE, R. C. V.; PAULA, F. S.; SOARES, R. N.; LIMA, L. C. Utilização do resíduo da castanha do caju na confecção de tijolos de terra crua (adobe): alternativas para redução do custo final de moradias de interesse social no Brasil. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, Universidade de São Paulo, mar. 2005.

SILVA, J. G.; SOUZA, I. A.; HIGINO, J. S.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. P.; PEREIRA, J. V.; PEREIRA, M. S. V. 2007. Atividade antimicrobiana do extrato de *Anacardium occidentale* Linn. em amostras multiresistentes de *Staphylococcus aureus*. **Rev. Bras. Farmacognosia**, 17(4): 572-577.

SIMONE, G.W. & CHASE, A.R. 1989. Disease control pesticides for foliage production. **Foliage Digest**, 12 : 1-8.

TINOCO, M. L. P. **Silenciamento trans-específico *in vivo* entre fumo e o fungo fitopatogênico *Fusarium verticillioides***. Tese (Doutorado em Biologia Molecular). Departamento de Biologia Molecular, Universidade de Brasília, 2010.

TRIOLA, M. F. 2008. **Elementary Statistical**. England: Addison Wesley Longman. 896p.

ZIDAN, Z. H., EL-SAWY, M., FRANCIS, R. R., ABDEL-MEGEED, M. I., AFIFI, A. A., EL-BOROLLOS, M. A., HOSNI, A. M., MOHAMED, K. A. & EL-NASER, Z. A. 2000. Effect of organic manure and microorganisms on the performance and degradation of certain fungicides in soil. **Annals of Agricultural Science**, 4 : 1647-1674.

<http://www.cajucultura.com>. Acesso em fevereiro 2011.

http://www.sfiac.org.br/sesi/v2/dest_17072007_1.asp. Acesso em março 2011.

<http://www.splabor.com.br/blog/equipamentos-para-laboaratorio/forno-mufla>. Acesso em março 2011.

ANEXO