



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
COORDENAÇÃO GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS**

Lúcia Paula Martins Prado de Macêdo

**VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO
A PARTIR DE RESÍDUOS ALTERNATIVOS**

Recife
2012

Lúcia Paula Martins Prado de Macêdo

**VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO
A PARTIR DE RESÍDUOS ALTERNATIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Desenvolvimento de Processos
Ambientais da Universidade Católica de
Pernambuco, como pré-requisito para obtenção
do título de **Mestre em Desenvolvimento de
Processos Ambientais.**

Área de concentração: Desenvolvimento de
Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio
Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Arminda Saconi Messias

Recife
2012

Macêdo, Lúcia Paula Martins Prado de

Viabilidade da produção de carvão ativado a partir de resíduos alternativos. Lúcia Paula Martins Prado de Macêdo; orientadora Arminda Saconi Messias, 2012.

92 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2012.

1. Resíduos sólidos. 2. Carvão. 3. Estatística.

CDU

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Arminda Saconi Messias - Orientadora
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, Recife-PE

Prof. Dr. Emanuel Sampaio da Silva
UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA, Recife-PE

Profa. Dra. Kaoru Okada
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, Recife-PE

Coordenadora do Programa: Prof^a. Dra. Alexandra Amorim Salgueiro

DEDICATÓRIA

A Deus e aos meus pais, que sempre me apoiaram e
incentivaram meus caminhos e escolhas.
Ao meu esposo, sempre presente e muito companheiro.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importam quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estivermos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”.

Dalai Lama

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes”.

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu querido Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos, saúde e proteção.

À minha família, pais, irmãos e cunhadas, pela confiança, apoio e companheirismo em todas as etapas, que de certa forma entendeu os momentos de ausência devido aos compromissos com o mestrado.

Ao meu esposo Gustavo, pelo amor, apoio e pelas idéias que trocamos.

A professora Arminda Saconi, pela oportunidade, orientação, apoio, incentivo e confiança.

À Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), aos funcionários da secretaria Nelma, Niceas e Josineide, que sempre fizeram mais que seus papéis, aos funcionários do laboratório bloco D, 8° andar, Chicó, Chico, Prof. Sérgio e Dilma, que sempre gentilmente me auxiliaram na execução dos experimentos.

Aos meus colegas e professores, pelo tempo que passamos juntos, experiências vividas, e pela força mútua trocada durante todo o mestrado.

À aluna do curso de engenharia ambiental e bolsista de iniciação científica CNPq Vanessa Lima pelos momentos de convivência e pela troca de experiências que me proporcionou um imenso aprendizado e pela amizade estimada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	XII
RESUMO.....	13
ABSTRACT	26
CAPITULO 1.....	15
1.1. Introdução.....	15
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo geral.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Revisão de Literatura	18
1.3.1. Resíduos sólidos.....	18
1.3.2. Classificação dos resíduos sólidos.....	19
1.3.3. Situação dos resíduos sólidos.....	21
1.4. Situação da fruticultura no Brasil.....	22
1.4.1. Coco	24
1.4.1.1 Panorama da cultura do coco	25
1.4.2. Banana (<i>Musa</i> sp.).....	29
1.4.3. Laranja (<i>Citrus x sinensis</i>).....	31
1.4.4. Caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	31
1.4.5. Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC)	32
1.5. Carvão ativado.....	33
1.5.1 Aplicações do carvão ativado.....	34
1.5.2. Porosidade.....	36
1.5.3. Processo de produção de carvão.....	38
1.5.4. Processos de ativação	38
1.5.5. Adsorção.....	40
REFERÊNCIAS	43
CAPITULO 2.....	49
Resumo	49
Abstract	50
Introdução.....	50
Material e Métodos	50
Resultados e Discussão	54
Conclusões.....	60

Referências	60
CAPITULO 3.....	69
Resumo	70
Abstract	71
Introdução.....	71
Material e Métodos	72
Resultados e Discussão	73
Conclusões.....	75
Referências	76
CONCLUSÕES GERAIS	80
ANEXO-A	81

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Corte longitudinal do coco..... 25
- Figura 2. Área plantada e produção de coco no Brasil de 1990 a 2009..... 28

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja.....64
- Figura 2. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de acerola.....64
- Figura 3. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de banana.....65
- Figura 4 Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de caju..... 65
- Figura 5. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja.....66
- Figura 6. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de acerola 66
- Figura 7. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de banana.....67
- Figura 8. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de caju.....67
- Figura 9. Teor de cinzas (em percentual) versus umidade (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduo de laranja.....68
- Figura 10. Teor de cinzas (em percentual) versus umidade (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduo de acerola.....68

CAPÍTULO 3

- Figura 1. Porcentagem média do material volátil *versus* relação coco/resíduo.....78
- Figura 2. Porcentagem média do carbono fixo *versus* relação coco/resíduo.....78
- Figura 3. Poder calorífico da mistura de fibra-de-coco com todos os rejeitos.....79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos Resíduos no Brasil em 1989/2000/2008.....	21
Tabela 2. Coleta e geração de resíduos sólidos urbanos - RSU no estado de Pernambuco em 2010.....	22
Tabela 3. Área produtora das principais frutas no Brasil, de acordo com o clima	23
Tabela 4. Produção brasileira de frutas por território ocupado, em hectares e toneladas, em 2010	24
Tabela 5. Principais países produtores de coco no mundo e estimativa de produção em milhares de toneladas entre 2001 e 2010.....	26
Tabela 6. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco na América do Sul, em 2010	27
Tabela 7. Área plantada com coqueiro e produção de coco nas regiões do Brasil, em 2010.....	29
Tabela 8. Classificação de poros segundo a IUPAC.....	37
Tabela 9. Análise comparativa das propriedades de alguns adsorventes comerciais .	40

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Alguns atributos químicos dos resíduos utilizados..	63
Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento com as respectivas legendas..	63

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM: American Society for Testing and Materials

Ca: Cálcio

CA: Carvão Ativado

CAG: Carvão Ativado Granular

CAP: Carvão Ativado em Pó

CH₄: Metano

CO: Monóxido de Carbono

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente

CO₂: Dióxido de Carbono

H: Hidrogênio

H₂O: Água

H₂SO₄: Ácido Sulfúrico

H₃PO₄: Ácido Fosfórico

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAF: Instituto Brasileiro de Frutas

IUPAC: União Internacional de Química Pura e Aplicada

K: Potássio

Mg: Magnésio

N: Nitrogênio

Na: Sódio

PNAD: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

ZnCl₂: Cloreto de Zinco

RESUMO

As fibras-de-coco (*Cocos nucifera*) quando destinadas em aterros sob condições anaeróbias, provocam a emissão de metano, um dos mais importantes gases de efeito estufa. Neste trabalho, são propostos usos das fibras-de-coco misturadas em diferentes relações com resíduos alternativos, com o objetivo de mitigar os impactos provocados pelos resíduos, possibilitando a produção de carvão ativado. Como alternativa, fez-se a proposição de se utilizar a relação coco/resíduo igual a 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, coletando-se os resíduos de laranja, banana, caju e acerola (bagaço e cascas) nos locais apropriados. Para análise imediata foram determinados os teores de cinzas (a 600 °C) e umidade (a 105 °C) segundo a norma ASTM D-1762/64, os teores de material volátil (a cinza em mufla a 950 °C) e de carbono fixo, segundo a norma ASTM D-1762/64, e o poder calorífico, segundo a norma ABNT-NBR 8633/84, dos diversos tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística onde foi possível elaborar gráficos que demonstrassem a relação entre as determinações realizadas, indicando a mistura da fibra-de-coco com acerola e com banana a mais promissora.

ABSTRACT

The coconut fibers (*Cocos nucifera*) when intended in landfills under anaerobic conditions, cause the emission of methane, one of the most important greenhouse gas. In this work, is proposed the use of coconut fiber mixed in different ratios with alternative waste in order to mitigate the impacts caused by waste, enabling the production of new products. As an alternative, it was proposed to do the relationship coconut / residue equal to 100/0, 75/25 50/50 25/75 and 0/100 by collecting the waste orange, banana, and cashew acerola (pulp and peel) in the appropriate places. For immediate analysis were determined the ash content (600 °C) and humidity (105 °C) ASTM D-1762/64, the levels of volatile material (ash in a muffle furnace at 950 °C) and fixed carbon, ASTM D-1762/64, and calorific power, according to ABNT-NBR 8633/84, the various treatments. The data were submitted to statistical analyzes where it was possible to draw graphs that demonstrate the relationship among the measurements performed, indicating the mixture of coconut fiber with cherry and banana the most promising.

CAPITULO 1

1.1. Introdução

A questão dos resíduos sólidos é um dos problemas ambientais urbanos prioritários do início do século XXI. Com uma população mundial atual que supera a cifra de 7 bilhões de habitantes, pela primeira vez na história mais da metade dessa população está vivendo em cidade; até 2030 a população urbana deverá chegar a cinco bilhões, 60 % da população mundial (UNFPA, 2007; PINHEIRO, 2011).

Nas últimas décadas, os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido ao desmedido crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial (STRAUCH, 2008; GREEN PEACE, 2011).

O Relatório sobre a Situação da População Mundial de 2011 revela que há no mundo sete bilhões de habitantes; ainda se prevê uma população global de 9,3 bilhões em 2050, isto num período de 39 anos. Aliado a esse crescimento urbano nunca antes experimentado de escala e velocidade, encontram-se os graves problemas atuais com os quais a grande maioria dessas cidades convive: pobreza, criminalidade, crescimento das favelas e falta de saneamento ambiental (UNFPA, 2011).

Paradoxalmente, nesses países, o problema dos resíduos se acentua não somente pelo crescimento urbano, mas também pela forma ambientalmente desordenada em que se processa a ocupação do uso do solo, à falta de controle ambiental e a menor disponibilidade de recursos para implementação de ações de intervenção. Nesse cenário, o Brasil é um desses protagonistas (UNFPA, 2007; WORLDWATCH INSTITUTE, 2010).

A questão dos resíduos sólidos tem origem nos padrões de produção e consumo e na forma de reprodução do capital. Como reflexo, os bens e produtos são passíveis de um consumo exagerado, rapidamente incorporado aos hábitos da sociedade, programados com vida reduzida (COOPER, 2010) e apresentam composição cada vez mais problemática em termos ambientais.

O consumo excessivo dos recursos naturais terra e a elevada quantidade de resíduos produzidos pela evolução da tecnologia desenvolvida pelo homem vêm provocando danos irreparáveis ao ambiente (AMUDA et al., 2007; DIAS, 2010; WORLDWATCH INSTITUTE, 2010).

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura destes resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos tem

aumentado ante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (JACOBI & BESEN, 2011).

O uso crescente de materiais renováveis é uma realidade e envolve inovação tecnológica no uso alternativo de recursos naturais, sobretudo das fibras naturais (fibra de coco, sisal e outros) e dos restos de frutas tropicais do Brasil que tem abundância de matéria-prima (SANTIAGO, 2005; MARTINS, 2011).

Sendo o Brasil um dos países que mais produz resíduos agroindustriais, como os resíduos de frutas pelas indústrias de polpas, o que tem contribuído para o aumento da produção do lixo orgânico, percebe-se, como consequência, graves problemas ambientais (ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, 2010).

O desenvolvimento de uma proposta voltada à produção de carvão ativado como adsorvente é interessante porque a produção no país mostra-se insuficiente frente às suas reais necessidades tendo-se que importar o produto. E, também, porque apresenta um enorme mercado consumidor, sendo utilizado de forma eficiente em termos ambientais em muitos processos de descontaminação, devido à sua alta capacidade de adsorção, abrangendo desde as empresas de abastecimento de água potável à população, empresas de fármacos até as de transporte de gases, entre outras, com inúmeras formas de utilização (BORGES et al., 2003; MARTELLI, 2010).

A utilização de carvão ativado em vários processos tecnológicos contribui positivamente com a preservação do ambiente através do controle do aquecimento global provocado pelo efeito estufa, pois o carvão pode atuar na adsorção de resíduos químicos e dos gases provenientes de setores energéticos, transportes, industriais e agricultura. O carvão ativado é considerado uma das tecnologias mais acessíveis para o controle ambiental, pois se busca minimizar a relação custo/benefício de um processo que empregue este material a partir de matérias-primas de baixo custo (MEDEIROS, 2005; FERNANDES, 2010).

Diante desse contexto, o tema desta dissertação é bastante pertinente, pois, irá contribuir para a preservação do ambiente à medida que avalia o potencial de aproveitamento de resíduos que ocupam grandes áreas nos aterros sanitários e lixões.

Portanto, a produção de carvão ativado (CA) apresenta-se como uma alternativa para a utilização de resíduos do coco, caju, laranja, acerola e banana.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Viabilizar a produção de carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais, visando utilizá-lo no sequestro de poluentes, constituindo-se num importante passivo ambiental, estimulando o uso de fontes alternativas para a produção de carvão, contribuindo para a melhoria de qualidade de vida, principalmente socioeconômica e priorizando a preservação ambiental.

1.2.2. Objetivos específicos

- Planejar e otimizar experimentos para a seleção de resíduos sólidos.
- Caracterizar físico-quimicamente as amostras de resíduos sólidos.
- Avaliar o potencial da mistura de resíduos como matéria-prima para produção de carvão ativado.
- Identificar a mistura adequada de resíduos, que proporcione maior produtividade para a produção de carvão ativado.
- Apresentar um referencial teórico/prático sobre a utilização de resíduos na produção de carvão ativado.

1.3. Revisão de Literatura

1.3.1. Resíduos sólidos

Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição segundo a NBR-10.004 (ABNT, 2004).

Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis os seus lançamentos na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

De acordo com a Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são definidos como resíduos sólidos: "material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semi-sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água".

De acordo com Novaes (2011), vive-se numa sociedade consumista e que gera muito lixo, sendo que apenas 11 % desse lixo vão para destinos adequados. Vale ressaltar que nestes números não estão incluídos o lixo industrial, hospitalar, rural e tecnológico.

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos causam impactos socioambientais, tais como degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar e proliferação de vetores de importância sanitária nos centros urbanos e catação em condições insalubres nas ruas e nas áreas de disposição final (BESEN et al., 2010).

No aspecto destinação final, os dados da ABRELPE (2010) mostram que dos 5.565 municípios brasileiros, 57,6 % destinam os resíduos em aterros sanitários, 24,3 % vão para aterros controlados e 18,1 % para lixões, revelando assim um quadro bastante crítico com os conhecidos impactos no ambiente e na saúde pública, gerados pela disposição indiscriminada de resíduos sólidos.

1.3.2. Classificação dos resíduos sólidos

A norma NBR 10.004 definiu as classes de resíduos sólidos, de acordo com sua periculosidade e suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade. Essa classificação está baseada na análise do lixiviado (NBR 10005), do solubilizado (NBR 10006) e nas amostras de resíduos coletadas (NBR 10007), segundo a ABNT (2004) e se divide em:

- **Classe I** – Perigosos. São os resíduos que requerem a maior atenção por parte do administrador, uma vez que os acidentes mais graves e de maior impacto ambiental são causados por esta classe de resíduos. Estes resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, tratados em alta temperatura (incinerados), ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos (Ex: pilhas, baterias de celulares, termômetros, lâmpadas fluorescentes, restos de tintas e vernizes, aerossóis em geral etc.).
- **Classe II-A** - Não inertes. Podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados; entretanto, devem ser observados os componentes destes resíduos (materiais orgânicos, papéis, vidros e metais), a fim de que seja avaliado o potencial de reciclagem (Ex: lamas de estação de tratamento de água, de tratamento de esgoto, cinzas de queimas etc.).
- **Classe II-B** – Inertes. Podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados (Ex: rochas, tijolos, vidros, certos plásticos, borrachas etc.).

Levando-se em consideração o critério de origem ou natureza e produção (NBR 10.004 – ABNT, 2004), os resíduos sólidos urbanos podem ser classificados em cinco classes:

- **Lixo doméstico ou residencial:** origem domiciliar proveniente das atividades de população urbana, sabendo-se que a maior parcela dos resíduos gerados por tais ações são de origem orgânica, gerado por alimentos e vegetais em decomposição. Podem ser constituídos, também, de invólucros, papéis, papelões, plásticos, vidros, trapos etc.
- **Lixo comercial:** atividades do comércio, lojas, lanchonetes, restaurantes, escritórios, hotéis, bancos, empresas e eventos são contribuintes de maiores

parcelas da geração do volume total deste resíduo, e tal volume gerado em épocas de festas (carnaval, natal etc.) apresenta-se em maior quantidade.

- **Lixo público:** os resíduos de origem pública são os de atividades de limpeza de galerias e bocas de lobo, varrição, capinação e podaço de praças públicas, igrejas e vias terrestres.
- **Lixo domiciliar ou especial:** todo e qualquer resíduo resultante da fabricação de pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus, estando neste grupo o lixo resultante das construções (entulho). Em geral, esta classe de resíduo é responsável pela contaminação do solo, ar e recursos hídricos, devido à forma de coleta e disposição final que, na maioria dos centros urbanos, fica a cargo do próprio produtor.
- **Lixos de fontes especiais:** São resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Dentro da classe de resíduos de fontes especiais, merecem destaque: lixo industrial, lixo radioativo, lixo de portos, aeroportos e terminais rodoviários, lixo agrícola e resíduo de serviços de saúde (em geral, é dividido em dois tipos, segundo a forma e geração: a) resíduos comuns, compreendendo os restos de alimentos, papéis, invólucros etc.; b) resíduos especiais, que são os restos das salas de cirurgia e curativos e resíduos das áreas de internação e isolamento). Os resíduos em regime de produção passageira, como veículos abandonados, podas de jardins e praças, mobiliário, animais mortos, descargas clandestinas etc., em geral, as prefeituras e empresas de limpeza pública dispõem de um serviço de coleta para atender a tais casos.

As características quali-quantitativas dos resíduos sólidos podem variar em função de vários aspectos, como os sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si. Em relação aos aspectos biológicos, os resíduos orgânicos podem ser metabolizados por vários microrganismos decompositores, como fungos e bactérias, aeróbios e/ou anaeróbios, cujo desenvolvimento dependerá das condições ambientais existentes. Além desses microrganismos, os resíduos sólidos podem apresentar microrganismos patogênicos, como os resíduos contaminados por dejetos humanos

ou de animais domésticos, ou certos tipos de resíduos de serviços de saúde (CASTILHOS, 2003).

A estratégia do reaproveitamento engloba as ações de reutilização, reciclagem e recuperação, bem como as ações de tratamento e disposição final, que buscam assegurar características mais adequadas ao lançamento dos resíduos no ambiente (REVEILLEAU, 2008).

1.3.3. Situação dos resíduos sólidos

O IBGE (2010) identificou o destino final dos resíduos sólidos no Brasil nas últimas décadas, conforme a Tabela 1 a disposição final dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários tem aumentado ao longo dos últimos anos no país.

Enquanto no ano 2000, 17,3 % dos municípios utilizavam aterros sanitários para a destinação final, em 2008, passaram para 27,7 %. No entanto, cerca de metade dos 5.565 municípios brasileiros ainda dispõem em lixões, e o percentual de cidades que dispõem de aterros controlados permaneceu praticamente o mesmo de 2000 (22,3 %) a 2008 (22,5 %).

A crescente redução da disposição em lixões, verificada entre os anos 2000 e 2008, deve-se ao fato de as 13 maiores cidades, com população acima de um milhão de habitantes, coletarem mais de 35 % de todo o lixo urbano do país e terem seus locais de disposição final adequado (IBGE, 2010).

Tabela 1. Destino final dos resíduos sólidos no Brasil em 1989, 2000 e 2008

Ano	Destino Final dos Resíduos Sólidos (%)		
	Vazadouro a Céu Aberto (lixões)	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE (2010).

Os 1.794 municípios integrantes da região Nordeste do país totalizaram 50.045 toneladas de resíduos sólidos urbanos - RSU por dia, no ano de 2010, das quais, 38.118 toneladas/dia foram coletadas. Enquanto o índice de coleta per capita cresceu 3,9 % em comparação ao ano de 2009, a quantidade de resíduos domiciliares

coletados cresceu 6,1 %, o que indica um aumento real na abrangência destes serviços (TENÓRIO & SPINOSA, 2004; BRETON, 2007; ANDRADE, 2011).

Na região nordeste, os serviços de manejo dos resíduos sólidos registraram as maiores proporções de destinação desses resíduos nos lixões (89,3 %) e os destaques negativos couberam aos municípios dos estados do Piauí (97,8 %), Maranhão (96,3 %) e Alagoas (96,1 %) (IBGE 2010).

No tocante à geração de resíduos, a comparação entre os dados de 2010 e 2009 revela um crescimento de 2,8 % no índice per capita de geração de RSU na região Nordeste, que atingiu a marca de 1,289 kg por habitante por dia.

A comparação entre os dados relativos à destinação de resíduos nos anos de 2009 e 2010 resulta na verificação de um crescimento de cerca de 9,4 % na destinação final de RSU em aterros sanitários. No entanto, observa-se que cerca de 66 % dos resíduos coletados ainda são destinados de maneira inadequada, sendo encaminhados para lixões e aterros controlados que, do ponto de vista ambiental, não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteger o ambiente de contaminações (ABRELPE, 2010).

No ano de 2010, os municípios da região nordeste, em especial o estado de Pernambuco (Tabela 2), aplicaram por mês R\$ 3,19 por habitante para realizar os serviços de coleta de RSU e R\$ 6,22 por habitante por mês nos demais serviços de limpeza urbana, que incluem as despesas com destinação final do RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, que somados perfazem um total de R\$ 9,41 por habitante por mês para desempenho de todos os serviços relacionados com a limpeza urbana das cidades. A comparação entre os valores de 2009 e 2010 demonstram um incremento de 5,5 % no volume de recursos aplicados no setor de um ano para outro (ABRELPE, 2010).

Tabela 2. Coleta e geração de resíduos sólidos urbanos - RSU no estado de Pernambuco, em 2010

UF	População Urbana (hab)	RSU Coletado por Habitante (kg/hab/dia)	RSU Coletado (t/dia)	RSU Gerado (t/dia)
PE	7.049.868	0,962	6.779	8.314

Fonte: ABRELPE (2010), PNAD (2009) e IBGE (2010).

1.4. Situação da fruticultura no Brasil

A fruticultura brasileira oferece uma grande variedade de opções entre cores, formatos e sabores. A diversidade estende-se ao volume produzido e ao montante comercializado nos mercados interno e externo. A produção brasileira de frutas

apresentou crescimento em 2010. O Brasil produziu 2,41 % mais frutas em 2010 comparado a 2009: foram produzidas mais de 43 milhões de toneladas, a área plantada foi de 2,179 milhões de hectares, o que gerou uma receita de US\$ 20,6 bilhões, cuja receita é 16,47 % a mais que o arrecadado em 2009. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da Índia e da China, um total de 340 milhões de toneladas colhidas em todo o mundo anualmente. Contribui com 10 % da produção mundial, a laranja e a banana representando quase 60 % do volume de frutas produzidas no Brasil. A fruticultura brasileira gera quatro milhões de empregos diretos e representa 25 % do agronegócio (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2011).

Há produção de frutas em todas as regiões do Brasil, mas há certa especialização regional em função do clima (Tabela 3). Pela diversidade de climas e solos, o Brasil apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies que passam pelas frutas tropicais, subtropicais e temperadas. As regiões Nordeste e Norte têm maior importância na produção de frutas de clima tropical enquanto as regiões Sudeste e Sul destacam-se na produção de frutas de clima subtropical e temperado. A região Nordeste é a primeira na produção de banana, coco-da-baía, caju, cacau, mamão, manga, abacaxi, melão e maracujá (ALMEIDA, 2011).

Tabela 3. Área produtora das principais frutas no Brasil, de acordo com o clima

FRUTAS	ÁREA (ha)
Tropicais	1.034.708
Subtropicais	928.552
Temperadas	135.857
Total	2.099.117

Fonte: Almeida (2011).

O presidente do Instituto Brasileiro de Frutas – IBRAF, Sr. Moacyr Saraiva Fernandes, acredita que o resultado de 2010 deva se repetir em 2011, e até em 2012, com incremento na produção entre quatro e cinco por cento (Tabela 4). Um dos fatores da expansão está no aumento do consumo interno. “As frutas, junto com os vegetais, fazem parte do tripé da alimentação saudável, que inclui ainda produtos lácteos e carnes brancas”, observa Fernandes. O aumento do consumo de frutas “in natura” e de sucos naturais é uma tendência mundial que pode ser aproveitada pelo

Brasil como forma de incentivar o aumento da produção e a qualidade das frutas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2011).

Tabela 4. Produção brasileira de frutas por território ocupado, em hectares e toneladas, em 2010

Fruta	Hectares	Toneladas
Laranja	802.528	17.618.450
Banana	483.562	6.783.482
Coco	284.951	1.973.366
Melancia	94.871	2.056.309
Manga	74.416	1.197.694

Fonte: Anuário Brasileiro da Fruticultura (2011).

1.4.1. Coco

O coqueiro (*Cocos nucifera* Linnaeus, Arecaceae) é uma planta de origem asiática e de grande importância social nos trópicos, por fornecer óleo, gorduras, minerais e vitaminas essenciais e o fruto fresco. O óleo é largamente usado na indústria alimentícia como óleo de mesa e também na produção de margarina, glicerol, cosméticos, detergentes sintéticos, sabão, velas e fluidos para freio de avião (ARAGÃO, 1999; MARTINS et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011).

O coqueiro é uma monocotiledônea pertencente à família *Palmae*, originária do sudeste asiático e foi introduzida no Brasil em 1553 pelos portugueses. De acordo com Cambuim (2009) e Andrade et al. (2004) o seu fruto é uma drupa, o coco, formada por uma epiderme lisa esverdeada ou amarelada, o epicarpo. Sob o epicarpo está a camada de fibras, o mesocarpo ou casca, ficando mais no interior o endocarpo ou quenga, que é a camada pétrea e muito dura que envolve a parte comestível e a água de coco (Figura 1).

O coqueiro é uma das mais importantes frutíferas permanentes cultivadas no Brasil, sobretudo na região Nordeste, sendo responsável por 78 % da produção nacional de coco, proporcionando emprego e renda para mais de 220 mil produtores. Em 2009, a área colhida no país atingiu 280.835 ha (IBGE, 2010).

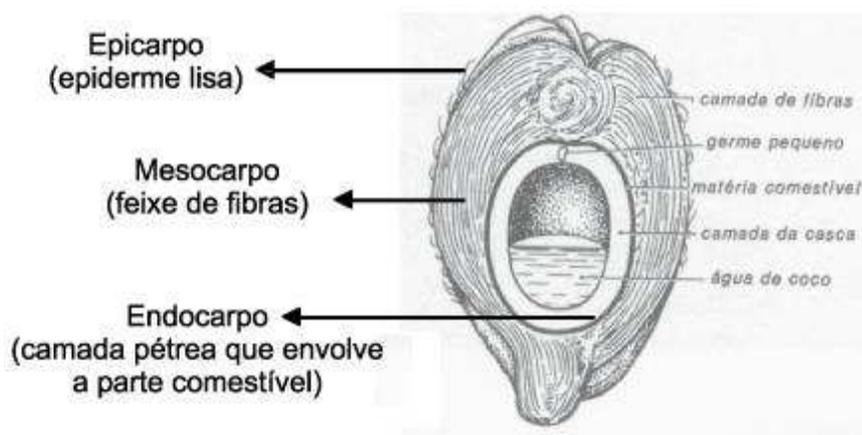


Figura 1. Corte longitudinal do coco

Fonte: Martins (2011).

A casca do coco é constituída por uma fração de fibras e outra denominada de pó. As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina, quando comparadas com outras fibras naturais (SILVA, 2006). Esse material apresenta baixa taxa de degradação, levando mais de oito anos para completa decomposição. Como a minimização da geração desse resíduo implicaria a redução da atividade produtiva associada, o seu aproveitamento torna-se uma necessidade (CARRIJO et al., 2002).

A cultura do coqueiro tem grande importância sócio-econômica nas regiões tropicais. Uma centena de produtos é obtida da industrialização de seu fruto, como copra (polpa seca do coco), óleo, leite de coco, farinha de coco, água de coco, fibra e ração. Seu cultivo permite o consórcio com outros cultivos anuais e perenes, propiciando mais uma fonte de renda para o produtor, além de ser uma cultura de longa vida produtiva (40 a 60 anos), cuja produção é distribuída durante todo o ano, gerando um sistema auto-sustentável de exploração (CUENCA, 1998; NUNES, 2007).

1.4.1.1 Panorama da cultura do coco

Cultura típica de clima tropical, o coqueiro vem sendo cultivado em cerca de 90 países. A área cultivada, com coqueiros no mundo, em 2010, foi cerca de 10,8 milhões de hectares com uma produção de 55 milhões de toneladas. O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com 1,99 bilhões de frutos, em uma área colhida, em 2010,

estimada em 276,8 mil hectares, sendo os cinco estados maiores produtores: Bahia, Pará, Ceará, Pernambuco e Espírito Santo. A produção de coco tem crescido de forma expressiva no Brasil (AGRIANUAL, 2010; IBGE, 2010).

No Brasil, o cultivo do coco se desenvolve principalmente ao longo do litoral, sendo encontrado em áreas desde o Estado do Pará até o Espírito Santo. As estatísticas atuais demonstram que o Brasil possui mais de 266 mil hectares implantados com a cultura, praticamente em quase todas as Unidades da Federação (IBGE, 2010).

A produção atual de coco gera 3,84 milhões de toneladas de resíduos, dos quais a casca representa em torno de 57 % do fruto. Um estudo da EMBRAPA (2007) indica que uma das principais aplicações para a casca do coco seca, transformado em briquetes, constitui-se também numa alternativa de carvão vegetal em substituição à lenha e com poder calorífico entre 3.000 a 4.000 kcal/kg. Dado o enorme volume de resíduos gerados por esta produção, detectam-se boas oportunidades de negócios, principalmente na região Nordeste pela elevada concentração da produção de coco.

A Tabela 5 apresenta os principais países produtores de coco no mundo e a estimativa de produção em milhares de toneladas entre 2001 e 2010.

Tabela 5. Principais países produtores de coco no mundo e estimativa de produção, em milhares de toneladas, entre 2001 e 2010

Principais Países Produtores de Coco no Mundo (1000t)					
País	2001	2002	2003	2004	2010
Indonésia	15.815	15.495	16.145	16.285	19.500
Índia	9.530	8.942	9.288	9.500	10.894
Brasil	2.131	2.892	2.978	2.947	2.759
Sri Lanka	2.104	1.818	1.947	1.950	2.210
México	1.100	1.065	1.015	959	1.246
Malásia	712	712	597	642	455

Fonte: Organização de Alimentos e de Agricultura das Nações Unidas - FAO (2011).

Como pode ser observada na Tabela 5, a Indonésia lidera como o país que mais produz coco no mundo, seguido da Índia e do Brasil.

É importante destacar o avanço desta cultura no Brasil: em 1990 o país ocupava a 10ª posição no ranking mundial, com uma produção ao redor dos 477 mil toneladas de coco. No ano de 2010 o Brasil é o terceiro maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área colhida de 287

mil hectares de coqueiros. Esta condição de destaque do Brasil no cenário mundial de produção de coco se sobressai ainda mais quando se compara aos países da América do Sul (Tabela 6), região na qual a produção brasileira é responsável por mais de 80%.

Tabela 6. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco na América do Sul, em 2010

País	Área Colhida (ha)	Produção (1.000 t)
Brasil	287.016	2.759.044
Venezuela	14.442	154.109
Colômbia	16.000	110.000
Guiana	14.900	70.000
Peru	2.010	25.064
Equador	3.200	21.000
Suriname	771	8.508
Guiana Francesa	63	230
América do Sul	338.402	3.147.955

Fonte: Organização de Alimentos e de Agricultura das Nações Unidas - FAO (2011).

O Brasil possui cerca de 300 mil hectares cultivados com coqueiro, distribuídos, praticamente, em quase todo o território nacional com produção equivalente a dois bilhões de frutos (FAO, 2011). Mesmo havendo incremento na área plantada desde 1990, o que se verifica é o aumento vertiginoso de produção, a partir do final da década de 1990 (Figura 2).

Segundo Martins (2011) o aproveitamento industrial do fruto do coqueiro se dá mediante o processamento do endosperma sólido (albúmen), ou submetido à secagem (copra) ou fresco, - este último mais utilizado no Brasil -, sendo destinado à fabricação de produtos tais como, o leite de coco e o coco ralado, empregados na indústria alimentícia de doces, bolo, bombons, chocolates etc., ou utilizado “in natura” na culinária doméstica. Não bastasse o considerável grau de diversificação da indústria de beneficiamento das partes comestíveis do fruto, surge na lista de produtos oriundos do coqueiro, e apresentando crescente demanda no mercado internacional, a fibra de coco proveniente do mesocarpo do fruto, que dá origem a uma série de bens como tapetes, cordas, chapéus e encosto de veículos, enchimentos para bancos de automóveis, pó para substrato agrícola etc.

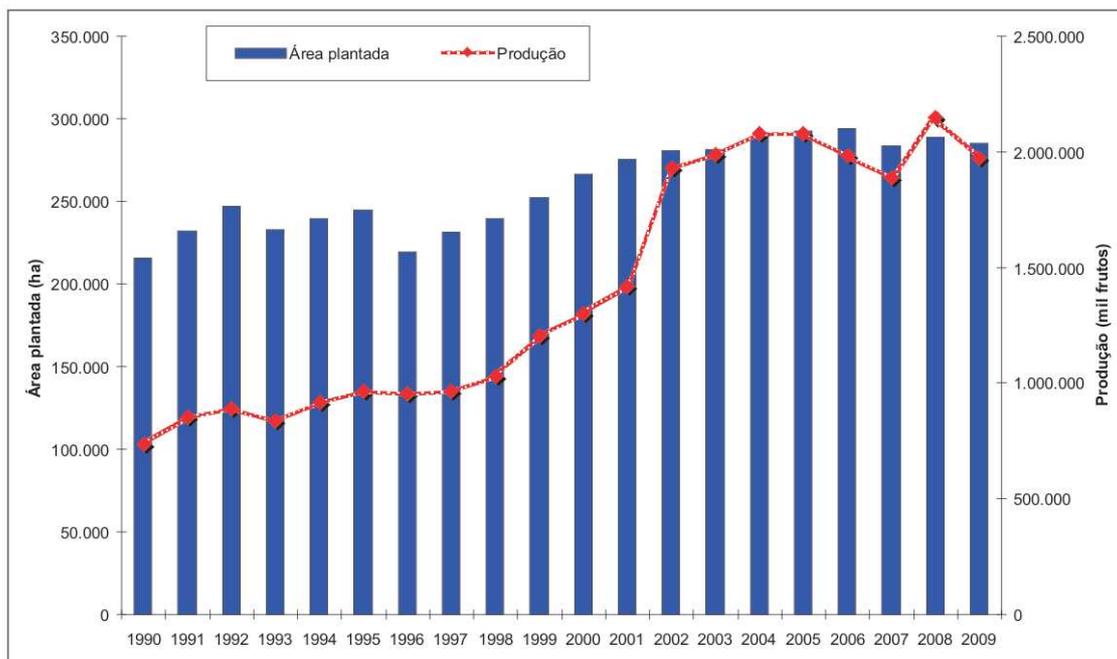


Figura 2. Área plantada e produção de coco no Brasil de 1990 a 2009

Fonte: IBGE (2010).

Toda essa gama de aplicações de seus produtos e subprodutos confere à cultura do coqueiro uma elevada importância econômica, fazendo com que a agroindústria do coco se firme cada vez mais no contexto nacional, haja vista a expansão das áreas cultivadas que já extrapolaram os limites da região Nordeste, alcançando as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste (MARTINS et al., 2011).

Apesar de o cultivo do coqueiro estar sendo estimuladas e introduzidas em várias regiões do país, as maiores plantações e produções se concentram na faixa litorânea do Nordeste (Tabela 7) e parte da região Norte do Brasil. Favorecida pelas condições de tropicalidade climática, ambas as regiões detêm próximos dos 70 % da produção do coco brasileira (IBGE, 2010).

Tabela 7. Área plantada com coqueiro e produção de coco nas regiões do Brasil, em 2010

Regiões do Brasil	Área Plantada (ha)	Produção (mil frutos)
Nordeste	228.911	1.337.358
Norte	30.353	281.746
Sudeste	21.564	311.143
Centro Oeste	3.934	41.116
Sul	189	2.003

Fonte: IBGE (2010).

Dentre os estados que apresentam as maiores produções nacionais três são nordestinos: a Bahia, maior produtor de coco do País (467 milhões de frutos); Sergipe o segundo maior produtor (279,2 milhões de frutos); e o Ceará, figurando na terceira posição (259,3 milhões de frutos). Estes estados juntos respondem por 60 % da produção nacional de coco (MARTINS et al., 2011).

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento(2011) a expansão acelerada da cultura do coco no Brasil, nos últimos anos decorre, sobretudo, do incremento da comercialização do coco verde para atender o crescente mercado da água-de-coco. Este mercado passou a ganhar espaço como alternativa para os produtores que se descapitalizaram mediante o aumento das importações de coco ralado.

Em termos ambientais, o coqueiro permite a recuperação de áreas degradadas em virtude de desmatamentos e o controle dos processos erosivos nas regiões litorâneas, onde melhor se desenvolve. Não menos importante tem se mostrado o aproveitamento dos resíduos oriundos da extração da água-de-coco e da polpa. O processamento da casca de coco diminui, consideravelmente, os transtornos ambientais provocados pelo seu descarte em lixões ou aterros sanitários, além de que a decomposição desse material dura cerca de 10 anos (SANTIAGO et al., 2005; FONTENELE, 2005; BENASSI, 2007; CHIQUETTI, 2011).

O coco-da-baía é uma das frutas que o País produz em grande quantidade. Em 2010, a colheita foi de 1,965 milhão de toneladas, tratando-se de uma atividade agrícola que vem atraindo grandes investimentos em virtude do potencial que a cultura possui, atingindo de 80 a 200 frutos/planta/ano. Pode, ainda, ser utilizada para produção de coco verde e, também, como matéria-prima para processamento agroindustrial (coco seco), conforme levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010).

Isto representa mais de um milhão de resíduos produzidos por ano, muitas vezes subaproveitados ou dispostos no ambiente de forma inadequada. A casca de coco verde é um subproduto do consumo e da industrialização da água de coco e tem se tornado um problema ambiental nos grandes centros urbanos, seja depositada nos lixões ou às margens de estradas, praias, lotes vagos etc. (PANNIRSELVAM et al., 2005; IBGE, 2010).

1.4.2. Banana (*Musa* sp.)

A banana é uma pseudobaga da bananeira, uma planta herbácea vivaz acaule (e não uma árvore) da família *Musaceae*, de nome científico *Musa* sp., considerada uma das frutas mais produzidas e consumidas no mundo, sendo a base da economia de alguns países, graças as suas características alimentares que implicam num elevado consumo nas diversas camadas da sociedade. É uma planta tropical muito rústica e produtiva, não tolera temperaturas muito baixas. Propaga-se vegetativamente, por meio de brotações de gemas laterais do rizoma, podendo ser compradas ou retiradas de pomares comerciais. O fruto da bananeira é alongado, de casca mole, com a polpa carnosa de coloração amarelada, variável de acordo com a variedade. Um cacho fornece de 5 a 40 kg, dependendo da variedade (LEITE, 2010).

A banana é uma fruta consumida em todas as regiões do globo, é a fruta símbolo dos países tropicais. Além do sabor, são vários os atrativos nutricionais de estímulo ao seu consumo: é rica em vitaminas A e C, além de fibras e potássio. Segundo dados do ano de 2011 da Food and Agriculture Organization (FAO), somente em 2008, foram cultivados no mundo, cerca de 4,83 milhões de hectares da fruta, uma produção de mais 93,39 milhões de toneladas.

No Brasil, quarto maior produtor mundial em 2009, a área colhida foi de aproximadamente 513 mil hectares e a produção de 7,19 milhões de toneladas, posicionando a banana como a segunda fruta mais cultivada no País, atrás apenas da laranja, tanto como sobremesa como acompanhamento nas refeições, ainda que ocupe apenas 0,87 % do total das despesas de alimentação dos brasileiros em geral (surge daí a expressão "a preço de banana" para referir que algo é pouco dispendioso). Estimativas do IBGE, feitas em março de 2011, indicam para o ano, uma área colhida de aproximadamente 219 mil hectares e uma produção em torno de 7,29 milhões de toneladas.

A banana brasileira é cultivada em quase todos os estados, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior; sendo a região Nordeste a maior produtora brasileira de banana, com destaque para os estados da Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Nestes estados, a produção de banana acontece principalmente nos pólos de fruticultura irrigada (IBGE, 2011).

A região Nordeste liderou a produção em 2010 com 2,679 milhões de toneladas (34 %). Em segundo lugar ficou o Sudeste com 2,261 milhões de toneladas (24 %) e, na seqüência, estão o Sul (1,026 milhão de toneladas – 10 %), o Norte

(845.957 toneladas – 26 %) e o Centro-Oeste (257.612 toneladas – 6 %). Em termos gerais, ainda que as condições naturais permitam uma produção de alta qualidade, é corrente afirmar que existe baixa eficiência na produção e no manejo pós-colheita.

1.4.3. Laranja (*Citrus x sinensis*)

A laranja é o fruto produzido pela laranjeira, com nome científico *Citrus x sinensis* da família Rutaceae. É um fruto híbrido, criado na Antigüidade a partir do cruzamento do pomelo com a tangerina. O sabor da laranja varia do doce ao levemente ácido. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de citros, cultura esta disseminada por todo país, devido à capacidade de adaptação a uma ampla faixa variável de condições climáticas e edáficas, assumindo assim, um importante papel econômico e social (FAO, 2011).

A safra nacional de laranja, em 2010, totalizou 18,9 milhões de toneladas em área cultivada de 802,5 mil hectares. O estado de São Paulo concentra 80 % da produção nacional de laranja, com 608,6 mil hectares, com pomar produtivo de 555,1 mil hectares segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011).

1.4.4. Caju (*Anacardium occidentale L.*)

O cajueiro, nome científico *Anacardium occidentale L.*, da família Anacardiaceae, é uma árvore originária do norte e nordeste do Brasil, com troncos tortuosos e relativamente baixos, sendo uma planta tipicamente tropical. Prefere regiões de alta temperatura e elevadas precipitações. Na natureza existem dois tipos: o comum (ou gigante) e o anão. O tipo comum pode atingir entre cinco e 10 metros de altura, mas em condições muito propícias pode chegar a 20 metros. O tipo anão possui altura média de 4 metros. O seu fruto, a castanha de caju, tem uma forma semelhante a um rim humano; a amêndoa contida no interior da castanha, quando seca e torrada, é popularmente conhecida como castanha-de-caju. Prolongando ao fruto, existe um pedúnculo (seu pseudofruto) maior, macio, piriforme, também comestível, de cor alaranjada ou avermelhada; é geralmente confundido como fruto. Designado como maçã do caju, esta estrutura amadurece colorido em amarelo e/ou vermelho e varia entre o tamanho de uma ameixa e o de uma pêra (5 a 11 cm), segundo Andrade (2008).

O consumo do caju “*in natura*” no mercado interno vem crescendo significativamente nos últimos anos, a preços cada vez mais atrativos para o produtor, estimulando, ainda que em pequena escala, novos investimentos na expansão e modernização dos pomares e na adoção de boas práticas agrícolas e sistemas de produção que possibilitem a certificação da matéria-prima produzida (OLIVEIRA, 2008).

No mercado nacional o caju tem sido pouco explorado, em razão da facilidade com que o mercado externo vem absorvendo quase toda a produção da castanha, enquanto que ao caju (pedúnculo), que pode gerar uma série de outros produtos como o pedúnculo desidratado - a farinha de caju, suco, doces, passas, entre outros -, não se tem dado a devida importância que merece (UFLA, 2007).

No Brasil, a agroindústria do caju está concentrada no Nordeste, sendo uma atividade de destaque socioeconômico, tendo apresentado, em 2010, uma produção anual de 243.253 toneladas, onde cada hectare produz aproximadamente nove toneladas de frutos, sendo que os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte participam com 90 % dessa produção (IBGE, 2011).

1.4.5. Acerola (*Malpighia emarginata* DC)

A aceroleira cujo nome científico é *Malpighia emarginata* DC da família Malpighiaceae, é uma importante frutífera tropical, rústica, que cresce como arbusto ou arvoreta e produz frutos conhecidos pelo elevado conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C). O Brasil possui condições edafoclimáticas que torna viável economicamente a aceroleira em quase toda sua extensão, sendo a região Nordeste onde melhor se adapta. É um dos maiores produtores mundiais desta fruta, com grande parte de sua produção comercializada na forma de polpa. Comumente, frutos de acerola apresentam comprimento de 1 a 3 cm, diâmetro de 1 a 4 cm e massa de dois a 16 g (MEZADRI et al., 2006; MATSUURA et al., 2001; PAIVA et al., 1999).

O fruto nasce na aceroleira que é um arbusto de até três metros de altura, seu tronco se ramifica desde a base, e sua copa é bastante densa com pequenas folhas verde-escuras e brilhantes. Suas flores, de cor rósea - esbranquiçadas, são dispostas em cachos, têm floração durante todo o ano, e após três ou quatro semanas se dá sua frutificação. Por ser uma planta muito rústica e resistente, ela se espalhou facilmente por várias áreas tropicais, subtropicais e até semi-áridas (MEZADRI et al., 2006).

No Brasil, o cultivo de acerola teve um forte crescimento nos últimos 20 anos, sendo hoje uma importante cultura, principalmente para a economia da região Nordeste, assim como um impulso para a agroindústria de polpa de fruta congelada. A acerola, quando madura, tem uma variação de cor que vai do vermelho ao alaranjado, sua superfície é lisa ou dividida em três gomos e possui três sementes no seu interior. O sabor do fruto é levemente ácido e o perfume é semelhante ao da maçã (GUEDES, 2011).

Consumido tanto “*in natura*” como industrializado, sob a forma de suco, geléia, doce em calda, sorvete, manufatura de licores, bombons, comprimidos, dentre outras, o fruto de acerola também pode ser empregado no enriquecimento de sucos de frutas com baixos teores de vitamina C (MEZADRI et al., 2006; CECÍLIO et al., 2004).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola onde 40 % da produção são destinadas ao mercado externo. A área plantada com acerola no Brasil ultrapassa 10.000 hectares, sendo o estado de Pernambuco, seguido da Bahia e do Ceará, os maiores produtores dessa fruteira. A produção está estimada em torno de 33.000 toneladas de frutos, oriundos, especialmente, da região Nordeste, segundo dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2010).

1.5. Carvão ativado

O carvão ativado é um material carbonáceo, caracterizado por possuir uma porosidade altamente desenvolvida que proporciona uma área superficial de, comumente, 600 a 1.200 m²/g (REINOSO,2006), o que lhe confere a capacidade de adsorver moléculas, tanto em fase líquida como gasosa, ou impurezas no interior dos seus poros (BASAL et al.,1988).

Seguindo padrões econômicos adotados pelo mundo moderno, o desenvolvimento tecnológico da produção de carvão ativado busca minimizar a razão custo/benefício desses materiais. Neste contexto, vem-se buscando obter esses adsorventes a partir de matérias-primas de baixo custo, originadas, sobretudo, de resíduos urbanos e/ou industriais. São exemplos: bagaço de cana-de-açúcar, sementes e cascas de frutas, ossos bovinos, serragem de tronco do coqueiro, mesocarpo e endocarpo do coco, madeira, nozes, carvão mineral e de polímeros sintéticos, com queima controlada com baixo teor de oxigênio, a uma temperatura de 800 °C a 1000 °C, tomando-se o cuidado de evitar que ocorra a queima total do material de forma a manter sua porosidade (MATTSON, 1971; HAYASHI et al., 2002; ISMADJI et al., 2005).

1.5.1 Aplicações do carvão ativado

O uso de carvão ativado na forma de madeira carbonizada data de muitos séculos atrás. Os egípcios o usavam em 1500 a.C. como adsorvente para fins medicinais e também como agente purificante. Os antigos hindus, na Índia, filtravam sua água para beber através de carvão vegetal. A base para a produção industrial de carvões ativados foi inicialmente estabelecida em 1900 - 1901 para substituir ossos carbonizados no refino do açúcar. Este carvão era preparado pela carbonização de uma mistura de origem vegetal na presença de metais clorados ou pela ação de gás carbônico ou vapor d'água em materiais carbonizados (ROMBALDO, 2008).

O carvão ativado é um adsorvente de interesse industrial e suas aplicações incluem tratamento de água, refino do açúcar, recuperação de metais preciosos e desodorização do ar, apresentando, portanto, um excelente poder de clarificação, desodorização e purificação de líquidos ou gases (MUCCIACITO, 2009).

Algumas aplicações são brevemente apresentadas, de acordo com Mohan e Pittman (2006):

- **Tratamento de Água.** O carvão ativado possui um papel fundamental na purificação de águas, seja para fins potáveis ou industriais. Eliminando cor, odor, mau gosto e remoção de substâncias orgânicas dissolvidas através do mecanismo de adsorção. Além disso, o carvão ativado remove compostos orgânicos, fenólicos e substâncias que diminuem a qualidade da água, como pesticidas, micropoluentes, podendo atuar como barreira a bactérias e vírus. Pode também ser utilizado no pré-tratamento da água utilizada nas indústrias de alimentos, bebidas, farmacêuticas e na osmose reversa.
- **Tratamento Atmosférico.** O carvão ativado adsorve contaminantes nocivos do ar, removendo produtos indesejáveis através de aparatos operacionais, como filtros industriais. O ar comprimido para finalidades diversas também é purificado desta maneira.
- **Resíduos Industriais.** O carvão ativado pode ser utilizado na reciclagem de águas industriais, bem como na remoção de substâncias presentes nas águas, por exemplo, naftalenos, dodecilbenzeno, sulfonato, benzeno e fenol, entre outros. Quando misturado ao lodo bioativo, intensifica a eficiência de

orgânicos específicos, melhora a estabilidade do processo, reduz a espuma desenvolvida e melhora as características do lodo.

- **Indústria Farmacêutica.** O carvão ativado é utilizado para purificação de substâncias, remoção de cor e impurezas de vitaminas, enzimas, analgésicos, penicilina, soluções intravenosas, além de ser utilizado como medicamento no tratamento de desintoxicações.
- **Indústria Química.** O carvão ativado é utilizado para a purificação de produtos, remoção de cores residuais, odores e contaminantes. Sua ação abrange vários segmentos da indústria, como a remoção de orgânicos, purificação de ácidos, desodorização e descoloração de produtos químicos, bem como a utilização como catalisador devido à grande área superficial e inércia química. Também possui eficiente utilização na purificação de ar, de gases, recuperação de solventes, como filtros de compostos orgânicos voláteis em automóveis, além disso, pode ser utilizado em máscaras para proteção pessoal.
- **Tratamento de Efluentes.** O carvão ativado pode ser usado na fase final do processo biológico em colunas de leito fixo, na fase de polimento, removendo cor ou componentes específicos, como, por exemplo, o mercúrio. Também em sistemas tipo lodos ativados, fazendo a remoção de cor e/ou enriquecendo o lodo no número de bactérias por centímetro cúbico. Como suporte para microrganismos em sistemas de filtros biológicos ou processos anaeróbios.
- **Indústria Alimentícia.** O carvão ativado tem um importante papel, adsorvendo moléculas que causam gosto, cor e odores indesejáveis, garantindo que os alimentos cheguem com bom visual, bom odor e sabor na mesa do consumidor. O carvão purifica os alimentos, removendo contaminações orgânicas indesejadas de uma grande variedade de matérias-primas, produtos intermediários ou finais, como sucos de frutas, concentrados de sucos, vinhos, bebidas de malte e licores destilados, além de água, CO₂ e açúcares e adoçantes que tem o carvão ativado usado em sua fabricação (REINOSO et al., 2006) .

Geralmente as impurezas são encontradas em pequenas proporções nos produtos; porém causam odor, cor, gosto e outras substâncias indesejáveis. O mecanismo de remoção das impurezas consiste na sua adsorção física pelo carvão, ou seja, as moléculas das impurezas são atraídas pela porosidade existente no carvão ativado e lá retida por forças físicas. Assim, após o tratamento, os produtos encontram-se purificados e isentos das referidas impurezas. No caso de uma substituição completa da carga de carvão ativado, todas as impurezas retidas pelo carvão serão removidas junto com o mesmo. De modo geral, estas forças físicas que o carbono puro exerce sobre as impurezas, são do tipo Van der Waals (soma de todas as forças atrativas ou repulsivas, que não sejam forças devidas a ligações covalentes entre moléculas ou entre partes da mesma molécula ou forças devido à interação eletrostática de íons), sem modificação química do produto absorvido (REINOSO et al., 2006).

As características de adsorção do carvão ativado dependem principalmente de sua área superficial específica, da distribuição dos tamanhos e volume dos poros, além de sua estrutura química de superfície (REINOSO et al., 2006). A alta área superficial e porosidade dos carvões ativados são resultantes do seu material de origem e dos processos de pirólise e ativação, que pode ser física ou química.

1.5.2. Porosidade

A porosidade dos carvões ativados é um dos aspectos mais importantes para a avaliação de seu desempenho. As diferenças nas características de adsorção estão relacionadas com a estrutura dos poros do material. Baseado nas propriedades de adsorção, a União Internacional de Química Pura e Aplicada - IUPAC (1982) estabelece uma classificação porosa assim resumida:

Quanto à forma. Utiliza-se a expressão poro aberto ou poro fechado para designar buracos em materiais sólidos; o primeiro, correspondendo a buracos que se comunicam com a superfície externa e, o segundo, correspondendo a um buraco isolado. Se um poro aberto é tal que permite o fluxo de um fluido, o poro é dito ser poro de transporte, sendo que, este pode apresentar braços que não contribuem para o fenômeno de transporte.

Quanto à dimensão. Baseado nas propriedades de adsorção, a IUPAC, propõe a classificação de poros como apresentada na Tabela 8, segundo o tamanho em macro, meso e microporos primários e secundários.

Quanto ao tipo. Kanebo (1992) prevê a existência de três tipos de poros: aberto, parcialmente fechado e gaiola intersticial.

Tabela 8. Classificação de poros de acordo com o diâmetro (θ), segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada - IUPAC de 1982

Tipo de Poro	Diâmetro Médio	Função Principal
Microporos:		Contribuem para a maioria da área superficial que proporciona alta capacidade de adsorção para moléculas de dimensões pequenas, tais como gases e solventes comuns.
Primários	$\theta < 8 \text{ \AA}$	
Secundários	$8 \text{ \AA} < \theta < 20 \text{ \AA}$	
Mesoporos	$20 \text{ \AA} < \theta < 500 \text{ \AA}$	São importantes para a adsorção de moléculas grandes tais como corantes e proporcionam a maioria da área superficial para carvões impregnados com produtos químicos.
Macroporos	$\theta > 500 \text{ \AA}$	São normalmente considerados sem importância para a adsorção e sua função é servir como meio de transporte para as moléculas gasosas.

Fonte: Portal de Laboratórios Virtuais de Processos Químicos (2010).

Carvões ativados são materiais carbonosos porosos que apresentam uma forma microcristalina, não grafitica, que sofreram um processamento para aumentar a porosidade interna. Uma vez ativado, o carvão apresenta uma porosidade interna comparável a uma rede de túneis que se bifurcam em canais menores e assim sucessivamente (CLAUDINO, 2003; AVELAR et al., 2010).

A ativação visa o aumento da área superficial de carvão proporcionando, deste modo, o aumento da sua porosidade. O propósito do processo de ativação é o controle das características básicas do material como distribuição de poros, área superficial específica, a resistência mecânica etc.

1.5.3. Processo de produção de carvão

Quase todos os materiais que possuem um alto teor de carbono podem ser ativados. O carvão ativado pode ser produzido a partir de materiais lignocelulósicos constituídos basicamente de celuloses (composto orgânico natural com mais de 40 % de carbono) e ligninas (macromoléculas presentes nos tecidos vegetais), de acordo com Reinoso (2006).

O processo de produção do carvão ativado envolve duas etapas principais: a carbonização da matéria-prima e a ativação (BORGES et al., 2003).

A carbonização consiste de uma decomposição térmica (pirólise) do material carbonáceo (temperaturas acima de 500 °C), eliminando espécies não carbônicas e produzindo uma massa de carbono fixa com uma estrutura porosa rudimentar e uma área superficial normalmente de algumas dezenas de m²/g, onde muitos poros, extremamente finos e fechados, são formados nesta etapa (BAÇAOUUI et al., 2001; ZHONGHUAHU, 2001; SOUSA, 2007).

De acordo com Claudino (2003) e Mohan & Pittman (2006), os parâmetros importantes que irão determinar a qualidade e o rendimento do produto carbonizado são a taxa de aquecimento, a temperatura final, o fluxo de gás de arraste e natureza da matéria-prima. A pirólise de biomassa forma carvão, gases, líquidos leves e pesados e água em quantidades variadas. A produção depende particularmente do material pirolisado, das dimensões do material, da taxa de aquecimento, da temperatura e tempo de reação do tipo de processo (SÁNCHEZ (2003) apud FIGUEIREDO, 2009).

1.5.4. Processos de ativação

A ativação, processo subsequente à pirólise, consiste em submeter o material carbonizado a reações secundárias, visando o aumento da área superficial. É a etapa fundamental na qual será promovido o aumento da porosidade do carvão e a criação de outros. Deseja-se no processo de ativação o controle das características básicas do material (distribuição de poros, área superficial específica, atividade química da superfície, resistência mecânica etc.) de acordo com a configuração requerida para uma dada aplicação específica (REINOSO, 2006).

A ativação pode ser química ou física (SOARES, 2001 apud CLAUDINO, 2003; BORGES et al., 2003; MOHAN e PITTMAN, 2006):

- **Ativação química:** consiste na impregnação de agentes ativantes como cloreto de zinco (ZnCl₂), ácido fosfórico (H₃PO₄), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e

hidróxidos de metais alcalinos no material ainda não carbonizado, com um aquecimento moderado entre 400 °C e 600 °C, onde estes agentes proporcionarão a formação de ligações cruzadas, tornando o material menos propenso à volatilização quando aquecido à temperatura elevada. Ocorre a ligação de valências livres das moléculas do adsorvente no adsorbato.

- **Ativação física:** a ativação física consiste na reação do carvão com vapores de água, dióxido de carbono (CO₂), ou uma mistura destes dois gases a temperaturas acima dos 800 °C, após a carbonização, onde as moléculas se ligam fracamente ao adsorvente, não alterando suas características físicas.

Devido às condições de carbonização, ativação e material de origem utilizado em sua produção, o carvão ativado terá diferentes características em sua estrutura, textura e propriedades superficiais. Juntamente com sua área superficial interna e porosidade altamente desenvolvidas, a distribuição dos tamanhos dos poros é uma das mais importantes propriedades que influenciam o processo de adsorção. Na carbonização ocorre a decomposição da matéria-prima e conseqüente formação de gases voláteis e resíduos sólidos (carvão) com poros (BOENHORFF, 1980; MULLER, 2008).

Anualmente, cerca de 400.000 toneladas de carvão ativado são produzidas ao redor do mundo a partir de, aproximadamente, um milhão de toneladas de precursores diversos. São aproximadamente 150 companhias produtoras de carvão ativado, entre as maiores estão Calgon, Norit, Nuchar, Westvaco e Chemivron (MARSH, 2001; FERNANDES, 2010).

O carvão ativado pode ser encontrado comercialmente na forma granular (CAG) de 0,1 a 12 mm, com 50 a 60 % de porosidade e densidade média entre 0,45 e 0,85 t.m⁻³, e, em pó (CAP), segundo informações de Di Bernardo e Dantas (2002) e Claudino (2003).

Para que a produção de carvão ativado no Brasil se torne expressiva, é preciso otimizar a utilização os diversos precursores carbonáceos existentes no país e desenvolver novas tecnologias, a fim de se escolher o mais eficiente adsorvente (Tabela 9).

Tabela 9. Análise comparativa das propriedades de alguns adsorventes comerciais

Adsorvente	Aplicação
Sílica Gel	Purificação de gases, remoção de umidade, refino de derivados do

	petróleo
Carvão Ativado (C.A.)	Adsorção de orgânico, gases, purificação de H ₂ O
Polímeros	Adsorção de solutos polares em soluções aquosas
Alumina Ativada	Remoção de contaminantes, desidratação de gases e líquidos

Fonte: Pannirselvam (2005).

1.5.5. Adsorção

Para Mohan e Pittman (2006) a adsorção pode ser definida como a acumulação de um elemento ou substância na interface entre a superfície sólida e a solução adjacente.

Define-se como adsorbato o material que se acumula numa interface; o adsorvente é a superfície sólida na qual o adsorbato se acumula; o adsorvido é o íon ou molécula em solução que tem o potencial de ser adsorvido. Se o termo sorção é utilizado, esses termos são referidos como sorbato, sorbente e sorvido, respectivamente (MULLER, 2008).

Quando duas fases imiscíveis são postas em contato, a concentração de uma substância numa fase é maior na interface do que no interior da mesma. Esta tendência de acumulação de uma substância sobre a superfície de outra é conhecida como adsorção. Substâncias em fase líquida ou gasosa podem ser adsorvidas sobre a superfície de um sólido. O sólido é chamado de adsorvente e o gás ou líquido é denominado de adsorbato. Quando as moléculas adsorvidas deixam a superfície do sólido de volta para a fase líquida ou gasosa, o fenômeno é chamado de dessorção (FERNANDES, 2010).

A adsorção de um adsorbato sobre a superfície de um sólido pode ser classificada como adsorção física ou química. Na primeira, as forças entre o adsorbato e a superfície do adsorvente são relativamente fracas, semelhantes às forças de atração que predominam na condensação de vapores. É também conhecida como adsorção de Van der Waals. O segundo tipo é a adsorção química, na qual elétrons são transferidos ou compartilhados entre o adsorbato e a superfície do adsorvente, formando uma ligação química entre ambos. Esta é, portanto, uma interação muito mais forte do que a adsorção física. A adsorção química é também chamada de quimissorção (DI BERNARDO e DANTAS, 2002; MULLER, 2008).

Alguns parâmetros diferenciam os dois tipos de adsorção:

- **Calor de adsorção:** na adsorção física o calor de adsorção é da mesma ordem de grandeza do calor de condensação do adsorbato (alguns $\text{kJ}^{-1} \text{ mol}$), enquanto que na adsorção química é muito maior e de valor equivalente à uma energia de uma ligação química (dezenas a centenas de $\text{kJ}^{-1} \text{ mol}$).
- **Intervalo de temperatura da adsorção:** a adsorção física só ocorre até uma temperatura máxima, igual à temperatura de ebulição do adsorbato, enquanto que a adsorção química pode ocorrer a temperaturas superiores a esta.
- **Energia de ativação:** a adsorção física é muito rápida, independe da temperatura e não requer energia de ativação. Já na adsorção química, a velocidade do processo varia com a temperatura.
- **Especificidade do processo:** a adsorção química é específica enquanto que a adsorção física não é específica.
- **Número de camadas adsorvidas:** a adsorção química é monomolecular, enquanto que a adsorção física é multimolecular. A reatividade da superfície, a natureza do adsorbato e a temperatura, entre outros fatores, determinam o tipo de adsorção que vai ocorrer quando um dado adsorbato entra em contato com a superfície de um adsorvente. A superfície real do adsorvente por unidade de massa (geralmente um grama) que participa na adsorção é chamada área superficial específica.

Com o carvão ativado ocorre principalmente adsorção física. Como as moléculas gasosas têm menos graus de liberdade no estado adsorvido do que no estado livre, sua entropia diminui durante a adsorção, mas a adsorção é um processo espontâneo e reversível. O equilíbrio de distribuição das moléculas do adsorbato entre a superfície do sólido e a fase gasosa depende da pressão do gás que está sendo adsorvido e da temperatura (DI BERNARDO e DANTAS, 2002; MULLER, 2008).

A migração destes componentes de uma fase para outra tem como força motriz a diferença de concentrações entre o seio do fluido e a superfície do adsorvente. Usualmente o adsorvente é composto de partículas que são empacotadas em um leito fixo por onde passa a fase fluida continuamente até que não haja mais transferência de massa. Como o adsorbato concentra-se na superfície do adsorvente, quanto maior

for esta superfície, maior será a eficiência da adsorção. Por isso, geralmente, os adsorventes são sólidos com partículas porosas (FERNANDES, 2010).

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. Coco-da-baía, Banana. São Paulo: FNP, **Consultoria e Agroinformativos**, p. 190-204, 2010.

ALMEIDA, C. O. **Mandioca e fruticultura tropical**. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=24830>>. Acesso em: 19 maio 2011.

AMUDA, O. S.; GIWA, A. A.; BELLO, I. A. Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon. **Biochemical Engineering Journal**, n. 36, p.174-181, 2007.

ANDRADE, A. M. et al. Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocus nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. **Árvore**, n. 28, p. 707, 2004.

ANDRADE, Ana Paula Silva et al. Qualidade de cajus-de-mesa obtidos nos sistemas de produção integrada e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 176-179, mar. 2008.

ANDRADE, R. M. de. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 6, n. 1, p. 7-22, mar. 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: **Gazeta Santa Cruz**, 128 p. 2011.

ARAGÃO, W. M. et al. Melhoramento do coqueiro: variedades e híbridos. In: SÃO JOSÉ, A. R. et al. **Coco: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1999. p. 44-68.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos-classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AVELAR, F. F. et.al. The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 4639-4645, 2010.

BAÇAOUI, A. et al. Optimization of conditions for the preparation of activated carbons from olive-waste cakes. **Carbon**, v. 39, p. 425-432, 2001.

BASAL, R. C. et.al. **Active carbon**: Marcel Dekker inc.1988.

BENASSI, Antonio Carlos et al.Characterização biométrica de frutos de coqueiro, *Cocus nucifera* L. variedade anã-verde, em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29 n. 2, p. 302-307, aug. 2007. ISSN 0100-2945.

BESEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BOENHORFF, J. Active carbon adsorption. v. 1: **Annual Arbor Science Publishers**, 1980.

BORGES, F. M. et al. Desenvolvimento e criação de uma unidade produtiva de carvão ativado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21.out. 2003, Ouro Preto, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ ENEGEP2003_TR0502_0601.pdf>. Acesso em: 18 maio 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRETON, T. Beautiful biowaste. **Waste Management World 2007-2008**, Jul-Aug, 2007.

CAMBUIM, K. B. **Carvão de endocarpo de coco da Baía ativado quimicamente com H₃PO₄ e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização e aplicações.** João Pessoa: UFPB, 2009. (Tese de doutorado), Universidade Federal da Paraíba, 2009.

CARRIJO O. A. et al. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.20, n. 4, p.533-535, 2002.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. de, et al. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003, 294p.

CECÍLIO, R. A. et al. Aptidão Agroclimática para o cultivo da acerola na Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, p. 20-23, 2004. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/v6n3_7Acerola.pdf>. Acesso em: 16 maio 2011.

CHIQUETTI, T. Cascas de coco. **Correio da Tarde**, n. 1761, dez. 2011. Disponível em: <http://www.correiodatarde.com.br/editorias/correio_ambiental-21865>. Acesso em: 18 maio 2011.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes.** Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m101.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2011.

COOPER, T. **Longer lasting products: alternatives to the throwaway society.** Farnham: Gower, 2010. 432 p.

CUENCA, M. A. G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil.** Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1998. 300p.

DIAS, G. F. **Iniciação à temática ambiental.** São Paulo: Global, 2010.

DI BERNARDO, L. et al. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: Rima, 2002. 237p.

FAO - **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação** - Disponível em: <<https://www.fao.org.br/>> acesso em: 08 out. 2011.

FERNANDES, K. A. Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. **Revista da Graduação da PUC**, v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/7906>>. Acesso em: 02 mar. 2011.

FIGUEIREDO, F. A. B. **Pirólise e gaseificação de casca de castanha de caju: avaliação da produção de gás, líquidos e sólidos**. Campinas: UEC, 2009. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

FONTENELE, R. E. S. Cultura do coco no Brasil: caracterização do mercado atual e perspectivas futuras. In: CONGRESSO DA SOBER, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005. p.1-20.

FUNDO DE POPULAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório da situação da população mundial 2007**. Brasília, DF, 2007.

_____. **Relatório sobre a situação da população mundial 2011**. Brasília, DF, 2011.

GREEN PEACE. **O é produção limpa?** Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br>> Acesso em: 21 mar. 2011.

GUEDES, Rozileudo da Silva et al. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 33, n. 2, jun. 2011.

HAYASHI, Jun'ichi et al. Activated carbon from chickpea husk by chemical activation with K_2CO_3 : preparation and characterization. **Microporous and Mesoporous Materials**, v.55, p. 63-68, 2002.

ISMADJI, S. et al. Activated Carbon from Char Obtained from Vacuum Pyrolysis of Teak Sawdust: Pore Structure Development and Characterization. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 1364-1369, 2005.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, jan./abr. 2011. ISSN 0103-4014.

LEITE, Grazianny A. et al. Qualidade pós-colheita da banana 'pacovan' comercializada em diferentes estabelecimentos no município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, jul./set., p. 322-327, 2010.

MARTELLI, P. B. et al. Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu, Al, Ni e Zn. **Química Nova**, v. 33, p. 1279, 2010.

MARSH, Harry (Ed.). **Activated carbon compendium**. London: Elsevier, 2001.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS, Luciano Alves de. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. (Documentos, 164). ISSN 1678-1953.

MATSUURA, F. C. A. U. et al. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

MATTSON, J. S.; MARK, H. B. **Activated carbon surface chemistry and adsorption from solution**. New York: Marcel Dekker, 1971.

MEDEIROS, L. L. **Avaliação do desempenho de carvões ativados de bagaço de cana de açúcar, endocarpo de coco da baía e de coco-babaçu na remoção de cloro residual**. João Pessoa: UFPB, 2001.(Dissertação de mestrado), Universidade Federal da Paraíba, 2001.

_____. Obtenção de Carvão ativado via oxidação química, a partir de resíduos lignocelulósicos para estocagem de gás natural. **Relatório das atividades para o CNPQ**, Brasília, DF, 2005.

MEZADRI, T. et al. El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 56, p. 101-109, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/publicacoes>. Acesso em: 11.jul.2011.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2011.

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA - agosto 2008**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

_____. **Produção agrícola municipal 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

MOHAN, D.; PITTMAN JR, C. U. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri and hexavalent chromium from water. **Journal of Hazardous Materials**, n. 137, p. 762-811, 2006.

MUCCIACITO, J. C. Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais. **Meio Filtrante**, v. 39, ano VIII, 2009.

MULLER, C.C. **Avaliação da Utilização de Carvão Ativado em Pó na Remoção de Microcistina em Água para Abastecimento Público**. Porto Alegre 2008. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UFRGS.

NOVAES, Washington. O lixo, agora entre avanços e dúvidas. **Estadão**, São Paulo, 07 jan. 2011.

NUNES, Maria Urbana Corrêa et al . Tecnologia para biodegradação da casca de coco seco e de outros resíduos do coqueiro. **Circular Técnica Embrapa Tabuleiros Costeiros**, n. 46, nov. 2007. ISSN 1678-1945. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/ct-46.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2011.
OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1-3, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório de avaliação do painel intergovernamental sobre mudança climática: IPCC/ONU 2007: novos cenários climáticos.** Rio de Janeiro, 2007.

PAIVA, J. R. et al. Parâmetros genéticos em progênies de polinização livre de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p.629-634, 1999.

PANNIRSELVAM, Pangadai V. et al. Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. **Revista Analytica**, Natal, RN, n. 15, p. 56-62, fev./mar. 2005. Disponível em: http://www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/15/art04.pdf. Acesso em: 10 maio 2011.

PINHEIRO, R. F. Sustentabilidade, um fator de desenvolvimento do Homem. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, set. 2011.

REINOSO, R. F.; MARSH, H. **Activated carbon**. 1. ed. London: Elsevier, 2006.

REVEILLEAU, A. C. A. A. **Gestão compartilhada de resíduos sólidos e a proteção ambiental: uma abordagem jurídica da responsabilidade socioambiental.** Erechim: Habilis, 2008.

RIBEIRO G. et al. Qualidade do fruto de coqueiro anão verde em resposta à adubação potássica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 187-191, abr./jun. 2011.

ROCHA JÚNIOR, D. S.; BERNARDINO, D. C. de S.; AMORIM, H. F. Características químicas dos solos do município de Barra de Estiva – Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/caracteristicas%20quimicas.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2011.

ROMBALDO, Carla Fabiana Scatolim. **Síntese de carvão ativado e óleo combustível a partir de borracha de pneu usado.** Campinas: Faculdade de Engenharia Química, 2008. (Dissertação de mestrado), Universidade de Campinas, 2008.

SANTIAGO, Brunno H.S.; FRANÇA, G. H. C.; FERNANDES, R.; SELVAM, P. V. P. Estudo de viabilidade tecno-econômica preliminar para produção de carvão ativado no Brasil a partir dos resíduos do coco: estudo comparativo de cenários de produção. **Revista Analytica**, São Paulo, n.17, p. 52-55, junho/jul. 2005.

SILVA, R. V. et al. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Technology**, Barking, v. 66, n. 10, p. 1328-1335, 2006.

SOUSA, F. W. et al. The use of green coconut shells as absorbents in the toxic metals. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p.1153-1157, set./out. 2007.

STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P. (Orgs.). **Resíduos: como lidar com recursos naturais.** São Leopoldo: OIKOS, 220p, 2008.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRIO, M. de A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental.** Barueri, SP: Manole, p. 155-211.2004.

WORLDWATCH INSTITUTE. **State of the world 2010**: transforming cultures: from consumerism to sustainability. Washington, DC, 2010. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org/node/6369>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

ZHONGHUA HU et al. Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbons. **Carbon**, v.39, 2001, p. 877-886.

CAPITULO 2

(artigo a ser submetido à Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira –
PAB, ISSN 0100-204X)

Avaliação do consórcio fibra-de-coco com resíduos sólidos para produção de carvão ativado. I. Umidade e cinzas

Lúcia Paula Martins Prado de Macêdo⁽¹⁾, Armanda Saconi Messias^(1,2),

Vanessa Natália de Lima⁽³⁾ e Emanuel Sampaio Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP, Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Rua do Príncipe, 526-Boa Vista, Bloco D, CEP 50050-900-Recife - PE-Brasil. ⁽²⁾Email: saconi@unicap.br. ⁽³⁾Universidade Católica de Pernambuco, Curso de Engenharia Ambiental, Bolsista PIBIC/CNPq, ⁽⁴⁾ Universidade Salgado de Oliveira.

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de carvão ativado quando misturada fibra-de-coco com resíduos agroindustriais visando o máximo aproveitamento, rendimento e qualidade. A avaliação do potencial de aproveitamento do resíduo do coco verde pode ser uma alternativa para diminuir o espaço ocupado por estes resíduos no aterro sanitário, e desta forma aumentar a vida útil do mesmo, como a melhoria na saúde pública e a redução da proliferação de vetores. As amostras residuais foram coletadas *in loco*, após pesquisa, visitas, entre outras formas de coleta, todas voltadas para o mercado propriamente dito. Após preparação do material, as características analisadas foram: umidade e cinzas. Os dados obtidos, com cinco repetições, foram analisados estatisticamente indicando os resultados da mistura de

fibra-de-coco com acerola e com banana as mais promissoras para continuidade da proposta.

Termos para indexação: resíduos sólidos alternativos, aproveitamento, sustentabilidade econômica.

Evaluation of the consortium coconut fiber with solid waste production of activated carbon. I. Ash and moisture

Abstract - The aim of this study was to evaluate if it is possible to produce activated carbon when mixed coconut fiber with industrial waste for maximum utilization, yield and quality. The evaluation of the potential use of coconut residue can be an alternative to reduce the space occupied by these wastes in the landfill, thereby extending the useful life of the same, such as improving public health and reducing the proliferation of vectors. The residual samples were collected on the spot, after research, visits, among other forms of collection, all geared to the market itself. After preparation of the material, the characteristics analyzed were: ash and moisture. The data obtained with five replicates were analyzed statistically indicating mixtures of coconut fiber with cherry and banana the most promising for continuity of the proposal.

Index terms: alternative solid waste, utilization, economic sustainability.

Introdução

Muito se tem discutido acerca dos problemas ocasionados pelas intermitentes crises do petróleo, provocando no mundo uma conscientização da sua própria vulnerabilidade em relação às suas fontes energéticas, baseadas nos recursos fósseis e não-renováveis (petróleo, carvão mineral e gases naturais). Buscam-se, agora, novas fontes de energia, de preferência renováveis, dentre as quais se destaca o carvão, um dos combustíveis mais importantes e mais utilizados no Brasil, principalmente pelo setor

siderúrgico. No Brasil existem 139 altos-fornos a carvão, a produção brasileira de gusa em 2010 foi de 31 milhões de toneladas (AMS, 2011). Além do seu uso como termorreductor, o carvão possui outras atribuições, como combustível para geração de energia calorífica, adsorvente e absorvente, desodorizante, descolorante, abrasivo, agente higroscópico, particulado filtrante (Andrade e Carvalho, 1998; Tienne et al., 2004).

Na atualidade, o volume de lixo com que a humanidade convive é resultado dos padrões culturais impostos pela sociedade. Assim, cada vez são produzidas maiores quantidades de resíduos urbanos e industriais e cresce também a complexidade da sua composição, com o conseqüente aumento dos impactos da sua destinação que acarreta uma série de inconvenientes nos centros urbanos, como deturpação paisagística, proliferação de pragas e vetores de doenças, entupimento de bueiros etc.(Almeida, 2010). Dentre estes resíduos, os mais abundantes na região são bagaço de cana-de-açúcar, casca da castanha do caju, cascas e bagaços de frutas (laranja, banana, caju, acerola), podas, restos de coco-da-baía, dentre outros.

Assim a coleta e o aproveitamento destes resíduos, muitas vezes possuem um grande potencial energético, que podem contribuir para reduzir a dependência de energia comprada para geração de calor, de vapor ou de eletricidade (Tienne et al., 2004).

O vertiginoso crescimento demográfico experimentado pela humanidade no último século, associada à urbanização desordenada e ao desenvolvimento extraordinário da indústria e do mercado de consumo desde a revolução industrial, tem trazido grandes desafios aos governos e à coletividade (Camacho, 2012).

Nesta direção um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos

resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, e em especial os industriais, tem aumentado ante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (Besen, 2011).

O Brasil, além de ser um dos maiores produtores agrícolas mundiais, vem se tornando, nos últimos anos, uma grande potência no beneficiamento de sua produção. Produtos que antes eram exportados *in natura*, atualmente passam por diversos processos de industrialização. Em consequência, a agroindústria transformou-se em importante segmento da economia do país (Uchôa, 2008).

O Brasil destaca-se no mercado internacional como um dos maiores produtores de frutas do mundo (IBRAF, 2010). A fruticultura hoje é um dos segmentos mais importantes da agricultura brasileira, respondendo por 25 % do valor da produção agrícola nacional, constituindo-se uma alternativa viável para a geração de emprego e renda (Sousa e Cavalcanti, 2011).

Diversos estudos sobre a composição de frutas e resíduos agroindustriais brasileiros têm sido realizados com o intuito de que estes sejam adequadamente aproveitados. Para agregar-lhes valor, é necessário o conhecimento dos seus constituintes, através de investigações científicas e tecnológicas (Vieira et al., 2009).

A crescente preocupação com o ambiente, é dada atenção especial ao aproveitamento dos resíduos gerados pela indústria de alimentos, buscando-se soluções para reduzir possíveis impactos ambientais, bem como agregar valor às matérias-primas que antes eram descartadas e ser utilizada novas técnicas de reaproveitamento para minimizar o seu desperdício, quando processados e transformados em carvão ativado (Pinto et al., 2005).

O interesse sobre o carvão ativado cresceu muito após a Primeira Guerra Mundial, na qual o mesmo foi usado contra gases tóxicos. Até o final da guerra,

pesquisadores desenvolveram importantes aplicações para o carvão ativo, tais como recuperação de solventes, extração de benzeno de fabricação de gases e eliminação de odor (Mucciacito, 2009).

As matérias-primas utilizadas para obtenção de carvão ativado são quase exclusivamente de origem vegetal e possuem alto teor de carbono, tais como: casca de coco, madeira de alta e baixa densidade, turfa, resíduos de petróleo, ossos de animais, resíduos agroindustriais, açúcar, caroço de azeitona, casca de noz, caroço de pêssego, entre outros (Claudino, 2003; Mucciacito, 2009).

Como alternativa para conter esse problema global o presente estudo teve a finalidade de mostrar a relevância do aproveitamento de resíduos agroindustriais, das frutas de coco-da-baia, laranja, banana, acerola e caju, demonstrando a importância da realização de aplicação do uso de novas fontes alternativas para a produção de carvão, contribuindo para a melhoria de qualidade de vida, principalmente socioeconômica, priorizando a preservação ambiental.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Analítica, no 8º andar do Bloco D da Universidade Católica de Pernambuco, sendo realizado em duas etapas.

A primeira etapa ocorreu com a coleta da matéria-prima, casca do coco verde e resíduos de laranja, banana, caju e acerola (bagaço e cascas). A casca de coco verde foi coletada nos locais de comercialização da venda de água de coco verde *in natura* no município de Recife, descartando-se aquelas de coloração marrom, porque apresentam maior dificuldade para serem processadas. Os resíduos de laranja, banana, caju e acerola foram obtidos nas indústrias de processamento de polpas e sucos.

A segunda etapa consistiu na preparação da matéria-prima ,tendo sido utilizado uma máquina desintegradora/trituradora de forragem para obtenção de material uniforme. Os resíduos de fibra-de-coco e da frutas foram cortados em pedaços para diminuir o embuchamento do sistema de alimentação da trituradora. Após o desfibramento, o material passou pela secagem até atingir de 15 a 20 % de umidade. O teor de umidade da fibra influencia no desempenho da máquina e no tamanho das partículas finais (Carrijo et al., 2002). A matéria-prima foi passada em peneira de 60 mesh para obtenção de granulometria equivalente de todos os resíduos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, com cinco tratamentos de acordo com a relação percentual de coco/resíduo igual a 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, conforme tabela 2.

Para análise imediata foram determinados os teores de cinzas (a 600 °C) e umidade (a 105 °C) segundo a norma ASTM D-1762/64, dos diversos tratamentos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software Minitab 15 (2007), onde foi possível elaborar gráficos do tipo Boxplot e gráficos do tipo Scatterplot (regressão linear) que demonstrassem a relação entre as determinações realizadas.

Resultados e Discussão

Na caracterização química dos resíduos (fibra-de-coco, laranja, acerola, caju e banana) *in natura*, percebe-se que os teores de sódio, potássio e nitrogênio são os que se apresentam em maiores concentrações nos resíduos, e os teores de cálcio e magnésio são inferiores a 1mg.kg^{-1} em todas as amostras e que, mesmo em baixos teores, os resíduos utilizados são constituídos de macronutrientes úteis, também, para o reaproveitamento agrônômico, conforme Tabela 1.

Para melhor compreensão dos gráficos a serem apresentados neste texto, a Tabela 2 indica os tratamentos utilizados com as respectivas legendas.

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam gráficos do tipo Boxplot para a produção de cinzas (em percentual) nas diversas misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja, acerola, banana e caju, respectivamente, com cinco repetições.

Observa-se na Figura 1 que o teor de cinzas da mistura de fibra-de-coco e resíduos de laranja, nos tratamentos 75C25L, 50C50L e 25C75L foi superior a 26 %, enquanto que no tratamento 100C0L não superou os 9 %. Pode-se observar, ainda, que ocorreu uma tendência crescente do teor de cinzas quando da mistura de 75 % de fibra-de-coco com 25 % de resíduos de laranja (75C25L) e, posteriormente, ocorreu uma queda linear para as misturas seguintes (50C50L e 25C75L). O teor de cinzas do resíduo de laranja ficou em torno de 25 %.

Observa-se na Figura 2 que o teor de cinzas (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de acerola não foi superior a 6 %. Isto se deve ao fato de que o teor total de cinzas percentual do resíduo de acerola (0C100A) não foi muito superior a 3 % e o teor total de cinzas percentual da fibra-de-coco (100C0A) não foi superior a 9 %. Além disso, pode-se observar um comportamento de decréscimo linear do teor de cinzas nas misturas 75C25A, 50C50A e 25C75A.

Na Figura 3 observa-se o teor de cinzas (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de banana onde há um aumento gradativo dos valores para os tratamentos utilizados e que as relações 100C0B, 75C25B e 50C50B apresentaram resultados em torno de 10 %.

Na Figura 4 todos os tratamentos utilizados apresentaram valores para o teor de cinzas (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de caju superiores a 10 %.

Segundo Couto (2009) algumas características devem ser levadas em consideração na escolha do material precursor para a produção do carvão ativado. Entre elas, as altas concentrações de carbono e o baixo teor de material inorgânico (cinzas) são de grande importância. No caso do teor de cinzas a importância está no fato de que são constituintes inorgânicos que não participam da produção de energia sendo um resíduo da reação de combustão, e que, muitas vezes, esses materiais apresentam consideráveis quantidades de cálcio, fósforo e enxofre, que podem, em doses elevadas, prejudicar, ou até mesmo limitar, determinados usos industriais, pois o material mineral apresenta efeito desfavorável sobre o processo de adsorção, adsorvendo preferencialmente água, devido ao seu caráter hidrofílico. Neste caso, as misturas 75C25L, 50C50L e 25C75L não apresentaram um resultado promissor em comparação com as misturas 75C25A, 50C50A e 25C75A, que apresentaram teores de cinzas bem inferiores, na ordem de 10 %, sendo mais indicados para o uso como material precursor para produção de carvão ativado, porque de acordo com Claudino (2003), em seu trabalho sobre a produção de carvão ativado com turfa, mostra que obteve maior teor de carbono fixo, menor densidade e melhor resposta como adsorvente, apresentava cerca de 7,1 % de cinzas, enquanto amostras com resultados muito inferiores apresentaram cerca de 29 % de cinzas.

As Figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam gráficos do tipo Boxplot para a determinação de umidade, em percentual, nas diversas misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja, acerola, banana e caju, respectivamente, com cinco repetições.

Pode-se observar na Figura 5 que a umidade (em percentual), em todos os casos, foi inferior a 2,5 %, e que a mistura que apresentou a menor umidade foi o 75C25L (75 % de fibra-de-coco com 25 % de laranja), tendo nas demais misturas (50C50L e

25C75L) ocorrido um aumento linear impulsionado pelo teor de umidade do resíduo de laranja (0CL100) que é superior a 2 %.

Pode-se observar na Figura 6 que a mistura de fibra-de-coco com resíduo de acerola que apresentou menor teor de umidade (em percentual) foi a amostra 25C75A (25 % de fibra-de-coco com 75 % de resíduo de acerola) com umidade média inferior a 0,6 %. Assim, percebe-se que o teor de umidade das misturas 75C25A, 50C50A e 25C75A foi superior à umidade, em percentual, da média da fibra-de-coco (100C0A) e do resíduo de acerola (0C100A); porém, todos inferiores a 1 %.

Na Figura 7, a umidade, em percentual, da mistura de fibra-de-coco com resíduo de banana mostra que em todos os tratamentos os valores são inferiores a 1 %, e que as relações 75C25B, 50C50B e 25C75B apresentaram maiores valores.

Observa-se na Figura 8 que a umidade, em percentual, para a mistura de fibra-de-coco com resíduo de caju apresenta valor menor que 2,5 % principalmente nos tratamentos 75C25C, 50C50C e 0C100C.

Com relação à umidade, Reinoso e Sabio (2004) relataram que a quantidade de água afeta a produção de carvão ativado no que diz respeito ao tipo de utilização que o produto final terá, ou seja, que tipo de material poderá ser adsorvido. Contudo, sabe-se que, segundo Ferreira et al. (2010), existe uma influência negativa da umidade sobre o poder calorífico na pirólise de compostos como madeira e outros, onde a umidade não pode ser superior a 70 % na base úmida, por que a queima será dificultada por ser necessária uma fonte externa de calor. Para Quirino et al. (2004) por existir essa umidade, é inevitável que ocorra uma perda de calor nos gases de combustão em forma de vapor de água, uma vez que a umidade da madeira evapora e absorve energia em combustão. Assim, materiais que apresentam menor teor de umidade percentual são mais indicados para uso, pois do contrário ocorre dificuldade e encarecimento no

processo de produção do carvão. Diante do exposto, pode-se perceber que tanto as misturas de fibra-de-coco com resíduos de laranja e de acerola apresentam resultados promissores, no que se refere à umidade do resíduo, porque em nenhum dos casos este parâmetro foi superior aos 70 % descrito pela literatura.

A Figura 9 apresenta a relação entre o teor de cinzas (em percentual) e a umidade (em percentual) das diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de laranja.

Através da Figura 9 obteve-se uma regressão linear da relação entre o teor de cinzas e a umidade para a média das diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de laranja, sendo expresso pela equação 1.

$$y = 13,79 + 9,857x \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

y = valor do teor de cinzas percentual.

x = valor da umidade percentual.

A Figura 10 apresenta a relação entre o teor de cinzas, em percentual, e a umidade, em percentual, das diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de acerola.

Através da Figura 10 obteve-se a regressão linear da relação entre o teor de cinzas e a umidade para a média das diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduos de acerola, sendo expresso pela equação 2.

$$y = 6,282 - 2,239x \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

y = valor do teor de cinzas percentual.

x = valor da umidade percentual.

Pode-se perceber através das Figuras 9 e 10 que o comportamento da umidade, em percentual, não apresenta relação direta com o teor de cinzas, em percentual, dos resíduos, e das misturas dos mesmos, não sendo dois parâmetros que possam sozinhos ser utilizados como conclusivos na seleção de um material precursor para produção de carvão ativado.

Segundo Jaguaribe et al. (2005, apud Piza, 2008), o teor de cinzas é um indicador da qualidade do carvão ativado e, em geral, a porcentagem de teor de cinzas de carvão ativado comercial é de até 15 %. A apresentação de baixo teor de cinzas é um fator positivo para produção de carvão ativado, visto que a matéria mineral (cálcio, fósforo, enxofre etc.) devido ao caráter hidrofílico, promove a adsorção de água, competindo com outros compostos de interesse, de acordo com Largosse et al. (2005, apud Piza, 2008).

Segundo Couto (2004), a umidade influencia significativamente a qualidade de combustão e o poder calorífico da biomassa. Assim, o material que irá sofrer pirólise não necessitará de calor extras para secar e entrar em combustão, onde o teor de umidade, em base úmida, tem que estar em torno de 65 a 70 % (Quirino, 2004). Assim materiais que apresentam menor teor de umidade percentual são mais indicados para uso, pois do contrário pode ocorrer dificuldades no processo de produção do carvão.

Para estabelecer qual a mistura de resíduos que apresenta maior potencialidade para produção de carvão ativado, se faz necessário aprofundar com a compilação de novos dados, como o teor de carbono fixo percentual e o material volátil percentual, antes de se passar para a fase da ativação.

Conclusões

1. As misturas de fibra-de-coco com caju e com laranja apresentaram baixo teor de umidade; contudo, apresentaram alto teor de cinzas, caracterizando um alto índice de compostos inorgânicos.
2. As misturas de fibra-de-coco com acerola e com banana, apresentaram um menor teor de cinzas e baixo teor de umidade, demonstrando serem promissoras para continuidade dos experimentos

Referências

ALMEIDA, J. R. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Thex, 2010, 566 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 1762-64**: standard test method for chemical analysis of wood charcoal. Philadelphia, 2005.

ANDRADE, A. M.; CARVALHO, L. M. Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do Estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 24-42, 1998.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Estatísticas 2010**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br>>. Acesso em: 10 maio 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico; método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

BESEN, G. R.; JACOBI, R. P. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.25, n.71, jan./abr. 2011.

CAMACHO, R. S. A barbárie moderna do agronegócio versus a agricultura camponesa: implicações sociais e ambientais. **GeoGraphos - Revista Digital para Estudantes de Geografía y Ciencias Sociale**, v. 3, n. 16, 2012.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, dez. 2002.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. 2003. 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

COUTO, G. M. **Utilização de serragens de *Eucalyptus sp.* na preparação de carvões ativados**. 2009. 89p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

FERREIRA, P.; PROENÇA, M. B. Estudo sobre o uso de casca da banana, folha e tronco de bananeira como biomassa para substituição de lenha em caldeiras flamotubulares. In: Foro Científico Estudantil do Instituto Superior Tupy, 5., 2010, Joinville. **Anais**. Joinville, 23 set. 2010.

BERGMAN, R.; CAI, Z.; CARLL, C. G.; CLAUSEN, C. A.; DIETENBERGER, M. A.; FALK, R. H.; FRIHART, C. R.; GLASS, S. V.; HUNT, C. G.; IBACH, R. E.; KRETSCHMANN, D. E.; RAMMER, D. R.; ROSS, R. J. **Wood Handbook, Wood as an Engineering Material**. Madison, WI: Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.

JAGUARIBE, E. F.; MEDEIROS, L. L.; BARRETO, M. C. S.; ARAUJO, L. P. The performance of activated. carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine . **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 22, n. 1, São Paulo, jan./mar. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Retrospectiva da fruticultura 2010**: ações no mercado interno e externo auxiliaram a fruticultura brasileira. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

LARGOSSE, S. et al. Water adsorption on carbon molecular sieve membrane: experimental data and isotherm model . **Carbon**, v. 43, p. 2769-2779, 2005.

MUCCIACITO, J. C. Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais. **Meio Filtrante online**, v. 39, ano 8, jul./ago. 2009. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=502&revista=n39>. Acesso em: 28 nov. 2012.

PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; ANDRADE, A. M. R.; FRAGA, S. L. P.; TEIXEIRA, R. B. Fermentação em estado sólido: uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais. **Comunicado técnico online**, 102, v.1, p.1-5, 2005.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEREDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa e Energia**, Viçosa, v. 1, n. 2. p. 173-182, 2005.

REINOSO, F. R.; SABIO, M. M. El carbón activado como adsorbente en descontaminación ambiental. In: CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO. **Adsorbentes en la solución de algunos problemas ambientales**. España: Francisco Rodríguez Reinoso, 2004. Cap. 3, p. 37-52.

SOUSA, A. P. L. de; CAVALCANTI, G. A. de. Emprego rural na fruticultura paraibana no período 1990-2005. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2011. **Anais**. Bananeiras, 2011.

TIENNE, L.; DESCHAMPS, M. C.; ANDRADE, A. M. Produção de carvão e subprodutos da pirólise da casca e do bagaço da laranja (*Citrus sinensis*). **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 191-197, 2004.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. C. O.; MORAES, G. H. K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera Indica* L.) var. ubá. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n.4, p.617-623, 2009.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R.. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.15, n.58-65, 2008.

Tabela 1. Alguns atributos químicos dos resíduos utilizados.

Determinações	Resíduos (<i>in natura</i>)				
	Fibra-de-coco	Laranja	Acerola	Caju	Banana
Na	9,58	0,23	44,00	4,88	0,11
K	34,87	11,81	nd	1,05	39,68
Ca mg.kg ⁻¹	0,27	0,48	0,10	0,10	0,38
Mg	0,36	0,29	0,09	0,09	0,38
N	21,73	31,35	30,20	30,20	17,47

Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento com as respectivas legendas.

Relação percentual coco + resíduo	Legenda
100% de fibra-de-coco + 0% de laranja	100C0L
75% de fibra-de-coco + 25% de laranja	75C25L
50% de fibra-de-coco + 50% de laranja	50C50L
25% de fibra-de-coco + 75% de laranja	25C75L
0% de fibra-de-coco + 100% de laranja	0C100L
100% de fibra-de-coco + 0% de acerola	100C0A
75% de fibra-de-coco + 25% de acerola	75C25A
50% de fibra-de-coco + 50% de acerola	50C50A
25% de fibra-de-coco + 75% de acerola	25C75A
0% de fibra-de-coco + 100% de acerola	0C100A
100% de fibra-de-coco + 0% de banana	100C0B
75% de fibra-de-coco + 25% de banana	75C25B
50% de fibra-de-coco + 50% de banana	50C50B
25% de fibra-de-coco + 75% de banana	25C75B
0% de fibra-de-coco + 100% de banana	0C100B
100% de fibra-de-coco + 0% de caju	100C0C
75% de fibra-de-coco + 25% de caju	75C25C
50% de fibra-de-coco + 50% de caju	50C50C
25% de fibra-de-coco + 75% de caju	25C75C
0% de fibra-de-coco + 100% de caju	0C100C

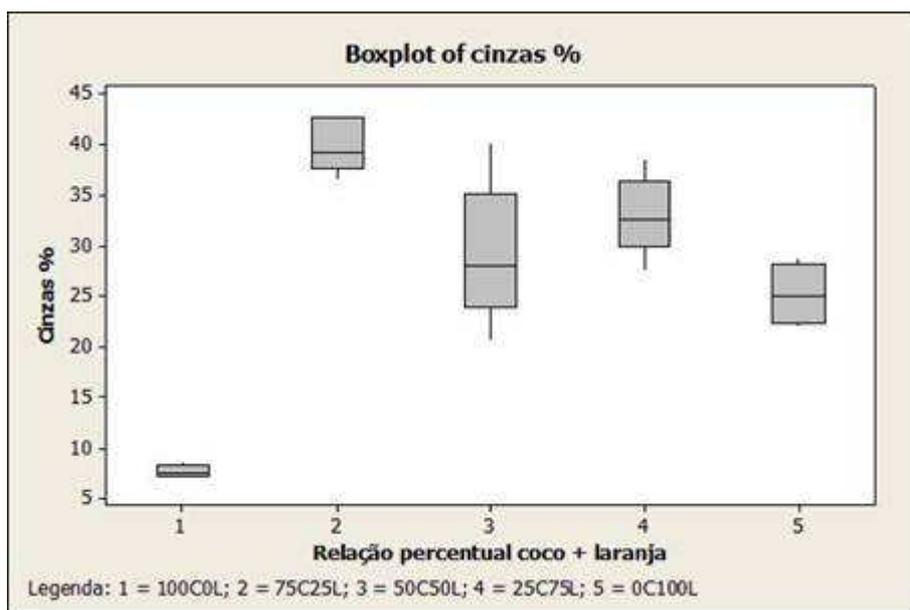


Figura 1. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja.

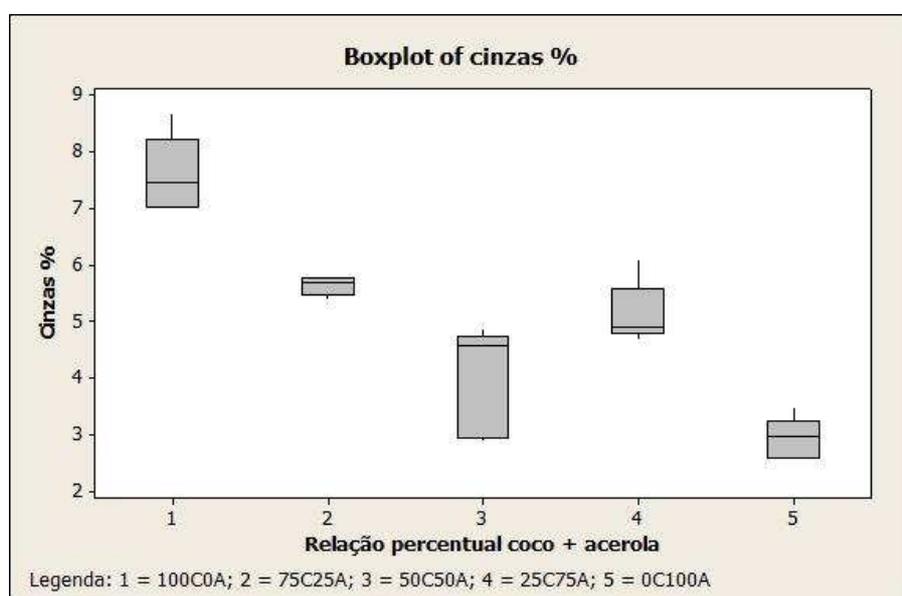


Figura 2. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de acerola.

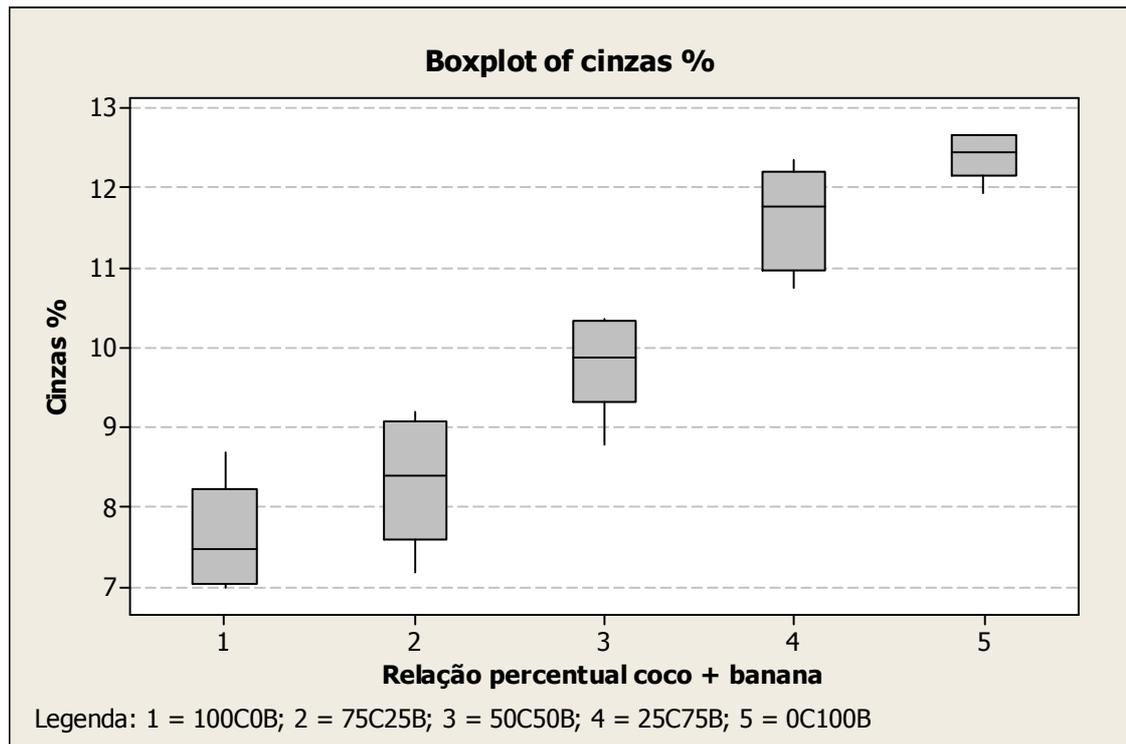


Figura 3. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de banana.

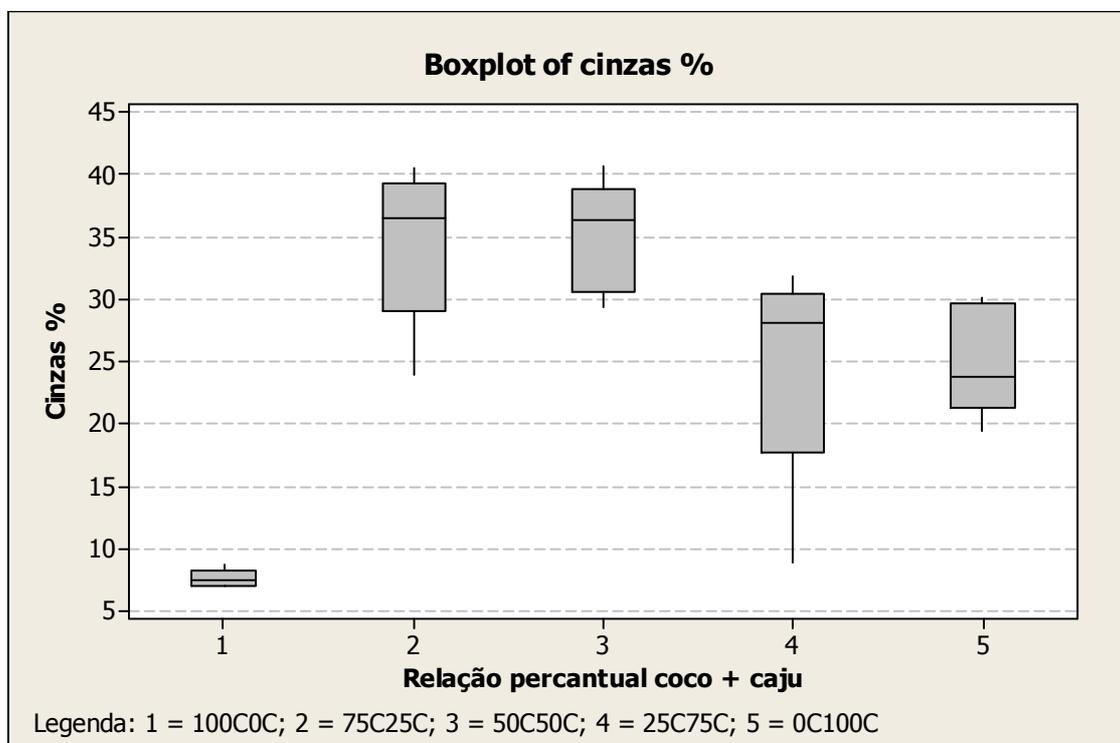


Figura 4. Teor de cinzas, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de caju.

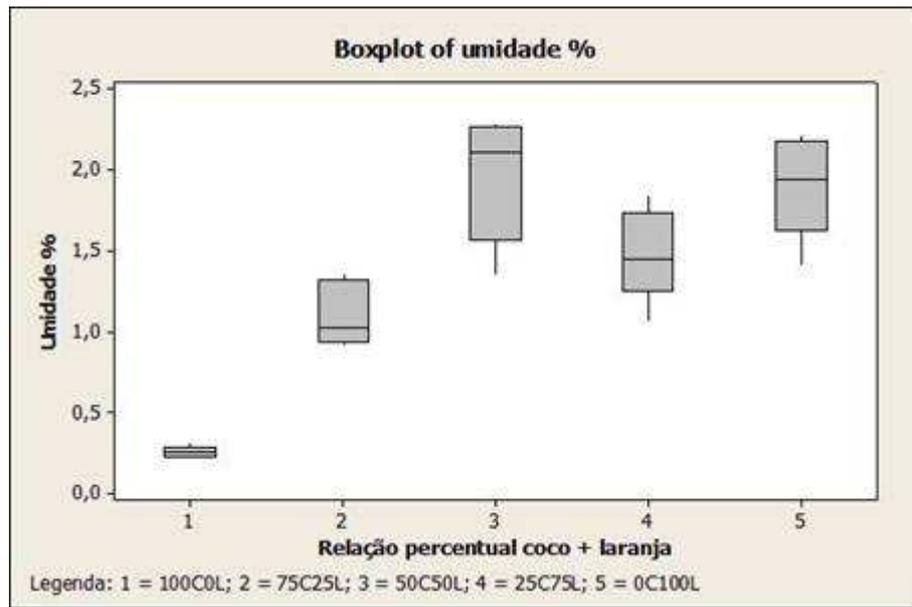


Figura 5. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de laranja.

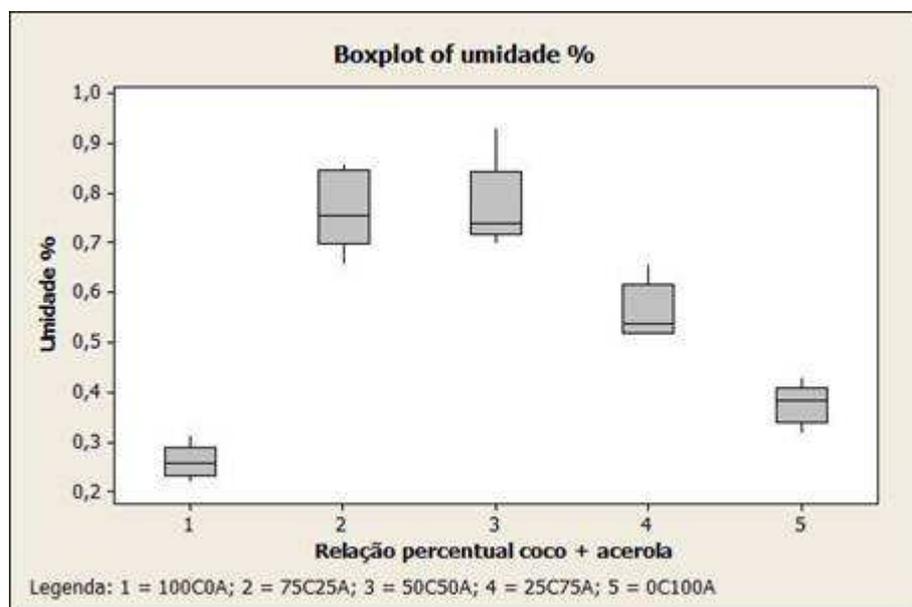


Figura 6. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de acerola.

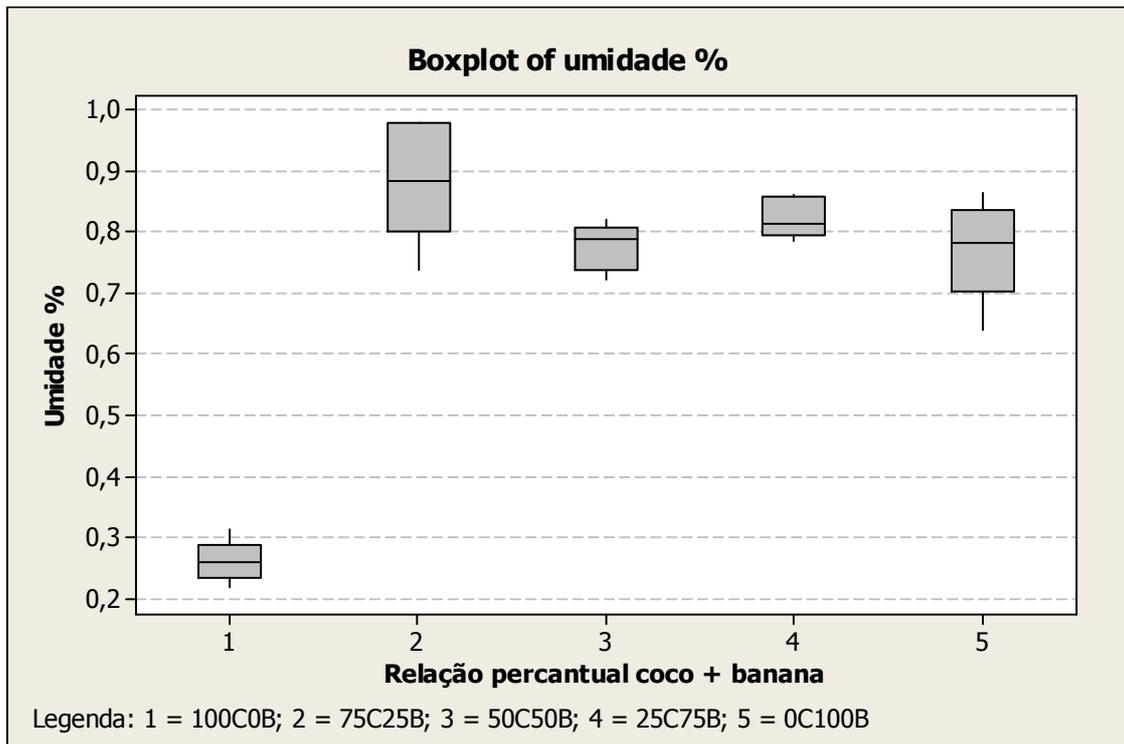


Figura 7. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de banana.

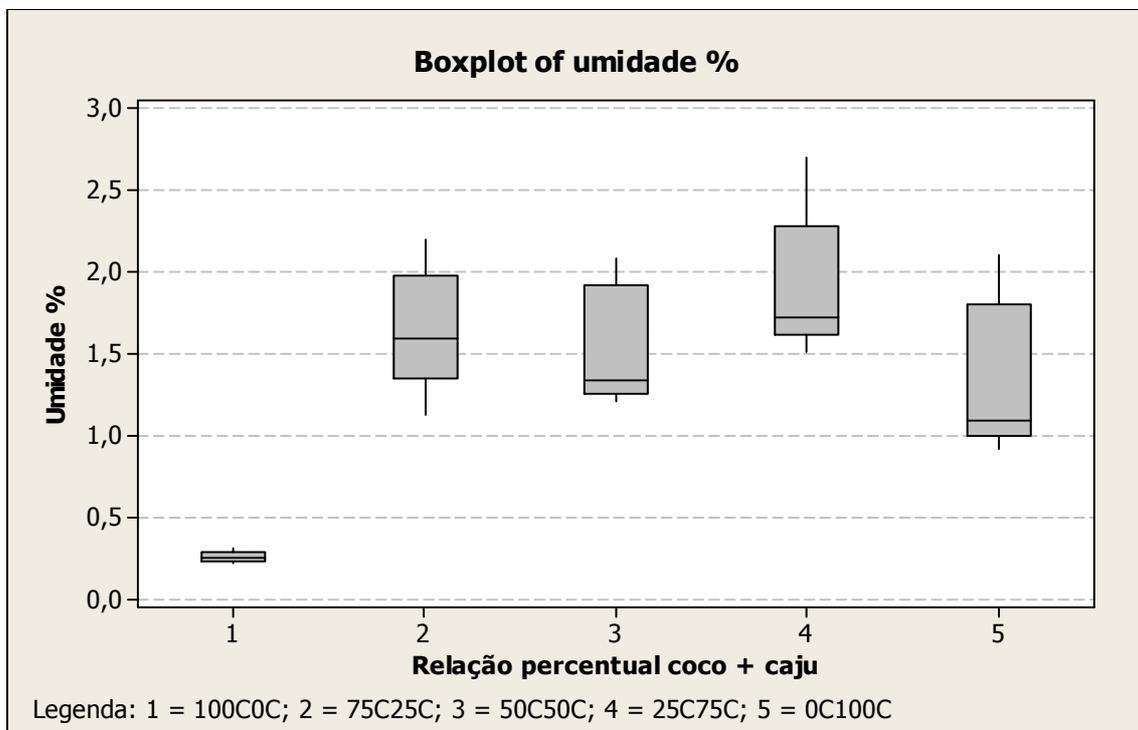


Figura 8. Umidade, em percentual, para as diferentes misturas de fibra-de-coco e resíduo de caju.

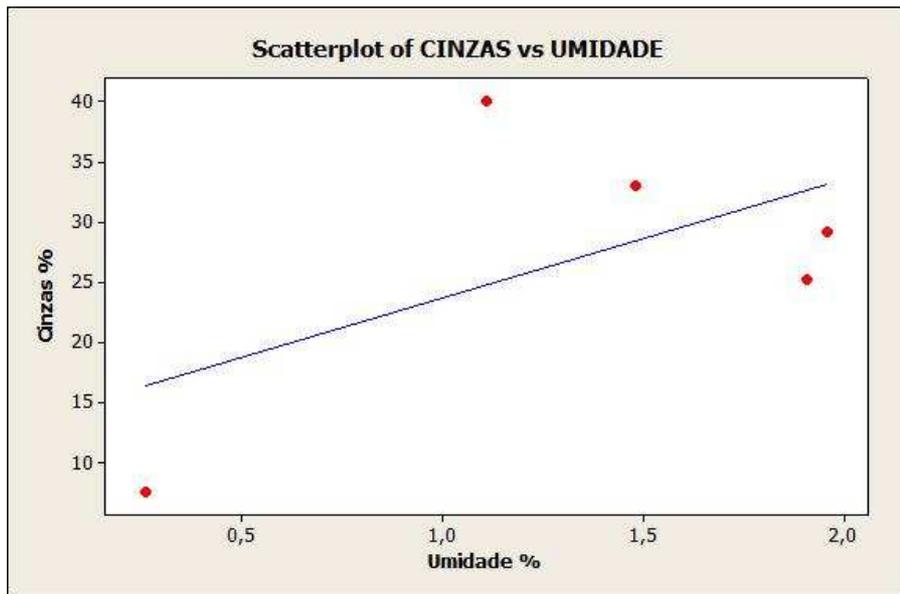


Figura 9. Teor de cinzas (em percentual) versus umidade (em percentual) nas diferentes misturas de fibra-de-coco com resíduo de laranja.

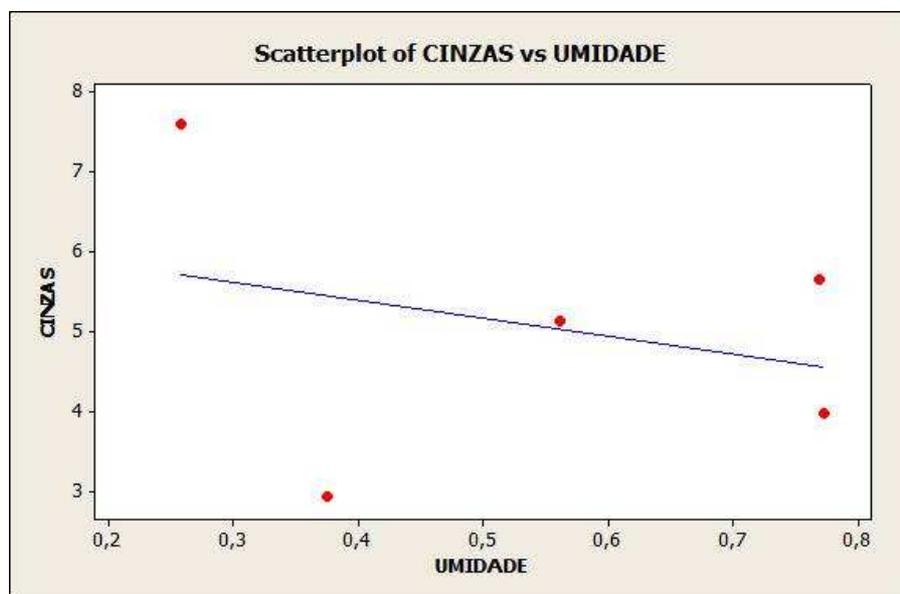


Figura 10. Teor de cinzas (em percentual) versus umidade (em percentual) nas diferentes misturas de fibra - de - coco com resíduo de acerola.

CAPITULO 3

(artigo a ser submetido à Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB,

ISSN 0100-204X)

**Avaliação do consórcio fibra-de-coco com resíduos sólidos para
produção de carvão ativado. II. Material volátil, carbono fixo e poder calorífico**

Lúcia Paula Martins Prado de Macêdo⁽¹⁾, Arminda Saconi Messias^(1,2), Vanessa Natália
de Lima⁽³⁾ e Emanuel Sampaio Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Rua do Príncipe, 526 - Boa Vista, Bloco D, 8º andar, CEP 50050-900 – Recife - PE- Brasil. ⁽²⁾Email: saconi@unicap.br, ⁽³⁾Universidade Católica de Pernambuco, Curso de Engenharia Ambiental, UNICAP, Bolsista PIBIC/CNPq, ⁽⁴⁾ Universidade Salgado de Oliveira .

Resumo - O objetivo deste trabalho foi analisar as características da pirólise da fibra-de-coco quando misturada com resíduos agroindustriais visando o máximo aproveitamento, rendimento e qualidade. A avaliação do potencial de aproveitamento do resíduo do coco verde pode ser uma alternativa para diminuir o espaço ocupado por estes resíduos no aterro sanitário, e desta forma aumentar a vida útil do mesmo, como a melhoria na saúde pública e com a redução da proliferação de vetores. As amostras residuais foram coletadas *in loco*, após pesquisa, visitas, entre outras formas de coleta. Após preparação do material, as características analisadas foram: análise imediata (material volátil e carbono fixo) e poder calorífico. Os dados obtidos, com cinco repetições, foram analisados estatisticamente indicando a probabilidade de se prosseguir com os

experimentos utilizando-se a mistura fibra-de-coco com banana e com acerola nos tratamentos 50C50A e 75C25B, respectivamente.

Termos para indexação: resíduos sólidos alternativos, aproveitamento, carvão, sustentabilidade econômica.

Evaluation of the consortium coconut fiber with solid waste production of activated carbon. II. Volatile material, fixed carbon and calorific power

Abstract - The aim of this study was to analyze the pyrolysis of coconut fiber characteristics when mixed with industrial waste for maximum utilization, yield and quality. The evaluation of the potential use of coconut residue may be an alternative to reduce the space occupied by these wastes in landfill, thereby extending its useful life and improving the health and a reduction in the proliferation of vectors. The residual samples were collected on the spot, after research, visits, among other forms of collection, all geared to the market itself. After preparation of the material, the characteristics analyzed were: immediate analysis (volatiles and fixed carbon) and calorific value. The data obtained with five replicates were analyzed statistically indicating the likelihood of continuing with the experiments using the mixture of coconut fiber, banana and acerola on the 50C50A and 75C25B treatments, respectively.

Index terms: alternative solid waste reclamation, coal, economic sustainability.

Introdução

A crescente preocupação com os impactos ambientais e o elevado índice de desperdício causado pelas indústrias de alimentos são fatores que também têm levado à busca de alternativas viáveis de aproveitamento desses resíduos para geração de novos

produtos para consumo humano. O aparecimento de resíduos, não é consequência apenas da escolha e seleção da matéria-prima desejada, surgindo também, nas diversas fases da fabricação. Os elementos residuais, constituídos por cascas, caroços, sementes, bagaços, são fontes de proteínas, fibras, óleos e enzimas e podem ser empregados para utilização humana na elaboração de produtos com maior valor agregado (Amuda, 2007). O aproveitamento dos subprodutos da agroindústria diminui os custos da produção e aumenta o aproveitamento do alimento, além de reduzir o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente (Garmus et al., 2009; Wahee et al., 2009).

O Brasil destaca-se no mercado internacional como um dos maiores produtores de frutas do mundo (IBRAF, 2010). A fruticultura hoje é um dos segmentos mais importantes da agricultura brasileira, respondendo por 25 % do valor da produção agrícola nacional, constituindo-se uma alternativa viável para a geração de emprego e renda (Sousa e Cavalcanti, 2011).

As matérias-primas utilizadas para obtenção de carvão ativado são quase exclusivamente de origem vegetal e possuem alto teor de carbono, tais como: casca de coco, madeira de alta e baixa densidade, turfa, resíduos de petróleo, ossos de animais, resíduos agroindustriais, açúcar, caroço de azeitona, casca de noz, caroço de pêssego, entre outros (Claudino, 2003; Mucciaccito, 2009).

A produção de coco (*Cocos nucifera*) no Brasil e a consequente geração das cascas estão atreladas à culinária e ao hábito de se beber a água do fruto. Embora não sejam naturais do Brasil suas palmeiras podem ser vistas por todo litoral nordeste do país e parte do sudeste e do norte. Seu consumo está disseminado por todos os estados da federação e como consequência direta ocorre a geração do resíduo formado pelas

cascas que contribuem para a diminuição da vida útil dos aterros, onde são normalmente dispostas (Ghavami et al., 1999).

Como alternativa para conter esse problema global o presente estudo teve a finalidade de mostrar a relevância do aproveitamento de resíduos agroindustriais como coco-da-baia, laranja, banana, acerola e caju, demonstrando a importância da realização de aplicação do uso de novas fontes alternativas para a produção de carvão, contribuindo para a melhoria de qualidade de vida, principalmente socioeconômica, priorizando a preservação ambiental.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Analítica, no 8º andar do Bloco D da Universidade Católica de Pernambuco, sendo realizado em duas etapas.

A primeira e a segunda etapas, de coleta e preparativos dos materiais utilizados, ocorreram da mesma forma que as empregadas no artigo anterior (capítulo 2).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, com a relação percentual de coco/resíduo igual a 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100.

Para análise imediata foram determinados os teores de material volátil (a cinza em mufla a 950 °C) e de carbono fixo, segundo a norma ASTM D-1762/64, e o poder calorífico, segundo a norma ABNT-NBR 8633/84, dos diversos tratamentos.

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o programa Statistica 5.0, tendo sido elaborados gráficos que demonstrassem a relação entre as determinações realizadas, considerando a diferença significativa pelo método de t de Student, com 95% de confiabilidade, sendo $p < 0,05$. A análise de variância (ANOVA) e a comparação de Tukey foram utilizadas para verificar as múltiplas comparações entre os testes.

Resultados e Discussão

As Tabelas 1 e 2 de caracterização química dos resíduos (fibra-de-coco, laranja, acerola, caju e banana) e a legenda explicativa dos tratamentos usados, respectivamente, constam do artigo anterior (capítulo 2).

A Figura 1 apresenta o gráfico da porcentagem média do material volátil *versus* relação coco/resíduo.

Os materiais voláteis podem ser definidos como as substâncias que são desprendidas da madeira/resíduo como gases durante a carbonização e/ou queima do carvão. O teor de materiais voláteis se refere à parte do carbono que sai juntamente com os gases (CO, CO₂ e hidrocarbonetos) quando se realiza a queima do carvão. Elevados teores de materiais voláteis facilitam a ignição; porém, a queima ocorre com bastante fumaça (Meira, 2002).

A eliminação dos materiais voláteis no carvão provoca um aumento natural no seu teor de carbono fixo. Normalmente, quando se carboniza uma madeira rica em lignina, obtém-se um elevado rendimento gravimétrico e o carvão apresenta um alto teor de carbono (Brito & Barrichelo, 1985).

Como se observa na Figura 1, o teor de material volátil (em percentual) na mistura de fibra-de-coco com resíduo da acerola (25C75A) obteve o melhor resultado com 63,80 % e no tratamento 50C50C de caju causa uma dispersão em relação aos demais tratamentos. Para o resíduo de banana obteve-se 63,36 % de materiais voláteis, e para o resíduo do coco verde 75,12 % de materiais voláteis. Os resultados obtidos estão dentro da faixa esperada que é de 65 a 83 % (Cortez & Lora, 2008; Ferreira, 2011).

A Figura 2 apresenta o gráfico da porcentagem média do carbono fixo *versus* relação coco/resíduo.

O teor de carbono fixo refere-se à porcentagem de carbono que permanece relativamente intacta quando se efetua o aquecimento do carvão vegetal, sendo

preferíveis os que apresentam elevados teores de carbono fixo, pois queimam mais lentamente, sendo um indicador da qualidade do carvão vegetal (Meira, 2002). Portanto, um carvão quimicamente desejável deve apresentar alta taxa de carbono fixo que depende da quantidade de material orgânico presente no combustível e baixa porcentagem de cinza que é material de origem mineral, não-orgânica, inerte e não-combustível (Juvillar, 1980).

Existe uma relação entre carbono fixo e teor de materiais voláteis e de cinzas no carvão; uma associação de materiais voláteis juntamente com a cinza do carvão resulta em maiores teores de carbono fixo e vice-versa (Cortez e Lora, 2008).

Observa-se na Figura 2 que o teor de carbono fixo (em percentual) na mistura de fibra-de-coco com resíduo da acerola (50C50A) foi superior a 85 % obtendo o melhor desempenho. Porém, na determinação dos resíduos individuais, sem a mistura com a fibra-de-coco, e no de acerola no tratamento 0C100A, o teor de carbono fixo foi superior a 90 %. Enquanto que para as misturas de fibra-de-coco com caju e banana o carbono fixo apresentou um crescimento linear.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Quirino et al. (2005). Existe, dessa forma, um balanço entre o teor de carbono fixo e o teor de materiais voláteis, que determinam o poder calorífico dos materiais utilizados.

A Figura 3 apresenta o comparativo entre o poder calorífico de todas as misturas de fibra-de-coco com os rejeitos.

O poder calorífico define-se como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa. O poder calorífico é expresso em joules por grama ou quilojoules por quilo, mas pode ser expresso também em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma (Jara, 1989).

Pode-se perceber que ocorreu um comportamento diferenciado entre as misturas de fibra-de-coco com cada um dos rejeitos. A mistura de fibra-de-coco com banana no tratamento de 75C25B apresentou o maior poder calorífico. No caso da mistura com os outros rejeitos esse comportamento ocorreu, para laranja e caju na mistura 25C75L e 25C75C, e no caso da acerola na mistura 50C50A.

Nogueira et al. (2000, apud Andrade, 2004) afirmam que o poder calorífico superior do coco residual em base seca é de cerca de 5.447,38 kcal/kg, equivalente a 54,47 cal/g. O carvão que possua um alto teor de matérias voláteis pode apresentar um poder calorífico mais elevado, desde que os compostos voláteis sejam ricos em hidrogênio, segundo Oliveira (1982, apud Silva, 2007). Neste experimento o poder calorífico da fibra-de-coco foi de 50,47 cal/g, o que equivale a 5.047 kcal/kg. Percebe-se que o comportamento entre as fibra-de-coco e cada resíduo foi bastante parecido.

Conclusões

Diante dos testes executados, dos resultados obtidos e discutidos neste trabalho, pode-se concluir que:

1. Para o carbono fixo, a mistura com acerola apresentou valor superior a 85 % no tratamento 50C50A; para a mistura com banana e com caju houve crescimento linear nos valores obtidos.
2. A mistura fibra-de-coco com acerola apresentou 6,38 % de materiais voláteis na relação 25C75A e a mistura com banana apresentou valor de 63,36 %.
3. Existe uma relação direta entre carbono fixo e materiais voláteis que determina o poder calorífico de uma matéria-prima para a produção de carvão.

4. A mistura de fibra-de-coco com banana obteve poder calorífico mais alto no tratamento 75C25B, e a mistura de fibra-de-coco com caju obteve maior poder calorífico nos tratamentos 75C25C e 25C75C.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 1762-64**: standard test method for chemical analysis of wood charcoal. Philadelphia, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico; método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

BRITO, J. O. de; BARRICHELO, L. E. G. **Química da madeira**. Piracicaba: ESALQ, Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”, 1985. 126 p.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Originalmente apresentada como dissertação ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m101.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2011.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S. (Orgs). **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo: Editora da Unicamp, 2008.

FERREIRA, P., PROENÇA, M. B. Estudo sobre o uso de casca da banana, folha e tronco de bananeira como biomassa para substituição de lenha em caldeiras flamatubulares. In: **Foro Científico Estudantil do Instituto Superior Tupy**, 5, 2011, Joinville. **Anais...** Joinville, 23 set. 2011.

GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 03, n. 02, p. 56-65, 2009.

GHAVAMI, K., TOLEDO FILHO, R. D. BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, p. 39-48, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Retrospectiva da fruticultura 2010**: ações no mercado interno e externo auxiliaram a fruticultura brasileira. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: IPT, 1989. (Comunicação técnica, 1797).

JUVILLAR, J. B. Tecnologia da transformação da madeira em carvão. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Manual CETEC: **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, p. 67-82. 1980.

MEIRA, A. M. **Diagnóstico Sócio-Ambiental e Tecnológico da Produção de Carvão Vegetal no Município de Pedra Bela, Estado de São Paulo**. 2002. 105f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

MUCCIACITO, J. C. Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais. **Meio Filtrante online**, v. 39, ano 8, jul./ago. 2009. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=502&revista=n39>. Acesso em: 28 nov. 2012.

NOGUEIRA, L. A. H. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF, 2000. 144 p.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. **Carvão vegetal: destilação, carvoejamento, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte: CETEC, 1982. 173 p. (SPT, 6).

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEREDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa e Energia**, Viçosa, v. 1, n. 2. p. 173-182, 2005.

SOUSA, A. P. L. de; CAVALCANTI, G. A. de. Emprego rural na fruticultura paraibana no período 1990-2005. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2, 2011. **Anais...** Bananeiras, 2011.

WAHEED, A., MAHMUD, S., SALEEM, M., AHMAD, T. Fatty acid composition of neutral lipid: Classes of Citrus seed oil. **Journal of Saudi Chemical Society**, v.13, p.269-272, 2009.

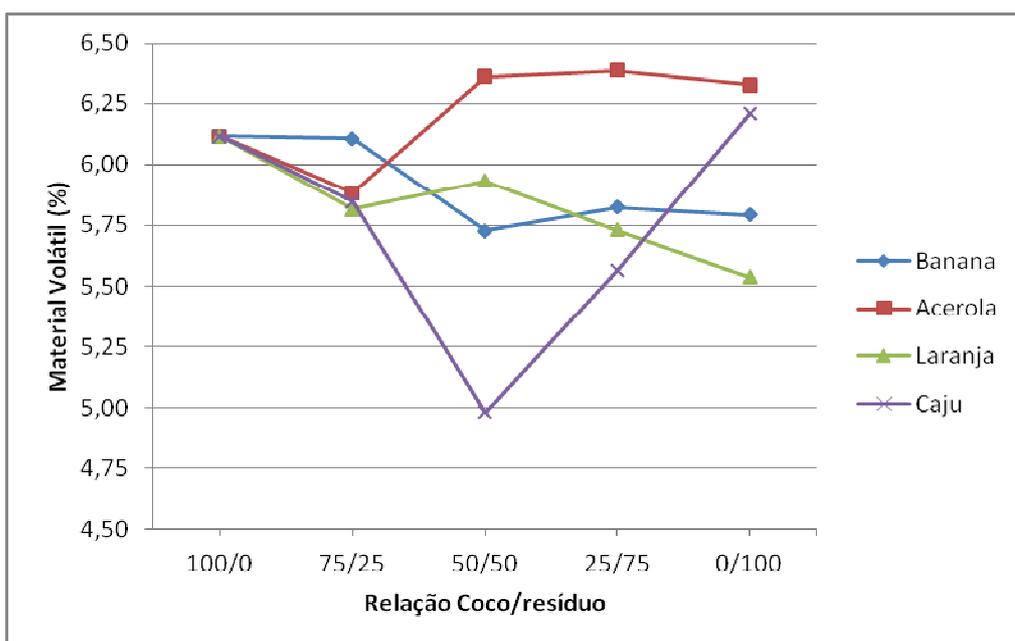


Figura 1. Porcentagem média do material volátil *versus* relação coco/resíduo.

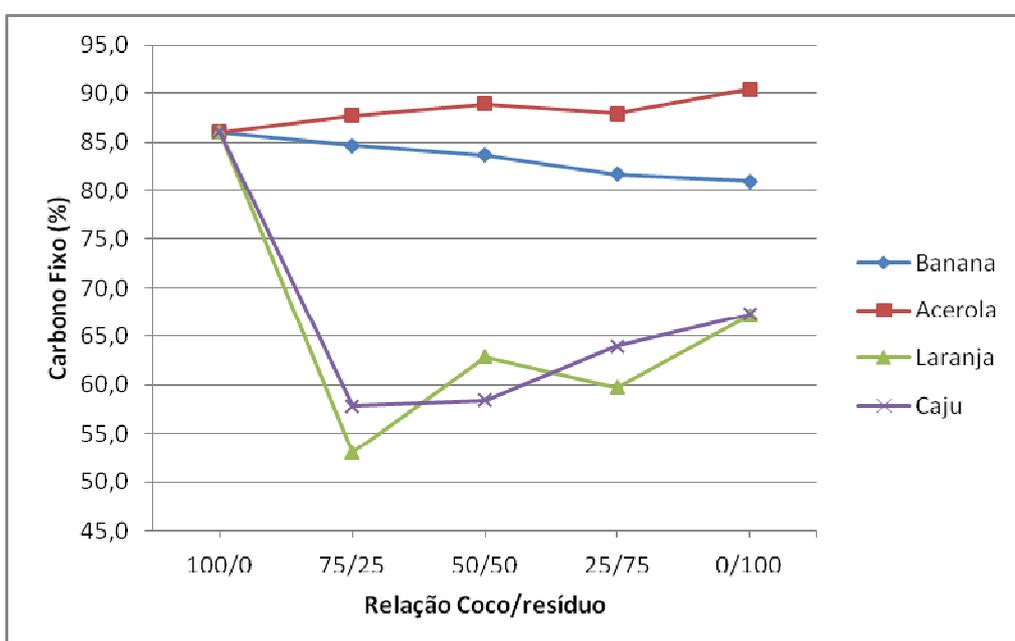


Figura 2. Porcentagem média do carbono fixo *versus* relação coco/resíduo.

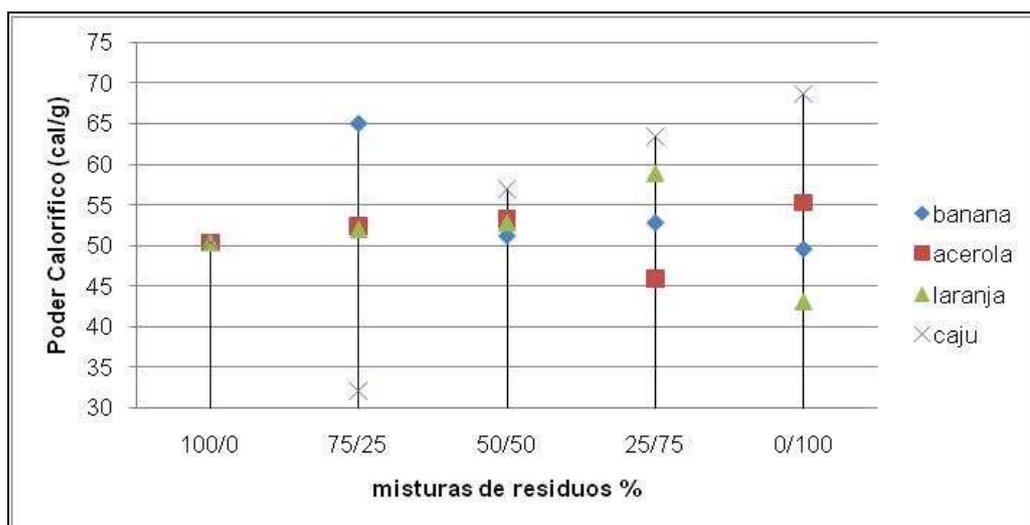


Figura 3. Poder calorífico da mistura de fibra-de-coco com todos os rejeitos.

CONCLUSÕES GERAIS

Os estudos efetuados possibilitaram a avaliação de compósitos que têm potencial para serem produzidos e comercializados, proporcionando assim o aproveitamento das fibras-de-coco e de resíduos agroindustriais e a conseqüente redução nas emissões de metano, além de contribuir para o aumento da vida útil dos aterros. Portanto, com relação ao objetivo geral do trabalho pode-se dizer que é possível aproveitar as cascas de coco (*Cocos nucifera*) e resíduos alternativos que atualmente são destinadas aos aterros e vazadouros.

Além dos benefícios energéticos, a pirólise da mistura da fibra-de-coco com a banana e com a acerola, permite a redução das massas e dos volumes desses resíduos agroindustriais. Assim, a proposta de produção de carvão e o aproveitamento dos subprodutos da pirólise também permitem a agregação de valor a esse resíduo agroindustrial.

ANEXO A - Exigência de formatação para publicação de artigo da revista PAB - Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Escopo e política editorial

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

Forma e preparação de manuscritos

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

- São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

- Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

- O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

Informações necessárias na submissão on-line de trabalhos

No passo 1 da submissão (Início), em “comentários ao editor”, informar a relevância e o aspecto inédito do trabalho.

No passo 2 da submissão (Transferência do manuscrito), carregar o trabalho completo em arquivo Microsoft Word.

No passo 3 da submissão (Inclusão de metadados), em “resumo da biografia” de cada autor, informar o link do sistema de currículos lattes (ex.: <http://lattes.cnpq.br/0577680271652459>). Clicar em “incluir autor” para inserir todos os coautores do trabalho, na ordem de autoria.

Ainda no passo 3, copiar e colar o título, resumo e termos para indexação (key words) do trabalho nos respectivos campos do sistema.

No passo 4 da submissão (Transferência de documentos suplementares), carregar, no sistema on-line da revista PAB, um arquivo Word com todas as cartas (mensagens) de concordância dos coautores coladas conforme as explicações abaixo:

- Colar um e-mail no arquivo word de cada coautor de concordância com o seguinte conteúdo:

“Eu, ..., concordo com o conteúdo do trabalho intitulado “.....” e com a submissão para a publicação na revista PAB.

Como fazer:

Peça ao coautor que lhe envie um e-mail de concordância, encaminhe-o para o seu próprio e-mail (assim gerará os dados da mensagem original: assunto, data, de e para), marque todo o email e copie e depois cole no arquivo word. Assim, teremos todas as cartas de concordâncias dos co-autores num mesmo arquivo.

Organização do Artigo Científico

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

- Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

- Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

- Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

- O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.
- O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

Título

- Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.
- Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.
- Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores

- Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção “e”, “y” ou “and”, no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

- O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.
- Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

- A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- Não devem conter palavras que componham o título.
- Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.
- Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus ou no Índice de Assuntos da base SciELO .

Introdução

- A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

- A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

- Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

Resultados e Discussão

- A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.
- Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.
- Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

- O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

- Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.
- Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- Não podem consistir no resumo dos resultados.
- Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

- A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser breves e diretos, iniciando-se com “Ao, Aos, À ou Às” (pessoas ou instituições).
- Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

- A palavra Referências deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.
- Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

- Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. Anais.Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

- Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.67-75, 2006.

- Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

- Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

- Teses

HAMADA, E. Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

- Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados. - A autocitação deve ser evitada. - Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

- Redação das citações dentro de parênteses

- Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

- Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.
- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.
- Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.
- Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão “citado por” e da citação da obra consultada.
- Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.
- Redação das citações fora de parênteses
- Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

- Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.
- Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

Tabelas

- As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.
- Devem ser auto-explicativas.
- Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.
- Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.
- O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

- No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.
- Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.
- As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.
- Notas de rodapé das tabelas
- Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.
- Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.
- Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

- São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.
- Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

- O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.
- Devem ser auto-explicativas.
- A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.
- Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.
- O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração. - As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- Não usar negrito nas figuras.
- As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

- Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

Apresentação de Notas Científicas

- A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

- As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- Resumo com 100 palavras, no máximo.

- Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

- Deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

Outras informações

- Não há cobrança de taxa de publicação.

- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.

- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.

- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios:

Embrapa Informação Tecnológica Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB
Caixa Postal 040315 CEP 70770 901 Brasília, DF

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

A contribuição é inédita e não está sendo avaliada para publicação por outro periódico científico nem teve seus dados (tabelas ou figuras) publicados integral ou parcialmente

em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica (boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc).

O arquivo de submissão do trabalho está digitado no formato Microsoft Word, espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com páginas e linhas numeradas, e não ultrapassa 20MB.

O trabalho tem no máximo 20 páginas e está apresentado na seguinte seqüência: título, nome completo dos autores, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, Título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, Tabelas e Figuras.

O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em diretrizes aos autores, na seção Sobre a Revista.

As mensagens de concordância dos co-autores com o conteúdo do trabalho e com a submissão à revista estão compiladas em um arquivo do Microsoft Word pelo autor-correspondente e serão carregadas no sistema no quarto passo da submissão, como documento suplementar.