

**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Centro de Tecnologia – CT  
Escola de Química**



# ALTERNATIVA DE APROVEITAMENTO DO PÓ DA CASCA DO COCO VERDE

**Alexandre Pereira de Souza  
Fabiola Pereira de Castro  
Gabriela Martinho Moura  
Roane Fantti Davilla**

**Orientadora:  
Valéria Castro de Almeida**

**Janeiro/2007**

## **Apresentação:**

Este trabalho foi desenvolvido pelos alunos **Alexandre Pereira de Souza, Fabíola Pereira de Castro, Gabriela Martinho Moura e Roane Fantti Davilla** sob orientação da professora **Valéria Castro de Almeida**, para conclusão do curso de graduação, sendo este o *Projeto Final de Curso*.

Este trabalho visa à apresentação de uma alternativa para que o resíduo gerado pelo consumo de coco – in natura ou seco – possa ser reaproveitado na construção civil, diminuindo a degradação do meio ambiente.

Aprovado por:

---

**Cheila Gonçalves Mothé - D.Sc.**

---

**Juacyara Carbonelli Campos – D.Sc.**

---

**Maria José de O. C. Guimarães - D.Sc.**

Orientado por:

---

**Valéria Castro de Almeida, D.Sc.**

**Rio de Janeiro, RJ – Brasil**  
**Janeiro de 2007**

## **Alternativa de Aproveitamento do Pó da Casca de Coco Verde**

### **Resumo**

A preservação ambiental é uma grande preocupação atual, desse modo, diversos estudos têm surgido com a finalidade de transformar rejeitos em materiais que possam ser descartados, sem causar quaisquer danos ao meio ambiente, ou então ser reutilizados de forma a tornarem-se atrativos tanto do ponto de vista ecológico quanto do econômico.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar preliminarmente a utilização do pó de coco verde em pastas cimentícias, solução que economiza energia, reduz a emissão de poluentes para a atmosfera e reaproveita economicamente um resíduo até então considerado detrito, reduzindo sua disposição final nos aterros e lixões, preservando o meio ambiente.

Estudos experimentais realizados em corpos de prova, tais como tempo de pega, absorção de água, resistência à compressão e microscopia eletrônica de varredura, levam a concluir a viabilidade da substituição parcial do cimento pelo pó de casca de coco verde, levando em conta suas diferentes aplicações.

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução.....</b>	<b>07</b>
<b>1.1 – Considerações Gerais.....</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1 – Informações Gerais sobre Cimento.....</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1.1 – Processo de obtenção do Cimento Portland.....</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1.2 – A Versatilidade do Cimento Brasileiro.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.2 – Informações Gerais sobre o Coco Verde.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2.1 – Fruto do Coqueiro.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2.2 – Variedades de Coqueiro.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2.3 – Beneficiamento da Casca do Coco.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 – Aspectos Econômicos, Mercado e Produção da Cocoicultura no Brasil... 20</b>	
<b>1.2.1 – Mercado de Coco Seco.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.2 – Mercado de Coco Verde.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3 – Meio Ambiente e Aproveitamento do Resíduo de Coco Verde em Alternativas Ecoeficientes..... 23</b>	
<b>1.3.1 – Utilização da Fibra de Coco Verde na Produção de Mantas e Telas para Produção do Solo..... 25</b>	
<b>1.3.2 – Utilização da Fibra de Coco Verde na Biotecnologia e Agricultura..... 26</b>	
<b>1.3.3 – Utilização da Fibra de Coco na Produção de Papel..... 26</b>	
<b>1.3.4 – Utilização da Fibra de Coco na Engenharia de Alimentos..... 26</b>	
<b>1.3.5 – Utilização da Fibra de Coco na Engenharia Civil e de Materiais.. 27</b>	
<b>1.4 – Contextualização..... 29</b>	
<b>1.5 – Objetivo..... 29</b>	

<b>Capítulo 2 – Metodologia Experimental.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 – Análise Granulométrica do Pó de Coco Verde.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2 – Caracterização Elementar do Pó de Coco Verde.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.1 – Determinação do Teor de Umidade.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.2 – Preparação dos Corpos de Prova.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3 – Determinação do Tempo de Pega.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 – Caracterização Física e Mecânica dos Corpos de Prova.....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.1 – Absorção de Água (AA).....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.2 – Determinação da Resistência à Compressão.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.3 – Microscopia Eletrônica de varredura (MEV).....</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 3- Resultados e Discussão.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 – Análise Granulométrica.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 – Teor de umidade.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3 – Tempo de Pega.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 – Absorção de Água (AA).....</b>	<b>40</b>
<b>3.5 – Resistência à Compressão.....</b>	<b>42</b>
<b>3.6 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....</b>	<b>43</b>
<b>Capítulo 4 – Conclusão.....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo 5 – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>49</b>

## Índice de Tabelas e Figuras

<b>FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1.1 – Preparo, dosagem e homogeneização da mistura crua.....	09
Figura 1.2 – Clinquerização, resfriamento e armazenamento do clínquer.....	09
Figura 1.3 – Moagem de cimento e ensacamento/distribuição.....	10
Figura 1.4 – Fruto do coqueiro.....	13
Figura 1.5 – Fluxograma das etapas de obtenção de pó de casca de coco verde.....	18
Figura 2.1 – (A)preparação do corpo de prova e (B)corpo de prova no molde.	33
Figura 2.2 – Aparelho de VICAT.....	34
Figura 3.1 - Determinação do tempo de pega para a mistura cimento e pó de coco.....	38
Figura 3.2 – Teor de absorção de água para as pastas cimento + pó de coco....	40
Figura 3.3 – Fotografias dos corpos de prova das diferentes misturas após o rompimento.....	41
Figura 3.4 – Valores da resistência à compressão das misturas preparadas.....	42
Figura 3.5 – (A) Fotomicrografia do pó de coco verde (B) Análise por EDS.....	43
Figura 3.6 – Esquema da estrutura de fibra vegetal.....	44
Figura 3.7 – Fotomicrografia da mistura A2.....	45
Figura 3.8 – (A) Fotomicrografia da mistura A2 (B) Análise por EDS.....	46
Figura 3.9 - Fotomicrografia da mistura A4.....	47
<b>TABELAS:</b>	<b>PÁGINA</b>
Tabela 1.1 – Composição percentual dos componentes do coco.....	15
Tabela 3.1 – Análise granulométrica do pó de coco verde.....	37

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

Os resíduos são as expressões visíveis e mais palpáveis dos riscos ambientais. Segundo uma definição proposta pela Organização Mundial de Saúde, um resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem um valor de mercado (VALLE, 1995).

A preservação ambiental é uma grande preocupação atual e desse modo diversos estudos têm surgido com a finalidade de transformar rejeitos em materiais que possam ser descartados, sem causar quaisquer danos ao meio ambiente, ou então ser reutilizados de forma a tornarem-se atrativos tanto do ponto de vista ecológico quanto do econômico.

Uma crescente preocupação das autoridades brasileiras diz respeito à disposição final das cascas de coco verde que tem apresentado um elevado volume ao longo dos últimos anos, devido ao aumento do consumo de água de coco. Esse problema se agrava principalmente, nos grandes centros urbanos onde esse material é de difícil descarte, sendo enviado para lixões e aterros sanitários.

A reciclagem e o reaproveitamento de resíduos sólidos como materiais para a construção civil são de fundamental importância para o controle e minimização dos impactos ambientais.

O setor da indústria de cimento constitui-se um dos principais responsáveis pela emissão de gases como o CO<sub>2</sub> devido ao processo de

calcinação das matérias primas para gerar o clínquer – intermediário para a produção do cimento Portland. O Brasil libera para a atmosfera aproximadamente 22,8 milhões de toneladas / ano de gás carbônico.

Nesse sentido, o estudo de viabilidade de materiais e produtos utilizando resíduos gerados de atividades urbanas e industriais, mostra-se cada vez mais necessário e ecologicamente correto.

No Brasil a utilização da fibra e do pó de coco verde na construção civil pode criar possibilidades no avanço da questão habitacional, através da redução do uso e do custo de materiais.

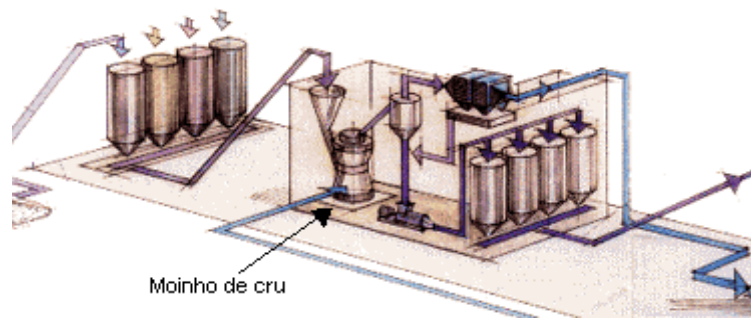
## **1.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1.1.1 - INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE CIMENTO**

#### **1.1.1.1 - PROCESSO DE OBTENÇÃO DO CIMENTO PORTLAND**

Na produção do cimento Portland, as matérias-primas são dosadas e misturadas, em proporções típicas de 70% a 90% de calcário, 10% a 30% de argila, zero a 1% de corretivos (minério de ferro, areia, bauxita) para compor a farinha, cuja composição principal inclui os principais elementos formadores das rochas, cálcio, silício, alumínio e ferro.



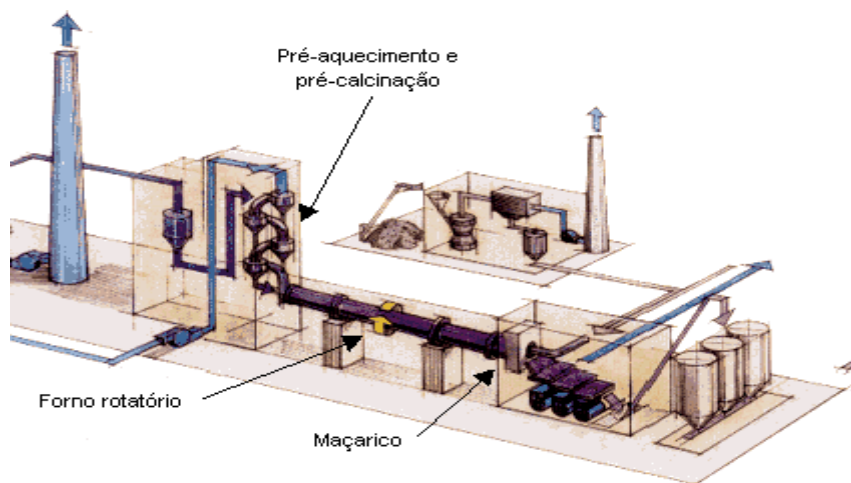


**Figura 1.1:** Preparo, dosagem e homogeneização da mistura crua.

Fonte: Cimento *Web* - História , 2006

O calcário e a argila em proporções pré-determinadas são enviados ao “**moinho de cru**” (de bolas de aço), onde se processa o início da mistura e homogeneização. Esta mistura já em proporções adequadas das matérias-primas denomina-se farinha ou cru. A seguir, nos tanques homogeneizadores, ocorre à devida mistura e, caso haja necessidade, correção de sua composição (figura 1.1).

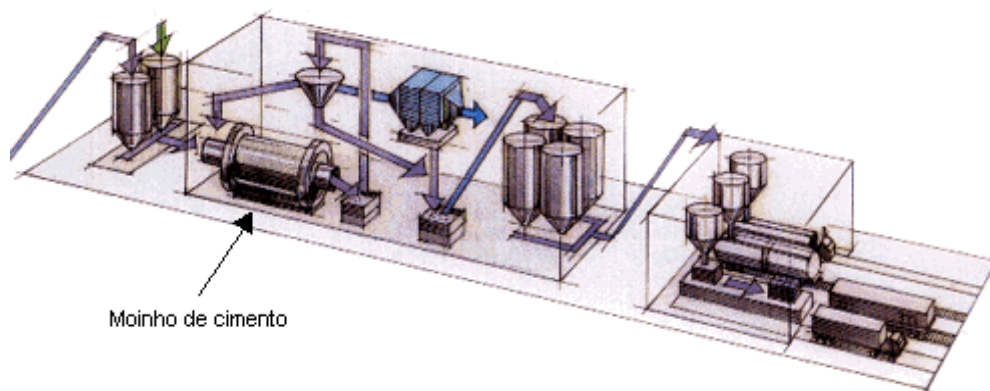
Confinado em um sistema fechado, o forno rotatório, a farinha é submetida a um gradiente termal que atinge 1450°C, em ambiente oxidante.



**Figura 1.2:** Clínquerização, resfriamento e armazenamento do clínquer

Fonte: Cimento *Web* - História , 2006

No processo de via seca, até a temperatura de 800 a 900°C, a farinha é **pré-aquecida e pré-calcinada**, através de uma série de ciclones em suspensão e um calcinador, por gases oriundos do forno. O processamento final ocorre no forno rotatório diretamente. Esses fornos têm aproximadamente 46 metros de comprimento e 2,4 a 6,1 metros de diâmetro. Dependendo do tamanho, os fornos giram com velocidade entre 0,5 a 2 rpm. Os fornos são ligeiramente inclinados, de modo que a matéria prima entra pela extremidade superior, mais alta e fria, avança lentamente a extremidade de queima, mais baixa e quente, levando de 1 a 3 horas no percurso. Na medida em que o forno gira em baixa velocidade, a matéria-prima desce e, aos poucos, é alterada fisicamente e quimicamente em temperaturas que chegam a 1.450°C. Sob esse calor intenso que geralmente é fornecido pela queima de carvão ou de óleo combustível, a matéria-prima se mistura e forma uma substância rochosa - o "clínquer" (figura 1.2). É composto principalmente de quatro minerais: silicato tricálcico (alita), silicato dicálcico (belita), aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) e ferroaluminato tetracálcico ( $C_4AF$ ).



**Figura 1.3:** Moagem de cimento e ensacamento/distribuição

Fonte: Cimento *Web* - História , 2006

Finalmente o clínquer é reduzido a pó em um moinho (**moinho de cimento**) juntamente com uma certa quantidade de gesso (determinada pela ABNT), entre outros aditivos (figura1.3).

#### **1.1.1.2 - A VERSATILIDADE DO CIMENTO BRASILEIRO**

O mercado nacional dispõe de oito opções, que atendem com igual desempenho aos mais variados tipos de obras. O cimento Portland comum (CPI) é referência, por suas características e propriedades, aos 11 tipos básicos de cimento Portland disponíveis no mercado brasileiro. São eles:

1. Cimento Portland Comum (CP I)
  - a. CP I - Cimento Portland Comum
  - b. CP I-S - Cimento Portland Comum com Adição
  
2. Cimento Portland Composto (CP II)
  - a. CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória
  - b. CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana
  - c. CP II-F - Cimento Portland Composto com Fíler
  
3. Cimento Portland de Alto-Forno (CP III)
4. Cimento Portland Pozolânico (CP IV)
5. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)
6. Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS)

**7. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)**

**8. Cimento Portland Branco (CPB)**

Esses tipos se diferenciam de acordo com a proporção de clínquer e sulfatos de cálcio, material carbonático e de adições, tais como escórias, pozolanas e calcário, acrescentadas no processo de moagem. Podem diferir também em função de propriedades intrínsecas, como alta resistência inicial, a cor branca etc. O próprio Cimento Portland Comum (CP I) pode conter adição (CP I-S), neste caso, de 1% a 5% de material pozolânico, escória ou fíler calcário e o restante de clínquer. O Cimento Portland Composto (CP II- E, CP II-Z e CP II-F) tem adições de escória, pozolana e filler, respectivamente, mas em proporções um pouco maiores que no CP I-S. Já o Cimento Portland de Alto-Forno (CP III) e o Cimento Portland Pozolânico (CP IV) contam com proporções maiores de adições: escória, de 35% a 70% (CP III), e pozolana de 15% a 50% (CP IV).

**1.1.2 – INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O COCO VERDE**

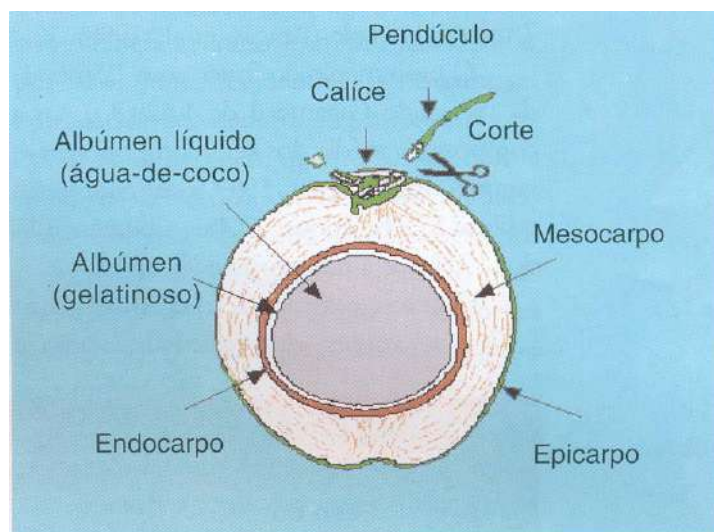
O coqueiro é a palmeira de maior importância socioeconômica das regiões intertropicais do planeta. Os produtos oriundos do fruto do coqueiro são: copra, óleo, ácido láurico, leite de coco, farinha, água-de-coco, fibra, pó de coco e ração animal. Nos países asiáticos, africanos e na maioria dos países da América Latina, o fruto do coqueiro é utilizado basicamente para a produção de copra e de óleo. O Brasil produz anualmente cerca de 800 milhões de

cocos, aproximadamente 85% da produção nacional de cocos são comercializados como seco: a metade é para uso culinário e o restante é industrializado, obtendo-se uma série de produtos como leite, sabão, óleo etc. Cerca de 15% da produção é consumida ainda verde para extração de água que também é industrializada.

Atualmente, a demanda por fibra e pó de coco está aumentando acentuadamente. E a tendência mundial é transformá-los, de subprodutos, em principais produtos do coco.

#### **1.1.2.1 - FRUTO DO COQUEIRO**

O fruto do coqueiro é botanicamente uma dupla (Passos, 1997), Figura 1.4. O fruto é mais ou menos de formato ovóide, dependendo da variedade, que também condiciona seu tamanho.



**Figura 1.4:** Fruto do coqueiro – Série Frutas do Brasil, 29 Coco pós-colheita.

Fonte: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

O exocarpo ou epicarpo é a camada fina que cobre o mesocarpo fibroso, formando a casca do coco (com aproximadamente 5 cm de espessura) dependendo da variedade. Por baixo desta, encontra-se o endocarpo, lenhoso, muito duro, denominado de casquilho ou quenga. O casquilho apresenta três bordas, aproximadamente longitudinal e três depressões bem definidas na base, que representam as divisões dos três carpelos originados da flor, que são conhecidos como poros germinativos e estão situados no final do fruto, onde se prende ao pedúnculo.

Antes de amadurecer, os frutos estão quase que completamente cheios com uma substância denominada água de coco, cuja quantidade e composição combinam à medida que avança o desenvolvimento. Quando os frutos estão completamente maduros, esta água desaparece quase que completamente, e forma o endosperma sólido, de cor branca. Para a germinação do fruto é necessária pequena quantidade de água de coco, ou seja, um coco seco não germina. O endosperma sólido do coco é uma camada fina, e quando jovem, parece geléia, no entanto, fica mais grossa à medida que a amêndoa vai amadurecendo, chegando a 1 cm ou mais. A casca, que se forma ao mesmo tempo em que o embrião, em seu período inicial é tenro, e, logo se enrijece e escurece. A composição média em valores percentuais dos componentes do fruto pode ser visualizada na tabela 1.1.

**Tabela 1.1:** Composição percentual dos componentes do coco

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
<b>Casca</b>	<b>35</b>
<b>Casquilho</b>	<b>12</b>
<b>Amêndoa</b>	<b>28</b>
<b>Água</b>	<b>25</b>

Fonte: Embrapa, 2006

#### **1.1.2.2 - VARIEDADES DE COQUEIRO**

Para se falar do coco é necessário se conhecer um pouco sobre a árvore que produz esse fruto. A cultura do coqueiro (*Cocos nucífera L.*) é cultivada em aproximadamente 90 países, sendo típica de clima tropical. Tem origem no Sudeste Asiático, onde se encontram os maiores produtores mundiais: Filipinas, Indonésia e Índia. No Brasil, atualmente há três tipos de coqueiros: gigante, anão e híbrido.

A variedade “*gigante*” é explorada pelos pequenos produtores de coco. Representa atualmente em torno de 70% da exploração do coqueiro no Brasil. Produz em médio de 60 e 80 frutos por planta ao ano, de formato variando de médio a grande e com vida econômica em torno de 60 anos. É muito empregado in natura, para uso culinário (na produção de doces, bolos), bem como na agroindústria de alimentos como leite de coco, farinha de coco, entre outros.

A variedade “*anão*” é a que atualmente está sendo utilizada comercialmente no Brasil, apenas para água-de-coco, apesar de apresentar variedade genética para ser empregada também na indústria de alimentos ou uso culinário. Produzem um grande número de frutos pequenos, entre 150 e 200 frutos por planta ao ano, atinge a estabilidade de produção em torno de 8 anos. Sua vida útil é em torno de 30 a 40 anos.

As variedades “*híbridas*”, obtidas por cruzamento entre os tipos Anão e gigante, medem 20 m (porte intermediário), produz até 160 frutos por planta ao ano é usado na agroindústria de alimentos, uso culinário e na forma de água-de-coco (COCO VERDE, 2000).

Todas elas são variedades de grande importância social nos países tropicais, pois fornece ao homem, alimento, bebida, abrigo e matéria prima variada para a indústria, além de ser uma excelente cultura para o reflorestamento de áreas degradadas.

### **1.1.2.3 - BENEFICIAMENTO DA CASCA DO COCO**

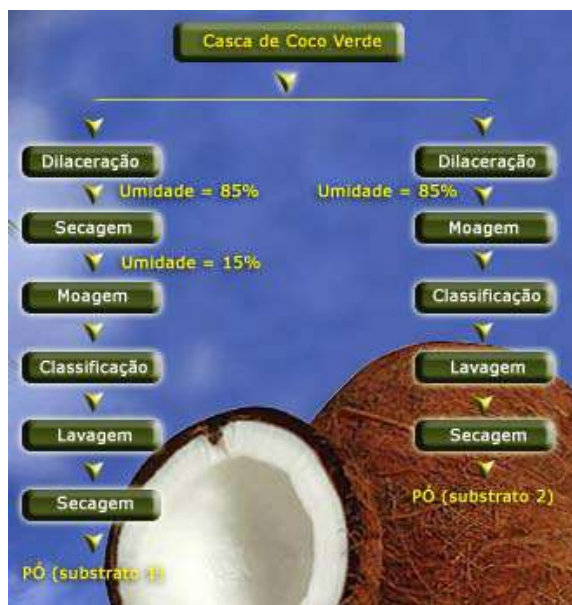
Entre 80% a 85% do peso bruto da matéria-prima (coco-verde) que é processada em uma indústria de água de coco representa lixo. Este material é enviado para lixões e aterros sanitários. Isto representa um adicional de custo visto que essas indústrias incluem-se entre os chamados grandes geradores de lixo, devendo responsabilizar-se pela coleta de material residual.



A casca de coco é constituída por uma fração de fibras e outra fração denominada pó, que se apresenta agregada às fibras. O pó da casca de coco é o material residual do processamento da casca de coco maduro para obtenção da fibra longa.

O pó da casca de coco verde pode ser obtido através de uma seqüência de operações, compreendendo as etapas de dilaceração, moagem, classificação, lavagem e secagem. Há duas formas de obtenção do pó, com ou sem secagem antes da moagem. No caso de secagem prévia, após a dilaceração, e antes de a casca ser submetida à moagem, procede-se à secagem ao sol durante cerca de quatro dias, sendo possível reduzir a umidade inicial de 85% para valores em torno de 15% a 20%.

As cascas dilaceradas e previamente secas alimentam um moinho de facas. A redução prévia da umidade permite que se obtenha na moagem um material mais homogêneo e com menor granulometria. A Figura 1.5 apresenta um fluxograma, contendo as duas formas de obtenção do pó da casca de coco verde e as etapas envolvidas em cada caso.



**Figura 1.5:** Fluxograma das etapas de obtenção de pó de casca de coco verde.

Fonte: Embrapa Comunicado Técnico, 2001.

**Dilaceração** - A casca de coco verde apresenta uma umidade elevada, em torno de 85%. A etapa de dilaceração aumenta a área superficial de contato da casca, o que facilita a etapa posterior de pré-secagem. Para tal, bandas de coco são colocadas em um moinho de facas sem tela e recolhidas em monoblocos para posterior secagem ao sol.

**Pré-secagem** - As cascas dilaceradas são dispostas ao sol e revolvidas diariamente, ao longo de 4 dias, com o objetivo de reduzir a umidade e facilitar a operação de moagem.

**Moagem** - O material dilacerado e seco é colocado em um moinho granulador com motor de indução trifásico. A depender do sentido de rotação, o moinho pode trabalhar com facas ou martelos soltos. A moagem produz uma pequena fração enovelada e uma fração particulada com granulometria heterogênea (pó da casca de coco).

**Secagem** - De acordo com a especificação final do produto, o material pode ainda ser submetido à nova secagem ao sol. Em geral, o pó de coco pode ser comercializado em sacos ou em ladrilhos (prensado). Para o caso de pó em sacos, a umidade final do produto pode situar-se entre 15 e 25%. Para o produto prensado, recomenda-se que o pó, antes da prensagem, não apresente umidade superior a 30%.

**Classificação** - Os materiais (particulado e enovelado) são separados por peneira de malha de 4 mm de abertura.

O rendimento médio do produto, após a moagem e secagem, em relação ao peso inicial de casca é de 11% a 13% de pó, com umidade entre 17% a 20%. Durante a moagem, há produção de uma fração particulada com granulometria heterogênea (pó da casca de coco) e, uma pequena fração enovelada, os materiais particulados e enovelados podem ser separados facilmente por peneira de malha 4 mm de abertura. Os materiais obtidos (substrato 1 e substrato 2), apresentam distribuições granulométricas diferentes. O substrato 1 é um material mais fino e homogêneo em decorrência da secagem previa. Já o substrato2 apresenta partículas maiores com aspectos grosseiros e aglomerados (COMUNICADO Técnico61, Embrapa, 2001).

O aproveitamento da casca do coco deve se tornar uma atividade viável, passando a ser mais uma alternativa de lucro para os sítios de produção.

## **1.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS, MERCADO E PRODUÇÃO DA COCOICULTURA NO BRASIL**

A cultura do coqueiro passou a apresentar, nos últimos anos, crescente interesse por parte dos produtores de diversos estados brasileiro, considerados não tradicionais nesse cultivo como, por exemplo, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Nesses Estados a cocoicultura irrigada apresenta-se como alternativa agrícola, dada a rentabilidade para os produtores e maior proximidade dos grandes centros consumidores.

No Brasil a cocoicultura tem pouca influência na geração de divisas, considerando que sua produção é quase totalmente consumida internamente, seja in natura ou industrializada quase toda a produção – aproximadamente 250.000 t extraídas dos 300.000 ha da faixa litorânea do Pará ao Rio de Janeiro – é utilizada na alimentação humana. No entanto é considerada uma das mais importantes culturas permanentes, principalmente para a Região Nordeste, onde o coqueiro da variedade Gigante constitui fonte de renda para mais de 220 mil produtores envolvidos com a cultura, dos quais 85% são pequenos produtores que exploram propriedades com área inferior a 10ha, localizados principalmente nas regiões litorâneas (Guitierrez Cuenca, 1998,2000). A cocoicultura, como atividade econômica gera aproximadamente 900mil empregos diretos, além de inúmeros empregos indiretos no restante da cadeia produtiva.

Para analisar a comercialização do coco é preciso separá-la em dois segmentos: mercado de coco seco e mercado de coco verde. É importante

observar que a comercialização nos dois casos pode ser feita durante todo o ano de modo a fornecer ao produtor um fluxo contínuo de receita.

### **1.2.1 - MERCADO DE COCO SECO**

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Produtores de Coco (Asbracoco), a produção brasileira, atualmente em torno de 1200 bilhões de frutos (IBGE, 2000) é comercializada da seguinte forma:

- 35% destinam-se à agroindústria que produz, principalmente coco ralado e leite de coco, para atender à demanda de grandes empresas produtoras de chocolate, biscoitos, iogurtes, etc;
- 35% destinam-se aos mercados das regiões Sudeste / Sul para atender as pequenas indústrias, a exemplo de docerias, padarias, sorveterias, etc);
- 30% restantes ficam no mercado Nordeste para atender ao consumo in natura e também as pequenas indústrias.

Normalmente, os frutos após serem descascados, sofrem uma classificação. Os mais pesados, inteiros e maduros são enviados para as regiões Sudeste / Sul e rede de supermercados do Nordeste, enquanto os demais são comercializados na própria região ou enviados para as indústrias.

No processo de comercialização, as maiores margens de lucros ficam na intermediação, pois existe uma grande disparidade entre os preços pagos aos produtores e os preços que são cobrados dos consumidores. Geralmente, o pequeno produtor não dispõe de condições para comercializar sua produção diretamente (Gutierrez Cuenca, 1998, 2000), vendendo o seu produto a

pequenos intermediários, que representam os grandes intermediários e grandes indústrias.

### **1.2.2 - MERCADO DE COCO VERDE**

A crescente demanda interna de água de coco vem acompanhando a tendência mundial de procura e consumo de produtos naturais mais saudáveis, afetando fortemente o mercado brasileiro de coco.

Para atender a esse mercado, o produtor tem utilizado o plantio de coqueiro-anão verde que apesar de ser o mais indicado para esse segmento, tem a desvantagem de possuir polpa delgada e menor teor de gordura, o que diminui a sua importância de uso pela indústria de processamento de polpa.

O coco verde pesa em torno de 1,5 Kg e quando bem padronizado chega a 2 kg. Possui cerca de 20% de água e 80% de casca, portanto um produto pesado e volumoso, o que dificulta e encarece o transporte.

Em relação à água-de-coco “in natura”, por exemplo, novas alternativas de mercado têm surgido nos últimos anos, contribuindo para aumentar o consumo do produto. Uma delas foi a introdução de máquinas de extração de água-de-coco, com o produto servido diretamente ao consumidor.

Tais máquinas são comercializadas em sistema de licenciamento, existindo no momento cerca de 300 licenciados em todo o Brasil. Estes são responsáveis por cerca de 1.200 máquinas que consomem, em média, 1,5 milhões de cocos/mês.

Do mesmo modo, a água-de-coco concorre no mercado de refrigerantes e bebidas isotônicas representando, segundo estimativas da Associação

Brasileira dos Produtores de Coco (ASBRACOCO), em torno de 1,4% desse consumo, estimado em cerca de 10 bilhões de litros/ano, segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA. A pequena participação neste mercado dá a dimensão das possibilidades de crescimento do consumo da água-de-coco, justificando a pretensão da ASBRACOCO de atingir 5% do mercado de refrigerantes e isotônicos, ou seja, 500 milhões de litros/ano.

Outra estratégia a ser adotada pelos produtores é de exportar coco-verde, inicialmente, para alavancar o consumo de água-de-coco envasada. Com isso, a exportação poderá ser expandida em futuro próximo, uma vez que o mercado europeu poderá transformar-se num grande consumidor do produto. Segundo informações do Sindcoco – Sindicato Nacional dos Produtores de Coco – colhidas junto a *traders* europeus o consumo de sucos de frutas na Europa apresentou crescimento da ordem de 300% após acidente comprovado em fábrica de refrigerantes, no ano de 1999, na Bélgica. Esta constatação, obviamente, abre perspectivas para água-de-coco, especialmente a envasada, que necessita, entretanto, ser muito bem trabalhada no mercado Europeu com estratégia de marketing agressiva e bem definida.

### **1.3 - MEIO AMBIENTE E APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO COCO VERDE EM ALTERNATIVAS ECO-EFICIENTES**

Seja verão, seja inverno, num país tropical como o Brasil, o consumo da água de coco verde independe da estação do ano. O que pouca gente imagina

é que o consumo da fruta gere tantas toneladas de resíduos. Na Grande Rio, por exemplo, são mais de 400 toneladas diárias de coco depositadas nos lixões. Apesar de levar entre 8 e 12 anos para se decompor, o desenvolvimento de técnicas de reciclagem para o produto não é menos importante. Principalmente levando em conta que para cada 250ml de água de coco 1 quilo de resíduo é gerado.

Nas cidades litorâneas e turísticas do Brasil podem ser obtidas grandes quantidades de coco verde descartados diariamente por comerciantes informais e por empresas que comercializam a parte comestível ou a água desse fruto. No entanto, a casca e as fibras correspondem à cerca de 90% do peso bruto do fruto. E devido à umidade média do coco verde, que pode chegar aos 85% (base úmida), bem como as propriedades das suas fibras, pode prejudicar algumas aplicações comuns ao fruto seco e, por isso, esse material é descartado como resíduo.

O fruto descartado, normalmente, é depositado nos aterros e nos denominados lixões. Isso tem provocado um significativo aumento nos serviços municipais de coleta, transporte e deposição de lixo em função, principalmente, do grande volume que representa. Deve-se considerar, também, a necessidade de grandes espaços nos vazadouros, o longo tempo de decomposição desse material (8 a 12 anos), os efeitos deletérios à paisagem urbana e os possíveis impactos negativos ao ambiente. De acordo com dados do IBGE (2003), estima-se que, do consumo em 2001, resultaram 1,42 bilhões de cocos no Brasil. No Estado do Rio de Janeiro foram gerados 41,04 milhões de cocos,



sendo 16,52 milhões somente na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro.

A grande quantidade de casca de coco gerada, bem como a perspectiva de aumento expressivo da produção e consumo do coco verde, propiciou a criação de projetos de rotas tecnológicas para o aproveitamento da casca de coco.

As alternativas de utilização das fibras de casca de coco verde apresentadas a seguir comprovam que estudos visando a sua aplicação têm recebido um maior enfoque. Por outro lado, pesquisas quanto ao uso do pó de coco têm sido pouco descritas na literatura.

### ***1.3.1 - UTILIZAÇÃO DA FIBRA DO COCO VERDE NA PRODUÇÃO DE MANTAS E TELAS PARA PROTEÇÃO DO SOLO***

A fibra do coco verde ou maduro pode ser empregada na área agrícola como matéria-prima para proteção de solos, ou controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.

A fibra, tecida em forma de manta é um excelente material para ser usado em superfícies sujeitas à erosão provocada pela ação de chuvas ou ventos, como em taludes nas margens de rodovias e ferrovias, em áreas de reflorestamento, em parques urbanos e em qualquer área de declive acentuado ou de ressecamento rápido (ARAGÃO, 2002).

### **1.3.2 - UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE COCO VERDE NA BIOTECNOLOGIA E AGRICULTURA**

O resíduo da fibra de coco como substrato de cultivo tem sido utilizado com êxito, devido a sua elevada estabilidade e capacidade de retenção de água, assim como uma boa aeração.

A transformação da casca do coco verde em pó é também uma alternativa ecologicamente correta e adequada a um substrato agrícola. O pó do coco usado pela agricultura no mercado internacional chega a custar US\$250 a tonelada.

### **1.3.3 - UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE COCO NA PRODUÇÃO DE PAPEL**

Utilizando-se como fonte de fibra celulósica a casca de coco verde, a mescla de polpa permite a utilização de menor quantidade de polpas extraídas de madeiras como pinheiros e eucaliptos, reduzindo o tempo de corte das árvores e, por conseguinte, ampliando a quantidade de papel produzido ou diminuindo a área de plantio.

### **1.3.4 - UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE COCO NA ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

Uma das alternativas para a casca de coco verde poderia ser seu aproveitamento em processos fermentativos, com a produção de enzimas. Como a maioria dos rejeitos agroindustriais, estes materiais contêm grande quantidade de compostos como celulose, hemicelulose, pectina e outros, não

havendo necessidade de grandes complementações nutricionais para o adequado desenvolvimento microbiano (COELHO *et all*, 2001).

### **1.3.5 - UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE COCO NA ENGENHARIA CIVIL E DE MATERIAIS**

Compósitos reforçados com fibras naturais podem ser uma alternativa viável em relação àqueles que usam fibras sintéticas como as fibras de vidro. As fibras naturais podem conferir propriedades interessantes em materiais poliméricos, como boa rigidez dielétrica, melhor resistência ao impacto e características de isolamento térmico e acústico.

Na indústria de embalagens existem projetos para a utilização da fibra de coco como carga para o PET, podendo gerar materiais plásticos com propriedades adequadas para aplicações práticas e resultando em contribuição para a resolução de problemas ambientais, ou seja, reduzindo o tempo de decomposição do plástico.

A indústria da borracha é receptora também de grande número de projetos envolvendo produtos ecológicos diversos, desde a utilização da fibra do coco maduro e verde na confecção de solados de calçados, até encostos e bancos de carros.

Dessa forma é possível diminuir o preço do produto final, à medida que se aumenta a quantidade de utilização do resíduo do coco verde.

Com o surgimento do eco-materiais para revestimentos, pinturas e tubulações entre outros o processo de reciclagem aplicado à construção teve um progresso considerável.

A crise energética mundial das últimas duas décadas tem motivado o desenvolvimento de pesquisas sobre o fibro-cimento ou fibro-concreto devido ao fato de a fabricação de cimento exigir menor demanda de energia comparada com a necessária à fabricação do aço ou dos plásticos

No caso da construção civil a fibra de coco verde deve ser usada com cimento especial, de baixo teor de alcalinidade. A alcalinidade do cimento normal destrói as fibras, fazendo com que a parede apresente rachaduras e fraca resistência.

Vários fatores justificam o desenvolvimento de pesquisas quanto à aplicação das fibras do coco no fibro-cimento e no concreto-fibra. Pois além de viabilizar soluções econômicas para problemas de cobertura, equipamentos sanitários, placas e painéis, introduzindo novas alternativas no mercado de construção, o aproveitamento das fibras traria grande incentivo ao reaproveitamento do resíduo da cadeia comercial e agroindustrial do coco verde.

#### **1.4 – CONTEXTUALIZAÇÃO**

As informações sobre a produção de lixo no Brasil, divulgadas pelos órgãos oficiais dão conta que o país produz cerca de 100 mil toneladas de lixo por dia. O destino que se dá ao lixo é o grande problema, pois se grande parte destes resíduos fossem reaproveitados ou reciclados, diminuiriam a degradação do meio ambiente. O aumento do consumo de coco vem gerando um volume cada vez maior de resíduos nos lixões, e uma alternativa seria agregar este resíduo, após etapas de beneficiamento, no cimento.

A indústria do cimento responde por cerca de 7% da emissão anual de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Na produção de cada tonelada de cimento, é lançada 0,6 tonelada de CO<sub>2</sub> no ar. O Brasil apresenta uma produção anual de 38 milhões de toneladas de cimento Portland (comum), libera para a atmosfera aproximadamente 22,8 milhões de toneladas / ano de gás carbônico. Esses dados já são suficientes para justificar linhas de pesquisa sobre materiais cimentícios com enfoque para desenvolvimento sustentável.

#### **1.5 - OBJETIVO**

O presente trabalho tem por objetivo avaliar preliminarmente a utilização do pó de coco verde em pastas cimentícias. Esta alternativa economiza energia, reduz a emissão de poluentes para a atmosfera e reaproveita economicamente um resíduo até então considerado detrito.

## **CAPÍTULO 2: METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

Na realização da parte experimental desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Pó de coco verde POEMATEC adquirido no comércio.

Uma das iniciativas bem sucedidas de articulação dos elos da cadeia produtiva do coco maduro e verde para a utilização de resíduos é o Programa POEMA - Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia, da Universidade Federal do Pará. A cadeia produtiva do coco envolve, na produção cerca de 5000 pessoas de 17 comunidades rurais. A extração da fibra se dá em 7 agroindústrias comunitárias no interior do Estado do Pará, que comercializam o produto diretamente no mercado local, para a indústria POEMATEC. A comercialização da linha de jardinagem beneficia as comunidades rurais sendo incentivo para o uso de materiais recicláveis (SENHORAS, 2002).

- Cimento Portland CPIII - 32RS cimento Portland de alto forno resistente a sulfatos

O uso de fibra ou pó de coco na construção civil deve ser usado com cimento especial de baixo teor de alcalinidade. A alcalinidade do cimento normal destrói as fibras, fazendo com que a parede apresente rachadura e pouca resistência (SISTEMA BRASILEIRO DE RESPOSTA TÉCNICA, 2005).

## **2.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE COCO VERDE:**

A análise granulométrica fornece a distribuição percentual, em peso, dos tamanhos dos grãos que constituem o material, ou seja, permite identificar o tamanho e a distribuição dos grãos.

Após passagem pelo processo de moagem, o pó da casca de coco foi então classificado, e quantificado granulometricamente, utilizando para isto um rot-up MARCONI, com jogo de peneiras ABNT de 16, 28, 35, 48, 80 e 100 mesh.

## **2.2 CARACTERIZAÇÃO ELEMENTAR DO PÓ DE COCO VERDE**

### **2.2.1 – DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE**

O teor de umidade foi realizado em uma estufa. A amostra foi seca a 80°C por 1 hora e as massas antes e após secagem foram determinadas até peso constante. Mediante esses valores, obteve-se através da equação 2.1, o teor de umidade presente no pó de coco verde.

$$\text{Teor de Umidade (\%)} = \frac{M_u - M_s}{M_u} \times 100 \quad (2.1)$$

Onde,

- $M_u$  → massa de resíduo úmida
- $M_s$  → massa de resíduo seca

### **2.2.2 – PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA**

Com a finalidade de verificar a possibilidade de usar o pó de coco como substituinte de parte do cimento Portland foram confeccionados corpos de prova com as seguintes proporções:

**A1** = 2000mL cimento + 800 mL água (100% Cimento)

**A2** = 1500mL cimento + 1500mL pó de coco + 1050mL água (50% Cimento)

**A3** = 3000mL cimento + 1000 mL pó de coco + 1500 mL água (75% Cimento)

**A4** = 2625 mL cimento + 375 mL pó de coco + 1000 mL água (87,5% Cimento)

O procedimento da mistura dos componentes foi realizado por adaptação da norma NBR-13267 devido às características do resíduo vegetal. As quantidades dos componentes foram determinadas por volume. A homogeneização da mistura foi feita manualmente. Inicialmente foi misturados o cimento e o pó de coco e posteriormente adicionada a água de amassamento.

A moldagem foi feita utilizando uma forma cilíndrica de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro. As amostras foram moldadas em três camadas de misturas, com espessuras aproximadamente iguais com aplicação de 20 golpes por camada com um soquete metálico (figura 2.1A). A relação água/cimento em torno de 0,5 foi necessária para garantir a homogeneidade dos compostos durante a mistura decorrência da grande quantidade de pó empregada e da sua elevada absorção de água. Após 24h os corpos de prova (figura 2.1B) foram desenformados e levados a uma câmara úmida permanecendo por 28 dias. Foram preparados seis corpos de prova para cada mistura.





(A)



(B)

**Figura 2.1:** (A) Preparação do corpo de prova, (B) Corpos de prova nos moldes

Fonte: Própria - Foto tirada pelo grupo, 2006

### **2.3 - DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PEGA**

O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, propriedades essencialmente físicas, conseqüentes de um processo químico de hidratação. É definida como o momento em que a pasta adquire certa consistência que a torna imprópria a um trabalho.

No processo de hidratação, os grãos de cimento que inicialmente se encontram em suspensão vão-se aglutinando uns aos outros por efeito de floculação conduzindo à construção de um esqueleto sólido, responsável pela estabilidade da estrutura geral. O prosseguimento da hidratação em subseqüentes idades conduz ao endurecimento responsável pela aquisição permanente de qualidades mecânicas, características do produto acabado. A pega e o endurecimento são dois aspectos do mesmo processo de hidratação

do cimento, vistos em períodos diferentes a pega na primeira fase do processo e o endurecimento na segunda e última fase do mesmo. A partir de certo tempo após a mistura, quando o processo de pega alcança determinado estágio, a pasta não é mais trabalhável, não admite operação de remistura. Neste ponto a pasta deve permanecer em repouso, para permitir o desenvolvimento do endurecimento.

A determinação do tempo de pega foi feita para todas as misturas propostas utilizando-se o aparelho de Vicat, Figura 2.2(BAUER, 1994).



**Figura 2.2:** Aparelho de VICAT

Fonte: [www.roehren-hamm.htm](http://www.roehren-hamm.htm) , 2006

#### **2.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS CORPOS DE PROVA**

A caracterização foi feita após 28 dias de cura por meio de ensaios de absorção, resistência à compressão e microscopia eletrônica de varredura.

### **2.4.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA (AA)**

A absorção de água é devido aos poros existentes no material dos grãos. O ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 9937 e 9777 calculada da seguinte maneira:

$$AA(\%) = \frac{(M_U - M_s)}{M_s} \times 100$$

Onde,

- $M_s$  → massa do corpo seco
- $M_U$  → massa do corpo saturado de água

### **2.4.2 - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**

Realizado segundo a norma NBR - 7215 de corpos cilíndricos com 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro. O cálculo da resistência à compressão, em megapascals (MPa), de cada corpo-de-prova, foi feito dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova. Para cada traço das misturas foram realizados 6 ensaios.

### **2.4.3 - MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)**

A utilização desta técnica permite realizar um estudo das características superficiais e da morfologia das partículas. Quando uma radiação é empregada para iluminar um objeto, o valor limite do poder de resolução é definido pelo

comprimento de onda da radiação. No microscópio eletrônico, ao invés da luz visível, a amostra é bombardeada com um feixe de elétrons altamente energético, permitindo portanto um poder de resolução bem mais elevado que na microscopia ótica.

Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura JSM6460 LV JEOL. O microscópio possui um sistema de EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer) utilizado para quantificar e qualificar os elementos químicos, além de permitir o mapeamento dos mesmos em toda a área selecionada.

## CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Pela distribuição granulométrica verificou-se que 30,6% do pó de coco verde são compostos por partículas com diâmetro maior que 1,18 mm, enquanto que 45,5% estão na faixa das partículas maiores que 0,50 mm e menores que 1,18 mm. A fração acumulada em cada peneira encontra-se discriminada na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1:** Resultado da análise granulométrica do pó de coco verde.

<b>Peneira (mesh)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>%retida</b>
<b>16</b>	1,18	30,6
<b>28</b>	0,60	24,06
<b>35</b>	0,50	21,53
<b>48</b>	0,30	12,37
<b>80</b>	0,18	8,15
<b>100</b>	0,15	1,57
<b>fundo</b>		1,68

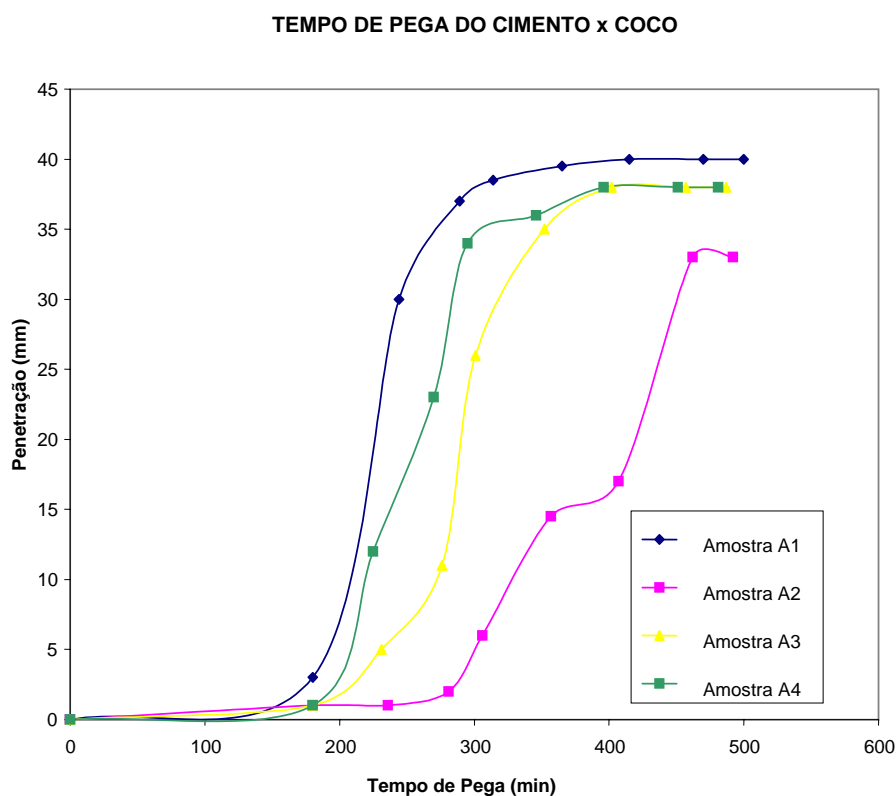
Verifica-se também que o pó de coco adquirido comercialmente passou por uma etapa de secagem preliminarmente na etapa de obtenção do pó de coco, resultando em um material homogêneo decorrente da secagem prévia sofrida (COMUNICADO TÉCNICO EMBRAPA, 2001).

### 3.2 - TEOR DE UMIDADE

O valor encontrado no ensaio de teor de umidade do pó de coco verde corresponde a uma perda 16,6 % de massa, estando o resultado encontrado dentro da faixa de teor esperado entre 16% e 20% de acordo com o COMUNICADO TÉCNICO EMBRAPA, 2001. O pó de coco foi seco em estufa, para retirada deste teor de umidade, antes de ser utilizado nas próximas análises.

### 3.3 - TEMPO DE PEGA

Os dados obtidos na determinação do tempo de pega das misturas cimento+ água e cimento + pó de coco são mostrados no gráfico abaixo. Neste ensaio utilizou-se a mesma proporção de água para todas as misturas.



**Figura 3.1:** Determinação do tempo de pega para a mistura cimento + pó de coco

Pelo gráfico é possível observar que presença do pó de coco causa um retardamento das reações de hidratação do cimento, já que ocorre um aumento do início do tempo de pega à medida que a quantidade de pó de coco aumenta na mistura.

AGGARWAL & SINGH (1990), estudaram o retardamento da pega do cimento, pela presença de substâncias de caráter ácido, liberadas pela fibra vegetal em solução aquosa. Essas substâncias não fazem parte da estrutura da fibra; são genericamente chamadas de extrativos e incluem resinas, polifenóis, óleos e graxas. O mesmo efeito de retardamento pode ser gerado pela presença de açúcares na estrutura vegetal, rapidamente liberados na presença de água.

A qualidade da fibra e do pó de coco depende da variedade cultivada, do processo de extração, do grau de maturação do fruto e das condições climáticas do local onde se faz o cultivo. Tal qualidade é determinada principalmente pelas propriedades físicas como diâmetro, comprimento, elasticidade e rigidez. Em geral a fibra é formada pelo complexo celulose (33% a 43%), lignina (41% a 46%), hemicelulose (0,15% a 0,25%) e pectinas (2,75% a 4%). As pectinas são solúveis em água quente. A lignina e a hemicelulose formam a material cimentante entre as células e aumentam em proporção direta a idade do fruto, enquanto as pectinas diminuem em proporção indireta. (Frutas do Brasil, Embrapa, 2002).

### 3.4 - ABSORÇÃO DE ÁGUA (AA)

O ensaio de absorção foi realizado após 28 dias de cura dos corpos de prova em câmara úmida.

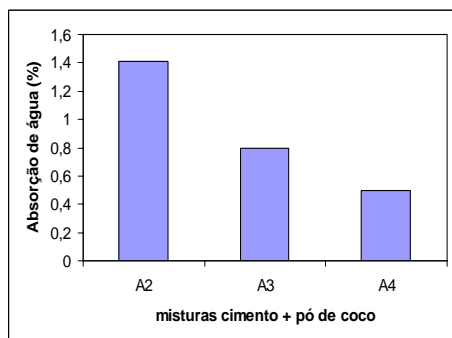


Fig.3.2 A

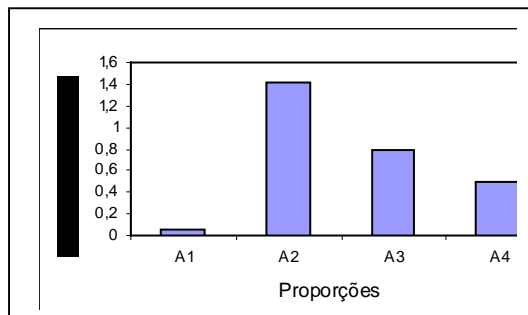


Fig. 3.2 B

**Figura 3.2:** Teor de absorção de água para as pastas cimento + pó de coco

Os resultados mostram (Figura 3.2 A): para a mistura cimento + pó de coco com maior quantidade de pó de coco apresentou um maior percentual de absorção de água, sendo que este valor diminui à medida que diminui o teor de pó de coco adicionado. A figura 3.2 B mostra o resultado de absorção da mistura da pasta de cimento puro em relação às mistura cimento + pó de coco. Como já esperado a mistura cimento + água apresentou um teor de absorção de água muito pequeno, menor do que da mistura A4, já que o pó de coco absorve muita água.

A figura 3.3 abaixo mostra parte dos corpos de prova após o ensaio de compressão para cada uma das misturas preparadas





Mistura A2



Mistura A3



Mistura A4



Mistura A1

**Figura 3.3:** Fotografias dos corpos de prova das diferentes misturas após o rompimento

Na foto da mistura A2, a que contém maior quantidade de pó de coco é possível visualizar o pó distribuído ao longo do corpo de prova. Já a mistura A3 além do pó de coco observa-se também uma quantidade de cimento (pontos cinza). Para a mistura A4, com a menor quantidade de pó de coco, o que predomina é o cimento em relação ao pó de coco. Observa-se na foto da mistura cimento + água o aparecimento de áreas verdes ao longo do corpo de prova. Não foi possível identificar o que seria essa área verde bem como explica o seu surgimento.

### 3.5 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Este ensaio foi realizado utilizando uma prensa hidráulica marca Solotest, nos corpos de prova após 28 dias de cura. Os resultados podem ser visualizados na figura abaixo.

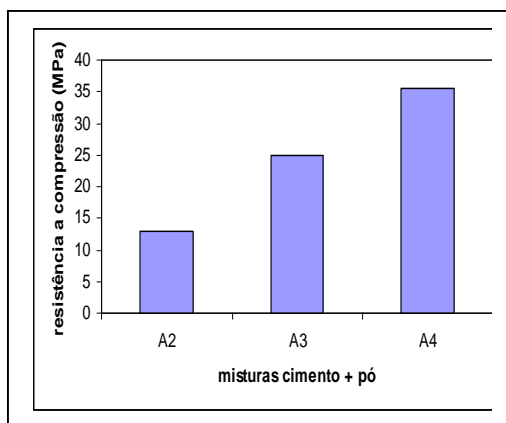


Fig. 3.4 (A)

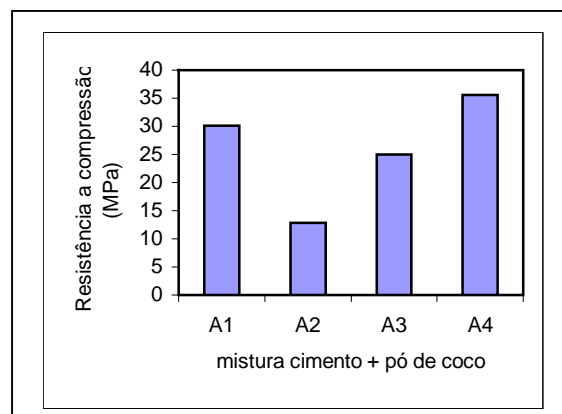


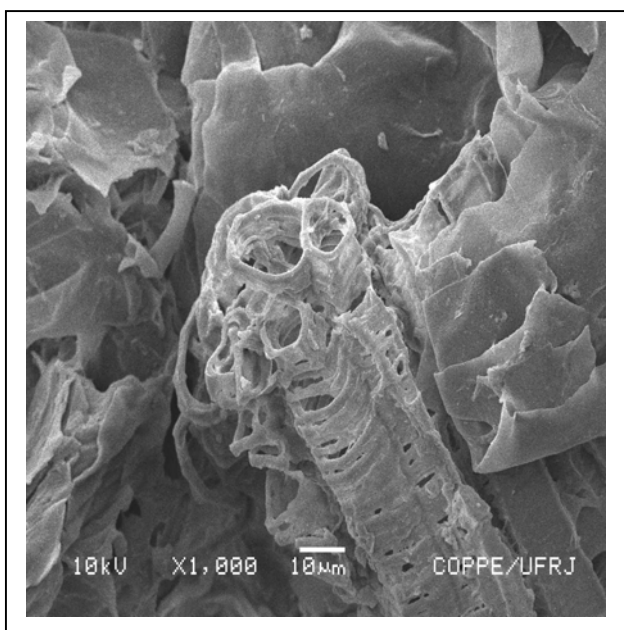
Fig.3.4 (B)

Figura 3.4: Valores da resistência à compressão das misturas preparadas.

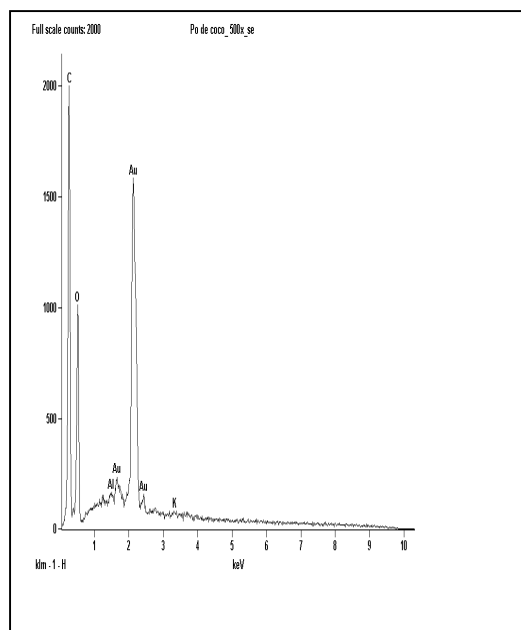
Na figura 3.4 (A) que mostra os resultados das misturas cimento + pó de coco, observa-se que o aumento da quantidade de pó de coco na mistura causa uma diminuição da resistência. A mistura cimento + água, fig 3.4(B), apresentou o valor de resistência à compressão, para 28 dias, próximo ao valor fornecido pelo fabricante do cimento de 35MPa. Quando se compara o conjunto dos resultados obtidos no ensaio de absorção de água com os dados encontrados no ensaio de compressão verifica-se que à medida que diminui a porosidade aumenta a resistência à compressão.

### 3.6 - MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A fibra é o nome dado ao material fibroso que constitui o mesocarpo do fruto (coco) e o pó refere-se ao material de enchimento dos espaços entre as fibras. São formados por celulose, lignina, hemicelulose e pectinas sendo classificados como material ligninocelulósicos. A figura 3.5 (A) mostra a fotomicrografia do pó de coco verde.



**Fig. 3.5 (A)**



**Fig. 3.5 (B)**

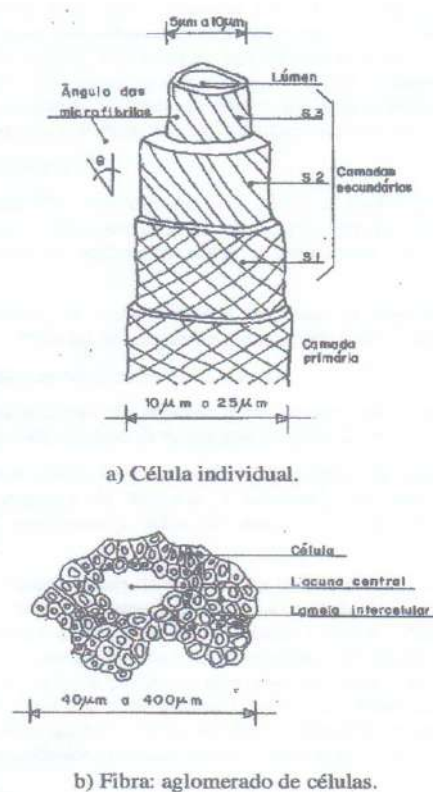
**Figura 3.5:** (A) Fotomicrografia do pó de coco verde (B) Análise por EDS

As fibras, são na verdade feixes constituídos por células individuais, que compõem-se de microfibrilas (figura 3.6) (SAVASTANO JUNIOR & AGOPYAN, 1997).

Estas microfibrilas são ricas em celulose. As células são compostas por quatro camadas de microfibrilas e uma cavidade central. As duas camadas

mais externas têm estruturas reticuladas. É a camada com maior teor de celulose. Na Figura 3.5 (A) pode ser visualizada na forma de anéis sobrepostos.

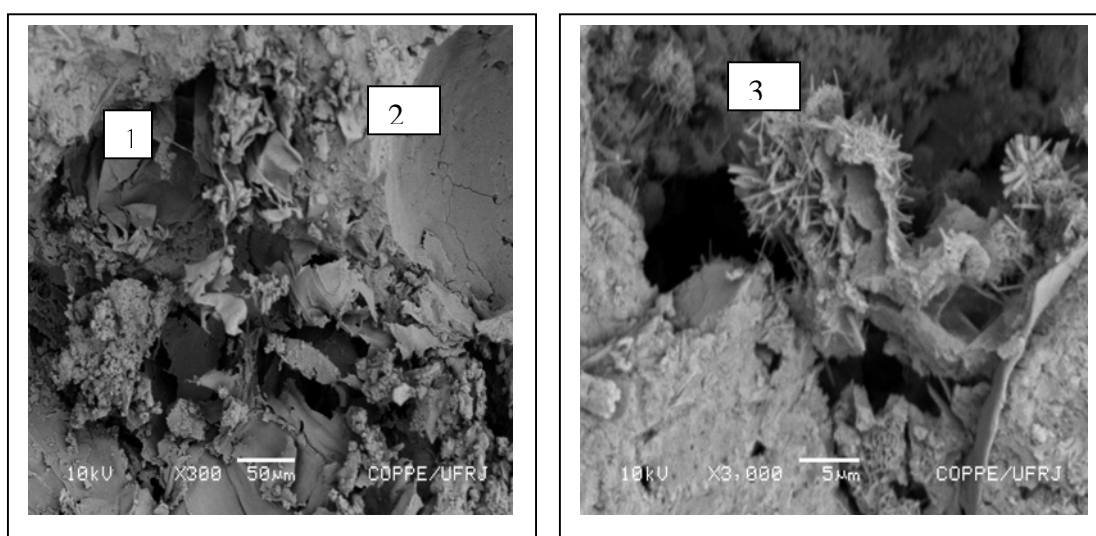
As diversas células que compõem a fibra encontram-se aglomeradas pela lamela intercelular composta de hemicelulose, pectina e principalmente lignina. A região central da fibra também pode apresentar uma cavidade denominada lacuna, responsável pela elevada capacidade de absorver água. A lignina é uma substância polimérica amorfa. Pode ser visualizada ao redor da celulose.



**Figura 3.6:** Esquema da estrutura de fibra vegetal (sem escala) GRAM, 1988 e  
COUNTS,1992

O resultado da análise por EDS na partícula do pó de coco, figura 3.5 (B), mostra que este é constituído basicamente de carbono e oxigênio, comprovando se tratar de uma matéria orgânica.

A figura 3.7 mostra a fotomicrografia para a mistura A2 composta por metade de cimento e a outra metade de pó de coco.



**Figura 3.7:** Fotomicrografia da mistura A2

Nas fotomicrografias é possível visualizar o pó de coco (1) e poros. A porosidade pode ser dividida em dois tipos de cavidades (ou vazios): poros entre os cristais C-S-H (3), de alguns nanômetros de comprimento; e poros capilares (buracos escuros) entre os compostos hidratados, com tamanho variando entre 10 nm e alguns mm, que representam o espaço não preenchido pelos componentes sólidos da hidratação do cimento. A distribuição do tamanho dos poros afeta a resistência da pasta. Observa-se também a existência de poros de ar incorporados (2). Sua presença pode ser decorrente de uma má compactação. O seu tamanho é responsável pela redução da

resistência do material. Nota-se também os cristais de silicatos hidratados C-S-H (3), responsáveis pela resistência da pasta endurecida e esforços mecânicos. Na figura abaixo é possível visualizar a análise por EDS das áreas assinaladas.

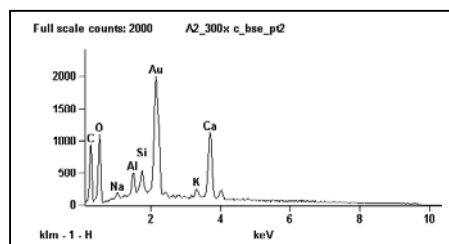
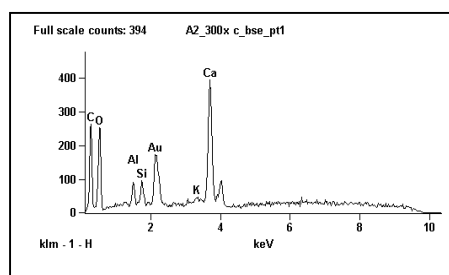
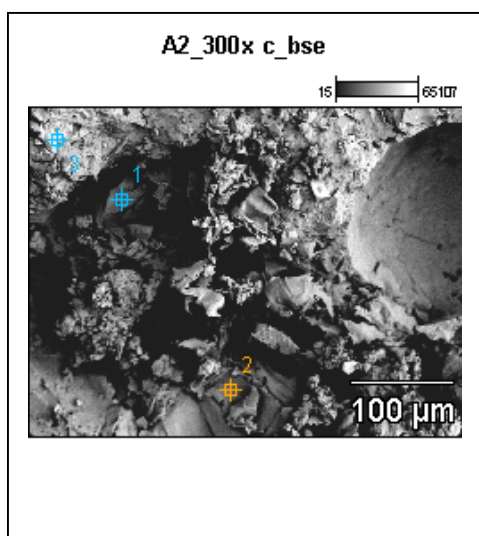


Fig. 3.8 (A)

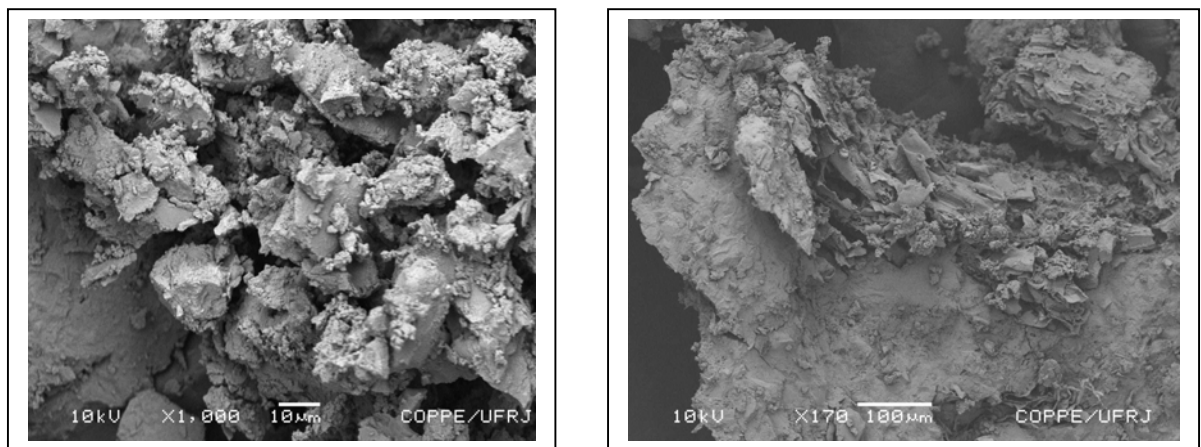
Fig. 3.8 (B)

Figura 3.8: (A) Fotomicrografia da mistura A2 (B) Análise por EDS

Na figura 3.8 (A), o ponto assinalado em azul é uma área de transição que se caracteriza por ser uma região com muita porosidade heterogênea do que o restante da pasta. Esta porosidade é decorrente da elevação da relação água cimento na mistura em decorrência do filme de água que forma em torno do pó de coco. Os maiores espaços permitem a formação de grandes cristais de  $\text{Ca(OH)}_2$ .

O resultado por EDS confirma a presença do pó de coco verificada pelos picos de Carbono e Oxigênio encontrados na fig. 3.8 (B).

A figura 3.9 mostra a fotomicrografia da mistura A4 (com menor quantidade de pó de coco, 12,5%).



**Figura 3.9:** Fotomicrografia da mistura A4

É possível observar diversos vazios capilares (buraco escuro). Não se visualizou poros de ar para esta mistura. Observa-se a formação de grandes cristais de  $\text{Ca(OH)}_2$ . Como esta mistura contém uma menor quantidade de pó de coco verifica-se uma área mais uniforme entre os compostos hidratados do cimento e o pó de coco.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSÃO**

Os dados obtidos nesta primeira avaliação preliminar apontam para viabilidade de incorporar o pó de coco verde em materiais cimentícios, conferindo a esse resíduo uma alternativa de reaproveitamento e descarte.

Foi observado, em nosso trabalho, que a substituição de até 25% de cimento pelo pó de coco, não altera significativamente suas propriedades fundamentais de sua aplicação na construção civil – tempo de pega, absorção de água e resistência à compressão.

A substituição em diferentes proporções – entre 25% e 50% - confere outras propriedades ao material cimentício. No entanto, o mesmo pode ser utilizado em outros fins, por exemplo, revestimento e vedação.

Desta forma, concluímos a viabilidade da substituição do cimento pelo pó da casca do coco verde. Esta substituição favorece uma redução na quantidade de cimento empregado na pasta, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> gerados na produção do cimento, e principalmente reduz a disposição final do fruto nos aterros e lixões diminuindo a degradação do meio ambiente.

### **SUGESTÕES:**

Ao término desta primeira etapa de ensaios preliminares desta pesquisa indicam-se alguns itens para pesquisas futuras:

- Introduzir na água de amassamento um aditivo para proteger o pó de coco de degradação por microrganismos.
- Preparar argamassa com diferentes quantidades de pó de coco;
- Pesquisar a durabilidade do pó de coco;
- Caracterizar o pó de coco por fluorescência de raios x e difração de raios x.



## **CAPÍTULO 5: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGGARWAL, L.K, SINOH, J. Effect of plant fiber extrative on properties of cement. *Cemente & Concrete composites*, Kidlington v.12.p103-8, 1990.

ARAGÃO, W.M. *Coco pós-colheita serie frutas do Brasil*, Brasilia, Embrapa 2002

BAUER L.A F. *Materiais de construção*. Rio de Janeiro, LTC, Livros Técnicos e Científicos, 1994, 435p.

COCO VERDE. Brasilia MI/SIH/DPE, 2000,4p (Fruti series, 3)

COMUNICADO TÉCNICO, 61, ROSA,F.M.; ABREU,P.A,F,; FURTADO,L.A.A; BRIGIDO,L.K.A; NORÕES,V.R.E. *Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde*, Embrapa, 2001.

COUNTS, R.S.P in *Forest to factory to fabrication In: International symposium of fiber reinforced cement and concrete*, 4, 1991, Sheffield, *Procedings...* London, pg 31-47, 1992

GRAM, H.E *Durability of natural fibers in concrete in Swamy R.N (Ed) Natural fiber reinforced cemente and concrete*. Glasgow, Blackie, 1988, p143-79 (*Concrete Technology and Design 5*).

GUITIERREZ CUENCA, M.A *Perfil agrossocioeconomico dos produtos de coco no município de Conde - Bahia*. Embrapa Tabuleiros Costeiros, comunicado técnico,25,1998.

GUITIERREZ CUENCA, M.A *Perfil agrossocioeconomico dos produtos de coco no município de Caicates - Ceará*. Embrapa Tabuleiros Costeiros, comunicado técnico,15,23p,2000.

PASSOS,M.E.E., *Ecofisiologia do coqueiro in: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK,D.R.N.; SIQUEIRA,L.A, A cultura do coqueiro no Brasil*, 2ed. Brasilia, Embrapa –SPI/Aracaju. Embrapa-CPATC, 1997

POEMA – Programa Pobreza e meio ambiente na Amazonia.

[www.ufpa.br/poema](http://www.ufpa.br/poema) (acessado em 10/2006)

SAVASTANO JUNIOR,H.;AGOPYAN,V; OLIVEIRA, L. Estudo da microestrutura das fibras vegetais e de suas implicações sobre o desempenho de compósitos cimentícios. Eng. Agric. Jaboticabal v17 n° 1 p 113-124, 1997.

SENHORAS,E.M. Monografia, Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, SP.2003

SÉRIE FRUTAS DO BRASIL, 29 Coco Pós Colheita Embrapa informação tecnológica 2002.

SÉRIE FRUTAS DO BRASIL,27 Coco Produção Aspectos técnicos. Embrapa informação tecnológica 2003.

SISTEMA BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS

<http://www.sbrt.ibict.br> (acessado em 10/2006)

VALLE, C.E. Qualidade ambiental: Como ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) (acessado em 08/2006)

Cimento Web – História

[www.cimento.com.br/historia.htm](http://www.cimento.com.br/historia.htm) (acessado em 08/2006)

Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP

<http://www.abcp.com.br> (acessado em 09/2006)

INTERNET – [www.roehren-hamm.htm](http://www.roehren-hamm.htm) (Visitado em 09/2006)