

## **ANÁLISE QUANTITATIVA DO PROCESSO DE MOAGEM AO MOINHO DE BOLAS DE FIBRAS DE COCO VISANDO A CONSTRUÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM PARTÍCULAS DE PEQUENAS GRANULOMETRIAS**

**Kaio Cruz machado, kaioacruzmachado@hotmail.com<sup>1</sup>**

**Celso Carlino Maria Fornari Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual de santa Cruz, Engenharia de Produção e Sistemas

<sup>2</sup> LAPOS Laboratório de Polímeros e Sistemas, Universidade Estadual de Santa Cruz

**Resumo:** No Brasil, existe uma grande variedade de fibras naturais com diferentes propriedades químicas, físicas e mecânicas. Em especial estudos com as Fibras de Coco têm aumentado consideravelmente, pois além de terem um baixo custo entre as fibras naturais, possuem características importantes tais como: rigidez, durabilidade e alto teor de lignina (compósito natural). No entanto, devido aos grupamentos de hidroxila presentes em sua estrutura, o que lhe propicia um caráter hidrofílico, assumindo com isso uma capacidade admirável de absorção de água, suas aplicações ficam limitadas a determinadas aplicações. Neste trabalho procurou-se analisar o processo de moagem de Fibras de Coco em moinho de bolas, tendo como foco determinar a partir dos dados experimentais: a quantidade ideal de fibras, número de esferas presente em seu interior e o tempo ideal de moagem. A importância deste procedimento é aperfeiçoar a produção de finos de Fibras de Coco para a posterior formação de compósitos poliméricos mais homogêneos e com melhores desempenhos. As respostas mecânicas desses compósitos dependem de diversos fatores, que incluem os comportamentos tensão-deformação das fases fibra e matriz, as frações volumétricas das fases e a direção na qual a tensão ou carga é aplicada. O padrão de granulometria estabelecido como ideal para o trabalho é de granulometrias menores que 115 mesh, o que favorece uma condição ideal para produção de compósitos mais homogêneos e com melhores propriedades mecânicas. O processo de moagem foi analisado a partir de gráficos e tabelas onde se constatou de que a utilização de 35 bolas durante 1 hora com 5 gramas de fibras, permite obter uma maior quantidade de finos.

**Palavras-chave:** *Fibras de Coco, Moinho de bolas, Fibras Naturais.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento de materiais corretos de maneira ecológica e a melhor adequação dos processos tem sido uma necessidade para minimizar os problemas ambientais no mundo (Araújo e Mothé, 2004). Em busca de uma solução para esse problema, vêm crescendo a utilização e os métodos envolvidos para utilização de fibras naturais como reforço polimérico. De acordo com os autores Penha et al (2006) na última metade do século passado a sua utilização como reforço para plásticos tem sido muito explorado devido a elas serem de um material ecologicamente correto. Dentre outras por ser fonte de recurso natural renovável, baixo custo, são biodegradáveis, recicláveis, não tóxicas e podem ser incineradas (Araújo e Mothé, 2004).

Os compósitos preparados com fibras naturais e matrizes termoplásticas são utilizados pela indústria automobilística como revestimentos de peças interiores, visando diminuir o consumo das reservas de petróleo, para facilitar a reciclagem dos automóveis (Holbery e Houston, 2006), além de apresentam ainda um potencial de redução do peso do veículo em até 40% quando comparado com as fibras de vidro, que estão presentes na maioria dos compósitos da indústria automotiva (Santos et al, 2006). Outra característica importante segundo Souza (1999) é a perspirabilidade, que é a capacidade de que as Fibras de Coco (FC) possuem em absorver água em um ambiente úmido e perdê-la novamente em ambiente seco.

As fibras vegetais são compostas por dois constituintes poliméricos. Um composto por celulose e que representa a parte mais rígida da fibra vegetal e o outro por hemicelulose composto por constituintes poliméricos variados de média massa molar onde estes dois compostos são impregnados por lignina, que é a fração líquida da planta (Saliba et al, 2001). A fração de lignina é a principal responsável pela absorção de água da fibra além de desempenhar o papel de transporte de água e nutrientes na planta. Ela é constituída principalmente por derivados fenólicos além de ácidos hidrocínamicos e outros compostos (Ralph e Helm, 1993). Apesar das fibras vegetais serem compostas por dois grupos

de polímeros, a celulose como polímero estrutural e a lignina como uma composição polimérica responsável pelos nutrientes da planta, estas não são exploradas em função da sua longa cadeia molecular.

No Brasil, existe uma grande variedade de fibras vegetais com diferentes propriedades químicas, físicas e mecânicas (Marinelli e Monteiro, 2008), onde pode-se citar: curauá, coco, sisal, rami, bagaço de cana-de-açúcar, juta e abacaxi. No caso das FC, que são rejeitos das indústrias alimentícias de países tropicais, seu aproveitamento gera vantagens também no que diz respeito à diminuição da quantidade do lixo sólido (Ishizaki et al, 2006). As FC são obtidas a partir do coco *in natura*, especificamente do mesocarpo fibroso.

Estudos com as FC têm aumentado muito atualmente, pois além de terem um baixo custo entre as fibras naturais, possuem características importantes tais como: rigidez, durabilidade e alto teor de lignina (uma espécie de composto natural). Contudo em decorrência dos grupamentos de hidroxila presentes em sua estrutura, o que lhe propicia um caráter hidrofílico assumindo assim uma capacidade admirável de absorver água, ficam limitadas a determinadas aplicações. Souza (2007) afirma que assim como para outras fibras naturais lignocelulósicas, o uso delas na preparação de materiais compostos poliméricos é limitado pela baixa compatibilidade com as matrizes poliméricas.

A formação de compostos poliméricos-fibra celulósica é feito com as fibras micronizadas, o que possibilita a formação de materiais mais homogêneos e com melhor desempenho. As respostas mecânicas desse tipo de composto dependem de diversos fatores, que incluem os comportamentos tensão-deformação das fases fibra e matriz, as frações volumétricas das fases e, além disso, a direção na qual a tensão ou carga é aplicada (Callister, 2007). O processo de micronização das fibras é uma tarefa que tem exigido muitos esforços no laboratório, em decorrência das propriedades das fibras naturais, a fim de obtermos qualidade e quantidades razoáveis de fibras com granulometrias variadas.

O processo de moagem das fibras de coco pode ser estudada a partir de uma analogia ao processo utilizado para os materiais cerâmicos. Dessa forma, Ribeiro (2001) afirma que o rendimento da moagem para os cerâmicos é influenciado pelas características da própria matéria-prima nomeadamente:

- dimensão e forma inicial das partículas;
- dureza do material (resistência à compressão, ao choque e à abrasão);
- estrutura homogênea ou heterogênea;
- umidade ou higroscopicidade;
- sensibilidade à variação da temperatura;
- tendência à aglomeração.

Devido a composição química das FC além da sua morfologia altamente porosa, sua grande capacidade de absorção de umidade não tem favorecido a micronização das fibras por meio de moinho de bolas, dificultando o processo e diminuindo a eficiência de moagem. Neste trabalho apresenta-se uma análise quantitativa da moagem das FC em moinho de bolas, procurou-se demonstrar os resultados em gráficos para a melhor visualização de cada processo. O objetivo central está em definir a melhor quantidade de fibra a ser batida, número de bolas a serem utilizados e o tempo ao qual devem ser moídas.

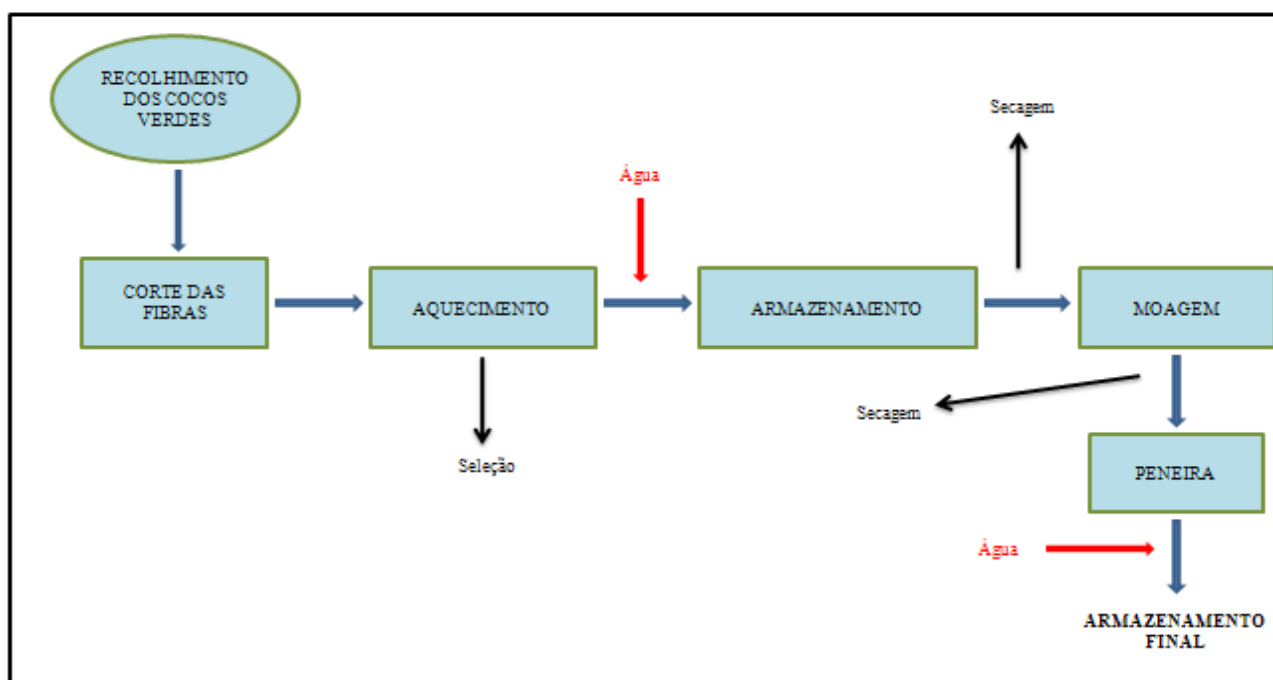
## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As FC foram cortadas do mesocarpo do fruto com espessura média de 2,5 a 3 mm, e aquecidas na estufa de aquecimento BIOPAR com regulação termostática durante cerca de 2 horas com uma temperatura em torno dos 120°C variando de +/- 5° C. Em seguida as amostras selecionadas com espessura média de 0,79 a 1,35 mm foram moídas com a utilização de um moinho cerâmico de bolas de alumina marca Marcone modelo MA 500, pelo intervalo de 60 minutos com uma quantidade exata de 30 bolas e variando-se a quantidade de fibras de 5 a 20 gramas com intervalo de 5 gramas. O processo também foi avaliado quanto ao número de bolas com a quantidade fixa de 5 gramas, tendo a variação de 10 até 35 bolas em intervalos de 5 bolas. A limpeza do moinho é feita de forma manual, em um ambiente isento de circulação de ar e com a utilização de equipamentos específicos.

Para a obtenção da distribuição granulométrica das FC foi utilizado um agitador eletromecânico. O aparelho possui um relógio marcador de tempo com desligamento automático de 0 à 30 min. Ele permite a utilização de sete peneiras de 1'. A distribuição granulométrica foi obtida a partir da distribuição de massa retida do resíduo após 10 min de vibração numa frequência de 5 Hz. Estes ensaios foram realizados segundo a norma ABNT 10439 Método A e com a utilização de uma balança eletrônica semi precisa JH 2102. O objetivo dessa avaliação foi constatar a melhor produção de finos menores que 115 mesh (mesh = número de malhas por polegada linear, segundo a norma ASTM E 11-39).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de moagem é representado pela Fig. (1). Este demonstra desde recolhimento dos frutos a sua transformação física através do moinho de bolas e com o ensaio de peneira em microfibras a serem utilizadas para a formação dos compostos. Um ponto importante em destaque são os representados em vermelho onde indicam os momentos em que ocorre a absorção de umidade pelas amostras.



**Figura 1. Representação do processo de produção de finos de fibra de coco.**

Durante a secagem foi observado que a quantidade de fibras interfere na qualidade das amostras secas na estufa. Quando uma quantidade igual a 80% da capacidade máxima da estufa é acondicionada, ocorre uma variação na uniformidade com relação à secagem não ocorrendo de forma eficiente e homogênea a secagem. Isso se dá pelo fato da grande quantidade de vapor produzida em seu interior, fazendo com que a temperatura permaneça abaixo do limite ideal e fique limitada a temperatura do vapor à pressão atmosférica. Desta forma as fibras dispostas na parte inferior da estufa superaquecem e as dispostas na parte mais elevada da estufa secam moderadamente. Com isso para os padrões estipulados de eficiência de secagem, a estufa foi preenchida em torno de 60 % de sua capacidade total, demonstrando resultados satisfatórios para este procedimento de secagem e posteriormente na moagem.

A Tabela (1) é uma amostragem das medidas das FC antes de serem secas, onde devido a sua superfície não ser uniforme foram feitas cinco vezes ao longo de seu comprimento. Observando-se a média das medidas, nota-se que os valores situam-se entre aproximadamente 2,47 e 3,27 mm. Estas amostras representam uma amostragem de uma população maior de fibras, definindo o perfil de espessura das fibras a serem secas. Este dado é relevante pelo fato de que a secagem das fibras deve ocorrer de forma mais equilibrada possível, onde a espessura das amostras define o tempo de permanência na estufa, conforme trabalhos já desenvolvidos no laboratório. Assim as amostras asseguram uma secagem eficiente e de forma mais homogênea.

**Tabela 1- Espessuras de algumas amostras antes de serem colocadas na estufa.**

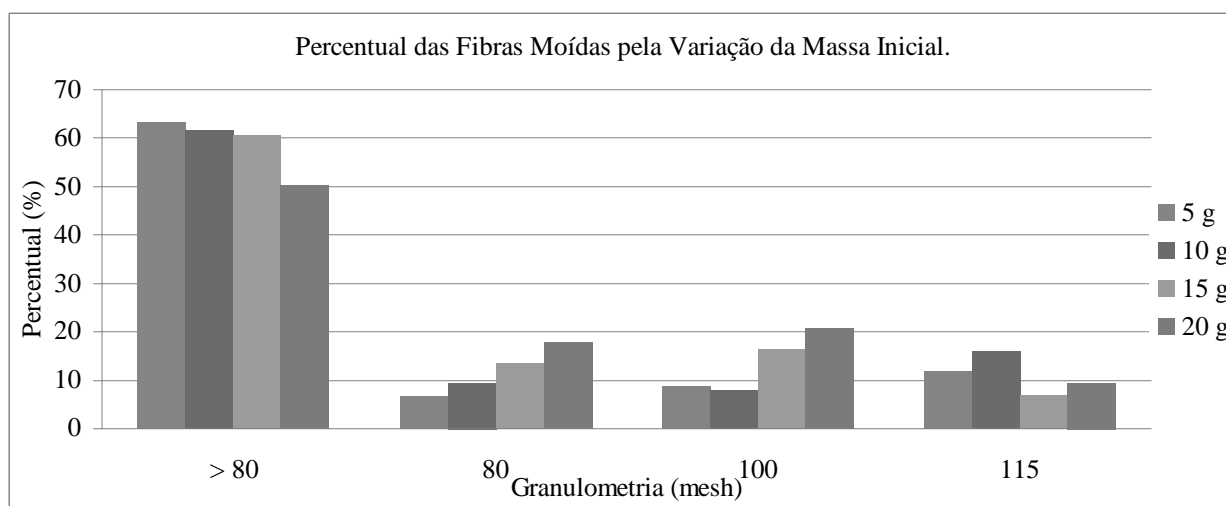
| Medidas (mm) | 1°   | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | Total | Média | Desv. Padrão (mm) |
|--------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------------------|
| Amostra 1    | 2,46 | 2,59 | 2,54 | 2,6  | 2,67 | 12,86 | 2,572 | 0,078             |
| Amostra 2    | 2,81 | 3,37 | 3,06 | 2,28 | 3,15 | 14,67 | 2,934 | 0,417             |
| Amostra 3    | 2,69 | 1,84 | 2,86 | 2,66 | 2,4  | 12,45 | 2,49  | 0,399             |
| Amostra 4    | 1,69 | 2,63 | 2,37 | 2,6  | 3,49 | 12,78 | 2,556 | 0,645             |
| Amostra 5    | 1,74 | 3,6  | 3,83 | 3,52 | 2,45 | 15,14 | 3,028 | 0,895             |
| Amostra 6    | 2,63 | 2,98 | 3,67 | 2,75 | 2,97 | 15    | 3     | 0,403             |
| Amostra 7    | 2,49 | 3,15 | 2,85 | 1,93 | 1,94 | 12,36 | 2,472 | 0,543             |
| Amostra 8    | 2,89 | 2,75 | 3,76 | 3,23 | 3,37 | 16    | 3,2   | 0,401             |
| Amostra 9    | 1,57 | 2,78 | 3,45 | 3,22 | 2,44 | 13,46 | 2,692 | 0,739             |
| Amostra 10   | 2,75 | 3,29 | 3,73 | 2,79 | 2,08 | 14,64 | 2,928 | 0,621             |
| Amostra 11   | 3,29 | 2,91 | 2,97 | 3,48 | 3,7  | 16,35 | 3,27  | 0,335             |
| Amostra 12   | 3,19 | 3,88 | 3,13 | 2,34 | 3,58 | 16,12 | 3,224 | 0,581             |

Posteriormente, as FC secas foram acondicionadas em embalagem hermeticamente fechada, sendo novamente secas em microondas para em seguida serem micronizadas no moinho de bolas. Na moagem antes de serem trituradas foram novamente selecionadas com suas espessuras em torno de 0,79 à 1,35 mm, e aquecidas em forno microondas a potência de 20 W durante 2,5 min e se repetindo até a sua massa permanecer estável. Este procedimento possibilitou a retirada total da umidade absorvida momentos antes do processo de moagem, para que assim ocorresse de forma eficiente. O resultado da moagem variando-se a quantidade de FC está representado pela Tab. (2).

**Tabela 2. Resultado do percentual de moagem pela variação da quantidade de fibras, batidas com 30 bolas durante 1h.**

| Mesh      | 5 g            | 10 g  | 15 g  | 20 g  |
|-----------|----------------|-------|-------|-------|
|           | Percentual (%) |       |       |       |
| > 80      | 63,3           | 61,71 | 60,59 | 50,32 |
| 80        | 6,84           | 9,43  | 13,45 | 17,79 |
| 100       | 8,82           | 7,85  | 16,38 | 20,86 |
| 115       | 11,86          | 16    | 6,92  | 9,43  |
| 150       | 4,66           | 2,65  | 1,66  | 1,07  |
| 170       | 2,53           | 1,57  | 0,8   | 0,44  |
| < 200     | 1,98           | 0,79  | 0,2   | 0,1   |
| Total (%) | 99,99          | 100   | 100   | 100   |

O resultado deste experimento demonstra que a maior parte de fibras moídas apresentaram tamanho maior que 80 mesh. Isto evidência que para as quantidades de fibras entre 5 á 20 gramas, mais de 50% das fibras não foram devidamente moídas, isto é, apresentaram tamanhos superiores a 80 mesh. Estes resultados devem ser avaliados com relação ao tamanho de partícula em função da quantidade de fibras a serem processadas, de maneira a se estabelecer um perfil de eficiência do processo de moagem. Pode-se visualizar através da Figura (2) o perfil de distribuição do tamanho de partícula em relação ao percentual presente de cada granulometria > 80, 80, 100 e 115 mesh.



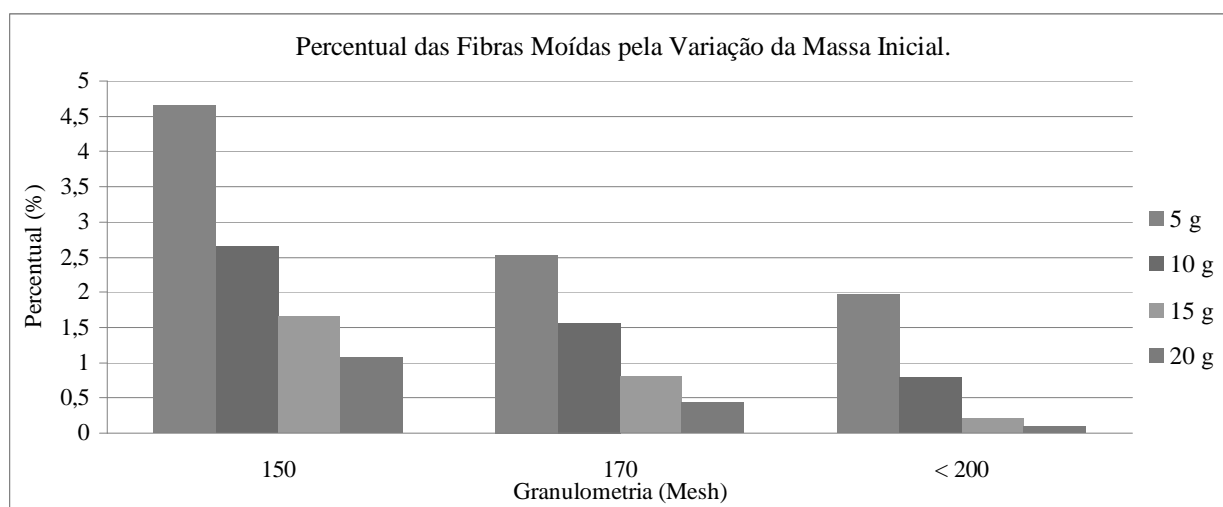
**Figura 2. Distribuição de tamanho de partículas de FC segundo a classificação granulométrica por peneiramento.**

Os resultados obtidos para classificação granulométrica das FC apresentados neste trabalho foram obtidos conforme os resultados dos ensaios de peneiramento de acordo com a NBR 10439 método A, para as séries de peneiras da Tabela (3).

**Tabela 3. Dimensões das peneiras segundo a malha Tyler.**

| Malha | Dimensão ( $\mu\text{m}$ ) |
|-------|----------------------------|
| 80    | 180                        |
| 100   | 150                        |
| 120   | 125                        |
| 150   | 106                        |
| 170   | 90                         |
| 200   | 75                         |
| Fundo | -                          |

Para a representação do percentual de moagem em relação as granulometrias menores o resultado pode ser visto na Fig.(3).



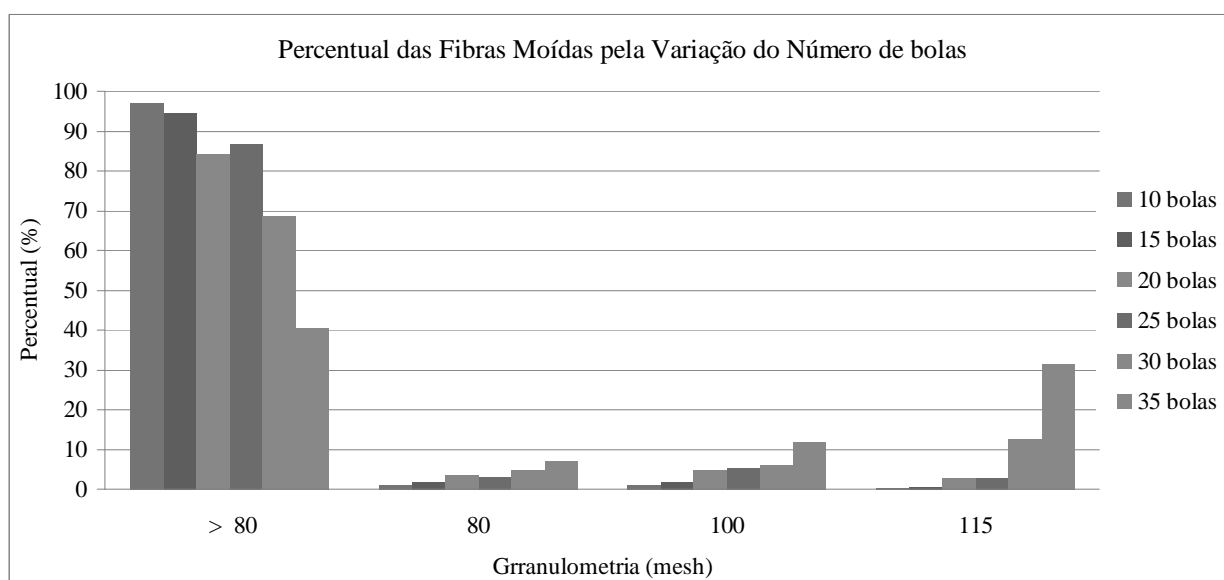
**Figura 3. Distribuição de tamanho de partículas de FC segundo a classificação granulométrica por peneiramento.**

O perfil de distribuição de partícula apresentado na Fig. (2) e (3) permite avaliar que a melhor eficiência de moagem se encontra quando 20 gramas de fibras são utilizadas. Pelas condições do processo, isto é, massa inicial de 20 gramas de fibras com 30 bolas durante 1 hora de moagem, foram obtidos a maior quantidade de 100 mesh entre todas as condições de moagem ensaiadas. Seguido deste resultado a segunda maior quantidade de fibras com 100 mesh foram obtidos com as mesmas condições de processo e 15 gramas iniciais de fibras. Este resultado leva a entender que a quantidade inicial de fibra tende a favorecer uma maior produção de finos com 100 mesh na medida em que a quantidade de fibra é aumentada de 5 para 20 gramas. Entretanto tamanhos menores de partículas como 115 mesh ou menor a produção destas decresce, indicando que para este tempo de processo a sua produção é menor. A produção de partículas mais finas com 150, 170 e 200 ou menor, apresenta maior eficiência na medida em que a quantidade inicial de fibra é menor, isto é para 5 gramas de fibras. O fato das fibras serem moídas pelo moínho de bolas é necessário primeiramente que elas se acondicionem entre as bolas e a parede do moínho, de forma que o contato íntimo e de esmagamento, venha a romper a partícula da fibra. Assim, pode-se analisar que para as menores quantidades de fibras moídas, isto é, com 5 gramas de fibras obteve-se uma maior quantidade de finos. Evidentemente a concentração das fibras em função das bolas do moínho é maior, aumentando a chance de contato e o esmagamento das fibras, gerando um maior número de finos. Interessa então avaliar qual a melhor relação e número de bolas e quantidade de fibras a serem moídas. Para isto realizou um ensaio onde a quantidade de fibras foi estabelecida como padrão na quantidade de 5 gramas e variando o número de bolas. Desta forma avaliou-se a produção de fibras moídas e o resultado é apresentado pela Tabela (4).

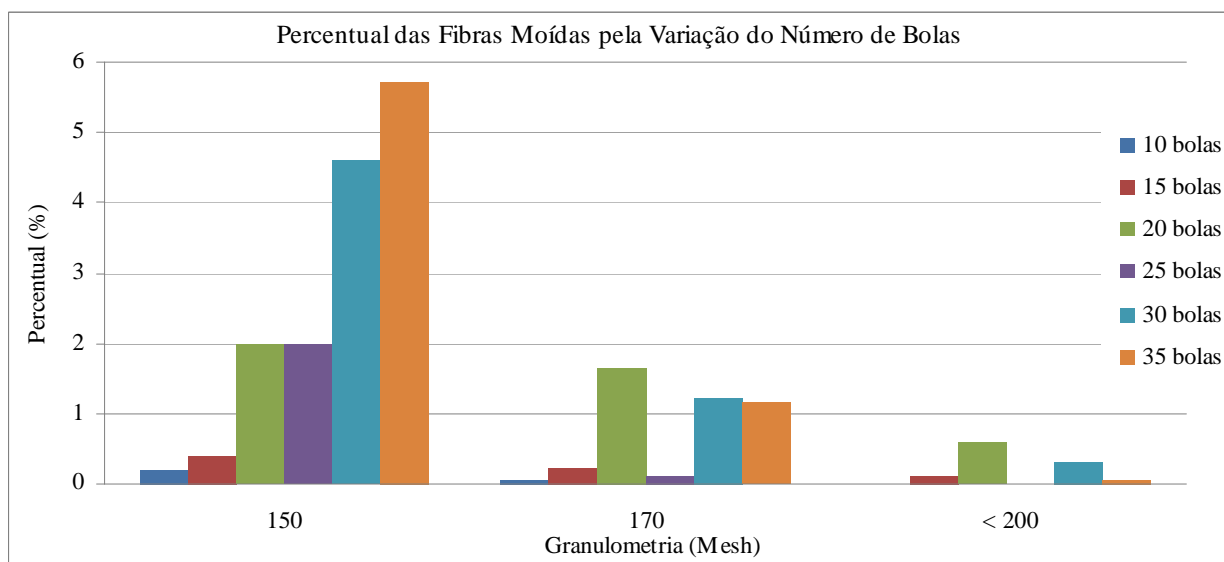
**Tabela 4. Quantidade percentual de fibras moídas em função do número de bolas utilizados.**

| Mesh      | 10 bolas       | 15 bolas | 20 bolas | 25 bolas | 30 bolas | 35 bolas |
|-----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | Percentual (%) |          |          |          |          |          |
| > 80      | 97,11          | 94,7     | 84,36    | 86,84    | 68,686   | 40,6     |
| 80        | 1,09           | 1,83     | 3,73     | 3,22     | 4,85     | 7,15     |
| 100       | 1,09           | 1,93     | 4,8      | 5,21     | 6,08     | 11,91    |
| 115       | 0,45           | 0,82     | 2,86     | 2,91     | 12,77    | 31,63    |
| 150       | 0,2            | 0,39     | 1,99     | 1,99     | 4,6      | 5,72     |
| 170       | 0,05           | 0,24     | 1,64     | 0,1      | 1,23     | 1,18     |
| < 200     | 0              | 0,1      | 0,61     | 0        | 0,31     | 0,05     |
| Total (%) | 99,99          | 100      | 100      | 100      | 98,53    | 98,24    |

A Tab. (4) demonstra a percentagem de fibras moídas em relação a variação do número de bolas. Observa-se que a menor quantidade de FC moídas de tamanho de 80 mesh foi no processo que utilizou o menor número de bolas e a maior quantidade foi para o maior número de bolas. Isto indica que o número de bolas para o intervalo utilizado neste trabalho é diretamente proporcional a moagem das fibras para o caso de 80 mesh. Este é apresentado pela Fig. (4). Através do gráfico, pode-se analisar que a maior quantidade de finos é obtida para a peneira de 115 mesh com número máximo de bolas e com excessão das fibras maiores que 80 mesh. O mesmo pode-se observar que a utilização de 35 bolas a quantidade de finos é maior se comparado com os outros ensaios, isto é, para os tamanhos de 80 e 100 mesh.

**Figura 4. Distribuição de tamanho de partículas de FC segundo a classificação granulométrica por peneiramento.**

Já para as menores granulometrias de um modo geral com o número de 35 bolas, obteve-se a maior quantidade de finos para todos os tamanhos de partículas com excessão dos finos menores que 200 mesh os que foram processados com 20 bolas. A Fig. (5) apresenta o perfil de distribuição da moagem com diferentes quantidades de esferas pelo tempo de 1 hora com 5 gramas de fibras para as granulometrias (150, 170 e > 200 mesh). Este resultado está de acordo com o que já foi discutido já que se baseiam no fato de que as FC são moídas quando esmagadas pelas bolas contra a parede do moíno.



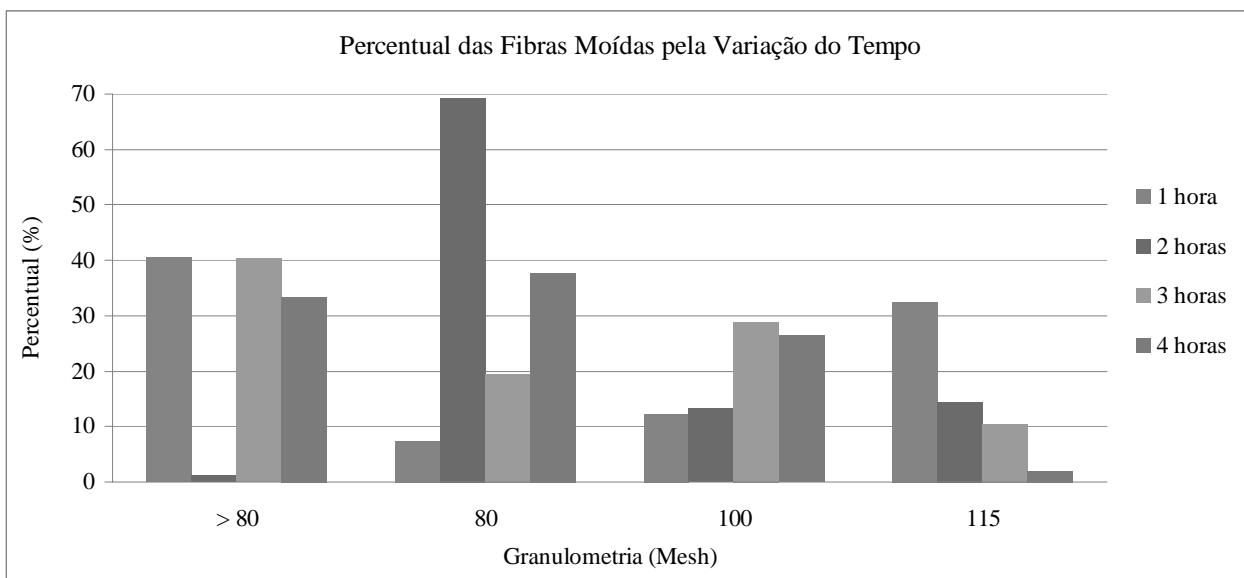
**Figura 5. Distribuição de tamanho de partículas de FC segundo a classificação granulométrica por peneiramento.**

Por fim, com a quantidade de fibras e o número de bolas estabelecidos, 5 gramas e 35 bolas respectivamente, as amostras foram avaliadas quanto a variação do tempo. O resultado deste ensaio pode ser visto pela Tabela (5).

**Tabela 5. Quantidade percentual das fibras em função ao tempo de moagem.**

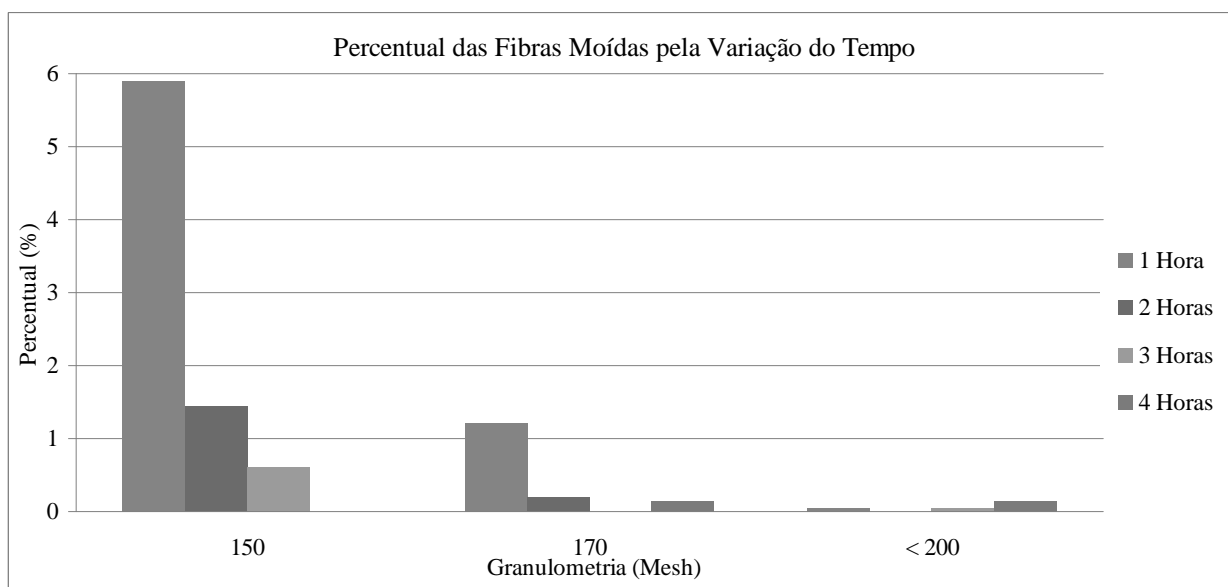
| Mesh      | 1 h            | 2 h    | 3 h   | 4 h   |
|-----------|----------------|--------|-------|-------|
|           | Percentual (%) |        |       |       |
| > 80      | 40,6           | 1,17   | 40,35 | 33,45 |
| 80        | 7,37           | 69,27  | 19,54 | 37,77 |
| 100       | 12,27          | 13,32  | 28,9  | 26,43 |
| 115       | 32,6           | 14,61  | 10,55 | 2,07  |
| 150       | 5,9            | 1,45   | 0,61  | 0     |
| 170       | 1,21           | 0,2    | 0     | 0,14  |
| < 200     | 0,05           | 0      | 0,05  | 0,14  |
| Total (%) | 100            | 100,02 | 100   | 100   |

Esses dados mostram que uma maior quantidade de fibras foram moídas quando comparadas aos outros experimentos anteriores que apresentaram um percentual em torno de mais de 50 % em fibras maiores que 80 mesh. Outro ponto relevante está relacionado ao fato de que no tempo de 2 h houve uma grande quantidade de fibras com o tamanho de 80 mesh e apresentando um percentual muito baixo em relação ao tamanho maior que 80 mesh. Observa-se também que para finos com a granulometria de 100 mesh a sua quantidade é proporcional ao tempo de moagem como pode ser visto que no tempo de 1h houve um percentual de 12,27% e 26,43% para o tempo de 4 h. Já para a o tamanho de 150 mesh observa-se o contrário, uma diminuição do percentual de 5,9% e chegando a 0% no tempo de 4h.



**Figura 6. Distribuição de tamanho de partículas de FC segundo a classificação granulométrica por peneiramento.**

Em relação as menores granulometrias sendo representado pela Fig. (7), um ponto evidente é de que apenas o tempo de 3 h decresce em função do aumento da escala das granulometrias, das maiores que 80 mesh para as menores que 200 mesh. Já nos outros tempos observa-se que esse decréscimo ocorre apenas a partir da peneira de 150 mesh. Para finos menores que 200 mesh, se observa que o maior percentual apresentado foi no tempo de 4h que apresentou um percentual em torno de 0,14 %. Contudo, é evidente que para os tamanhos de 150 e 170 mesh houve um maior percentual no tempo de 1h.



**Figura 7. Percentual de fibras pela variação do tempo**

Dessa forma, após os ensaios realizados e com análise dos resultados os padrões ideais foram definidos e podem ser visto na Fig. (8).

| Padrões ideais       |          |
|----------------------|----------|
| Quantidade de Fibras | 5 gramas |
| Quantidade de Bolas  | 35 bolas |
| Tempo no Moinho      | 1 hora   |



**Figura 8. Representação dos Padrões ideais para moagem das fibras de coco.**

#### 4. CONCLUSÕES

Pela análise dos gráficos constatou-se que a utilização de 35 bolas durante 1 hora e com 5 g de fibras, isentas de umidade, permite um processo de moagem de forma a obter a melhor quantidade de finos de fibra de coco. No ensaio do percentual em função da variação do tempo observou-se que durante 4 horas teve um maior quantidade de finos em relação aos outros tempos, porém, durante o tempo de 1 h obteve um maior percentual em relação a peneira 150 e 170 mesh.

Pela variação da quantidade de fibras ficou evidente que para as quantidades entre 5 á 20 gramas, mais de 50% das amostras não foram devidamente moídas, isto é, apresentaram tamanhos superiores a 80 mesh. O perfil de distribuição de partícula apresentado pelas figuras permitiu avaliar que para tamanhos de partículas como 115 mesh ou menor a produção destas decresce, indicando que para este tempo de processo a sua produção é menor. A produção de partículas mais finas com 150, 170 e 200 ou menor, apresenta maior eficiência na medida em que a quantidade inicial de fibra é menor, isto é para 5 gramas de fibras.

Com relação a variação da quantidade de bolas os resultados indicaram que o número de bolas é diretamente proporcional a quantidade de finos. Por exemplo, com a utilização de 35 bolas obteve-se a maior quantidade de finos para todos os tamanhos com excessão dos finos menores que 200 mesh os que foram processados com 20 bolas. Dessa forma as condições ideais são: 5 gramas, 35 bolas durante uma hora.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Callister, W. D., 2008, "Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução", Ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil, p. 429, 705p.
- Coimbra, A.L., 1978, "Lessons of Continuum Mechanics", Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil, 428 p.
- Holbery, J e Houston, D., 2006, "Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications", *JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, Vol. 58, nº 11, pp.80-86.
- Ishizaki, M. H., Visconte, L. L. Y., Furtado, Furtado, C. R. G; Leite, M. C. A. M., 2006, "Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura", *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.16, nº 3, pp. 182-186.
- Marinelli, A. L., Monteiro, M. R. e Ambrósio, J. D., 2008, "Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica " *Polímero: Ciência e Tecnologia*, vol.18, nº 2, pp. 92 – 99.
- Mothé, C. G e Araújo, C. R., 2004, "Caracterização Térmica e Mecânica de Compósito de Poliuretano com Fibras de Curauá " *Polímero: Ciência e Tecnologia*. Vol.14, nº 4, pp. 274 – 278.
- Penha, J. K. M., Damasceno, M. A., Felipe, R. N. B e Felipe, R. C. T. S., 2006, "Análise comparativa entre as propriedades mecânicas de compósitos poliméricos reforçados por Juta/vidro/juta e juta/juta", *Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia dos Materiais*, Vol.1, Foz do Iguaçu, Brasil, pp. 3874-3883.
- Ralph, J., Helm, R.F., 1993, "Lignin/Hydroxycinnamic acid/Polysaccharide complexes: syntetic models for regiochemical" In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D. *et al.* Forage cell wall structure and digestibility. Madison : American Society of Agronomy, p.201-241.
- Saliba, E. O. S., Rodriguez, N. M., Morais, S. A. L., Veloso, D. P., 2001, " Lignins: isolation methods and chemical characterization", *Ciência Rural*. Vol. 31, nº 5, pp. 917-928.
- Santos, A. M., Sydenstricker, T. H. D e Amico, S. C., 2006, "The study of Hybrid Polypropylene / Glass and Coir Fiber Composites for Engineering Applications", *Anais do 41º International Symposium on Macromolecules*, Rio de Janeiro, Brasil, p.p 16-21.
- Souza, D. A., 1999, "Comportamento Térmico das Fibras Vegetais (Cocos nucifera L.)", *Dissertação Mestrado*, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE PROCESS OF THE MILL GRINDING BALLS OF FIBER COCONUT DRIVING THE CONSTRUCTION OF COMPOSITES POLYMERIC PARTICLES WITH SMALL SIZES**

***Abstract.** In Brazil, there is a wide variety of natural fibers with different chemical, physical and mechanical properties. In particular studies of coconut fibers have increased considerably, as well as having a low cost of natural fibers have features such as rigidity, durability and high lignin content (composite natural). However, due to the hydroxyl groups present in its structure, it provides a hydrophilic character, taking with it an amazing capacity for absorption of water, its applications are limited to certain applications. In this study sought to analyze the process of grinding Coco fibers in ball mill, with a focus to determine from experimental data: the ideal amount of fiber, this number of balls inside the ideal time of grinding. The importance of this procedure is to improve the production of fine fibers Coco for further formation of polymer composites more homogeneous and better performance. The mechanical responses of these composites depend on many factors, including the stress-strain behavior of fiber and matrix phases, the volume fraction of phases and the direction in which the voltage or load is applied. The standard size established as ideal for the job is of particle sizes smaller than 115 mesh, which favors an ideal condition for the production of more homogeneous composites with better mechanical properties. The milling process was reviewed from charts and tables where it was found that the use of 35 balls for 1 hour with 5 grams of fiber, allows for a greater amount of fine.*

**Keywords:** *Coconut fibers, ball mill, Natural Fibers Composites.*