

ANÁLISE IMEDIATA DA BIOMASSA UTILIZADA EM FORNOS CERÂMICOS DA REGIÃO DE TATUÍ-SP

¹**Luis Ricardo O. Santos** (lricardo@ufscar.br), ²**Tayná** (taynalucatti@hotmail.com),
²**Mariana Provedel Martins** (mareprovedel@hotmail.com), ²**Verônica Scalet**
(ve.scalet@gmail.com), ²**Fabio Minoru Yamaji** (fmyamaji@ufscar.br).

^{1,2} **Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba**

Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110
Bairro do Itinga - Sorocaba - São Paulo - Brasil
CEP 18052-780

RESUMO

Nos últimos anos o uso de fontes alternativas e sustentáveis de energia tornou-se de grande importância para pesquisa e estudo dentro da comunidade científica. O uso da biomassa como fonte de energia é importante, devido principalmente seu caráter renovável e a sua abundância. O uso deste tipo de material para fins energéticos vem crescendo, porém, há um enorme campo para melhorias e possibilidades, envolvendo um melhor conhecimento deste material e o potencial de aplicação da biomassa como fonte de energia. A indústria ceramista analisada consiste em cerâmica estrutural vermelha, este segmento produz tijolos furados, tijolos maciços, lajes, blocos de vedação e estruturais, telhas, manilhas. Objetivou-se neste trabalho a caracterização de dois materiais utilizados na indústria cerâmica, como amostras dos gêneros *Eucaliptus* spp e *Pinus* spp, sendo analisadas amostras da casca e cavacos. No sentido de obter dados para potencializar o uso da biomassa para fins energéticos, realizou-se a análise química imediata do combustível que determina o teor de água do material (umidade), o teor de material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), também o teor de material residual após a combustão (cinzas), densidade aparente do material e a obtenção dos dados do poder calorífico. A metodologia empregada consistiu na análise imediata dos resíduos estudados, sendo realizada tendo como referência a norma NBR 8112 ABNT, sendo todas as análises realizadas em triplicata e utilizando como valores as médias das análises. Com os resultados obtidos espera-se poder realizar um comparativo entre os dois gêneros, e os diferentes tipos de amostras, a fim de obter dados e poder potencializar o uso da biomassa, para fins energéticos.

Palavras Chave: Análise Imediata; Biomassa; Bioenergia; Fornos Cerâmicos;

Área Temática: Caracterização.

ABSTRACT

In recent years the use of alternative and sustainable sources of energy has become of great importance for research and study within the scientific community. The use of biomass as an energy source is important, mainly because it's renewable nature and its abundance. The use of such material for energy is growing, but there is a huge scope for improvement and possibilities involving a better understanding of the material and the application potential of biomass as an energy source. The ceramics industry is analyzed in red structural ceramics, this segment produces hollow bricks, solid bricks, flagstones, bricks and structural, roofing, shackles. The objective of this work was the characterization of two materials used in the ceramic industry, as samples of the genera *Eucalyptus* spp and *Pinus* spp, and analyzed samples of bark and wood chips. In order to obtain data to optimize the use of biomass for energy purposes , held the chemical analysis of the fuel that determines the water content of the material (moisture) content of material that burns gaseous (volatile material) and the solid state (fixed carbon) , also the residual material after combustion (ash) , bulk density of the material and obtain the data from the calorific value. The methodology consisted of the immediate analysis of the residues studied, performed with reference to ABNT NBR 8112 , and all analyzes were performed in triplicate , using values as the averages of the analyzes . With the results are expected to be able to make a comparison between the two species, and different types of samples in order to obtain data and power increase the use of biomass for energy purposes.

Key words: Instant Analysis: Biomass, Bioenergy, Ceramic Kilns;

Subject Area: Characterization.

Introdução

O uso da biomassa é conhecido desde as primeiras civilizações, na produção de fogo para alimentação e aquecimento, mas seu uso se tornou revolucionário com o advento da revolução industrial no século XVIII, onde novas tecnologias nos campos da indústria e transporte alteraram profundamente os sistemas produtivos e a vida da sociedade. As principais matérias primas utilizadas pela sociedade na geração de energia, até finais do século XIX e início do XX eram a biomassa tradicional, consumida de forma insustentável a partir de florestas nativas e o carvão mineral, material não renovável.

Com a crise do petróleo, estabelecida entre 1970 e 1980 ficou evidente a dependência mundial deste produto fóssil. Foi dentro deste cenário que a biomassa moderna foi cogitada como alternativa, devido as suas características ambientais, ao preço e ao grande potencial de produção de energia. A biomassa moderna, material proveniente de madeira de reflorestamento, é uma fonte de energia renovável e sua importância tem crescido gradualmente devido a alguns fatores como: contribuição para a redução da pobreza em países em desenvolvimento, capacidade de produzir energia em todas as formas como: combustível, calor e eletricidade sem a necessidade de conversões de energia de alto custo e a ajuda na revitalização de áreas improdutivas aumentando a biodiversidade, a fertilidade do solo e a retenção de água. (DERMIRBAS, 2009).

A biomassa é todo material orgânico, de origem não fóssil que possua energia química, isso inclui todos os tipos de vegetais, ou seja, toda matéria orgânica de origem vegetal que pode ser utilizada na geração de energia (OMACHI, 2004).

A biomassa vegetal geralmente definida como um material orgânico composto principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio; o enxofre e outros minerais também estão presentes em menores proporções. A concentração dos elementos inorgânicos na constituição da biomassa é caracterizada pelo teor de cinzas característico do material, que é fator importante em seu emprego em combustão. O material inorgânico presente no biocombustível possui caráter abrasivo, e torna-se um resíduo após a sua combustão, formando um encrustamento constituído das cinzas, nos fornos. (YAMAN, 2003).

Além disto, o uso da biomassa tem outro aspecto ambiental favorável já que a emissão de CO₂ da queima da biomassa na atmosfera geralmente é compensada pela absorção no plantio da nova biomassa, ou seja, é neutra em carbono quando utilizada de forma sustentável.

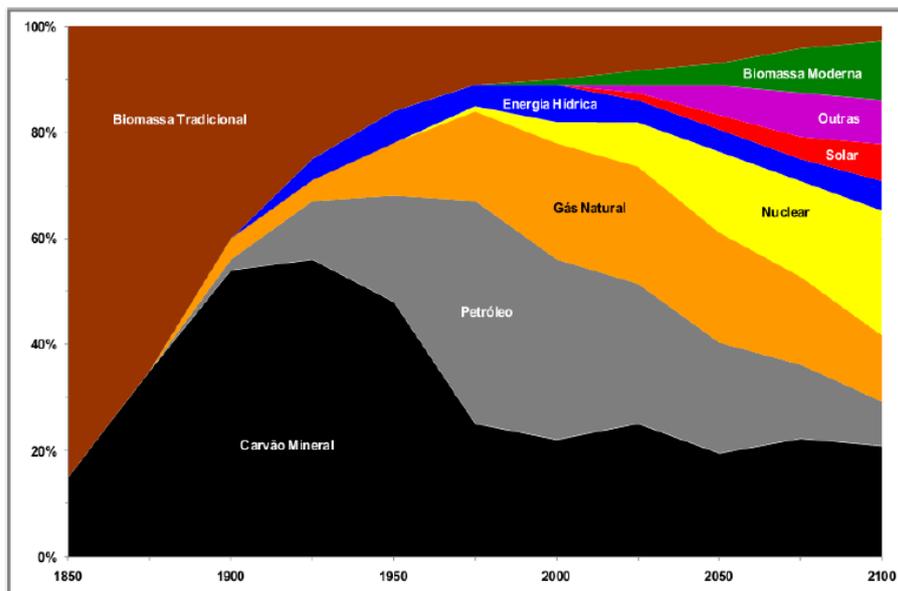


Figura 1: Fontes de energia utilizadas (cenário para 2100) Fonte: NAKICENOVIC; GRÜBLER; MCDONALD (1998).

Tradicionalmente, enxofre e cinzas são considerados as principais impurezas dos combustíveis. A combustão do enxofre, presente nos combustíveis fósseis, gera o dióxido de enxofre (SO₂), que pode combinar-se com a água formando ácido sulfúrico diluído ou pode se

transformar na atmosfera em outro composto potencialmente perigoso.

Desde os anos 70, a biomassa ganhou considerável interesse em todo mundo. É neutra em carbono quando produzida de forma sustentável, sua distribuição geográfica é relativamente uniforme e tem grande potencial de produzir energias modernas que são limpas e convenientes para uso. Produz grande desenvolvimento do setor rural e seu atrativo custo a faz uma energia promissora em muitas regiões. Com diversas tecnologias disponíveis para converter biomassa em modernos sistemas de produção de energia, sua utilização tem crescido em muitos países.

A biomassa queimada como combustível é menos poluente que os combustíveis de origem fóssil, uma vez que está inserida no ciclo do carbono, pois o CO₂ liberado durante a queima já havia sido absorvido durante o processo de fotossíntese, resultando em um balanço de emissões de CO₂ nulo (PINCELLI, 2011).

O Brasil, como um grande produtor de biomassa vegetal, tanto a cultivada quanto a proveniente de resíduo de processos agroindustriais, florestais e madeireiros, tem grande potencial para empregar e desenvolver técnicas para a conversão da biomassa em biocombustíveis (LENÇO, 2010). A utilização de energias renováveis é conveniente ambiental e socioeconomicamente, uma vez que o desenvolvimento sustentável proporcionado abrange a conservação dos recursos naturais explorados respeitando os ciclos de renovação e/ou reaproveitando os resíduos de processos já existentes (provenientes da indústria madeireira, celulose e papel, sucroalcooleira, etc.). Além de que estimula o avanço e o surgimento de empresas nacionais, com consequente criação de empregos regionais e impulso das atividades econômicas (FILIPETTO, 2008).

Cerâmica

A história da cerâmica caminha junto com a história da humanidade. A argila é utilizada em todas as sociedades – das mais antigas às modernas. Há achados arqueológicos datados de 5.000 a.C., na região de Anatólia (Ásia Menor). Na Grécia, eram comuns as pinturas em cerâmicas retratando cenas de batalhas e conquistas bélicas, e, na China, a produção de peças estava relacionada à tradição religiosa. (ITAÚ, 2006).

Os materiais cerâmicos são utilizados desde 4.000 a.C. pelo homem, destacando-se pela sua durabilidade, além da abundância da matéria-prima (argila) utilizada. Não se sabe exatamente a época e o local de origem do primeiro tijolo; possivelmente foram os romanos os primeiros a utilizarem o produto na forma que conhecemos hoje, as usinas desta civilização dominavam o processo de queima da argila. (SANTOS, 2002).

Presume-se que a alvenaria tenha sido criada há cerca de 15.000 anos, pois necessitando de um refúgio natural para se proteger do frio e dos animais selvagem, o homem decidiu empilhar pedras. No entanto, quando a pedra natural começou a se escassear, o homem passou a substituí-la pelo tijolo seco ao sol. O registro mais antigo do tijolo foi encontrado nas escavações arqueológicas em Jericó - Oriente Médio, no período Neolítico inicial. (SEBRAE, 2004). A unidade de alvenaria (tijolo) era uma peça grande em forma de pão, seca ao sol, pesando em torno de 15 kg.

No Brasil, a tradição ceramista não veio com os portugueses, nem junto com a bagagem cultural dos africanos. Os colonizadores, instalando as primeiras olarias, apenas estruturaram e concentraram mão de obra, modificando o processo nativo, que era muito rudimentar, com as tecnologias da época, a exemplo o uso do torno e das “rodadeiras”, conferindo simetria e acabamento mais refinado às peças. (SEBRAE, 2008).

A indústria cerâmica brasileira tem grande importância para o país, tendo participação no PIB – Produto Interno Bruto – da ordem de 1,0%. O Brasil conta com uma população em torno de 180 milhões de habitantes que geograficamente estão mais concentrados nas regiões sul e sudeste. Essas regiões também tem maior número de habitantes nas zonas urbanas, fator importante na análise da distribuição das empresas do setor cerâmico e no estudo dos hábitos de consumo e necessidades básicas da população.

Cerâmica Estrutural Vermelha

Este segmento caracteriza-se pela cor vermelha de seus produtos, que são tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, agregados leve de argila expandida e outros. Do ponto de vista da matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente - só argila -, e pode ser denominada de simples ou natural (EMILIANI, 1999).

É uma atividade de base ao possibilitar a construção civil, em geral, desde a mais simples a mais sofisticada. Distribui-se por todo país, muito pulverizada, em micro e pequenas empresas, quase sempre de organização simples e familiar. Levantamentos mostram que existem 11.000 unidades produtivas, em uma média de 25 a 30 empregados, somando entre 250.000 a 300.000 empregos.

Na sequência do processo de fabricação, a massa é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente acima de 20%), e processada em misturadores e homogeneizadores rústicos, sendo conformadas a seguir em extrusoras (marombas), quando adquirem as suas formas finais (blocos, lajes, lajotas, tubos) ou seguem para prensagem (telhas) ou tornearia (vasos).

As argilas empregadas em cerâmica vermelha, como recurso mineral apresentam alto valor locacional, ou seja, devem necessariamente estar situadas nas proximidades das cerâmicas. Desta forma, as distribuições das unidades produtoras são controladas pelas ocorrências dos depósitos de argila. A localização dos principais pólos cerâmicos em alguns estados do Sul/Sudeste pode ser revista na Figura 2.

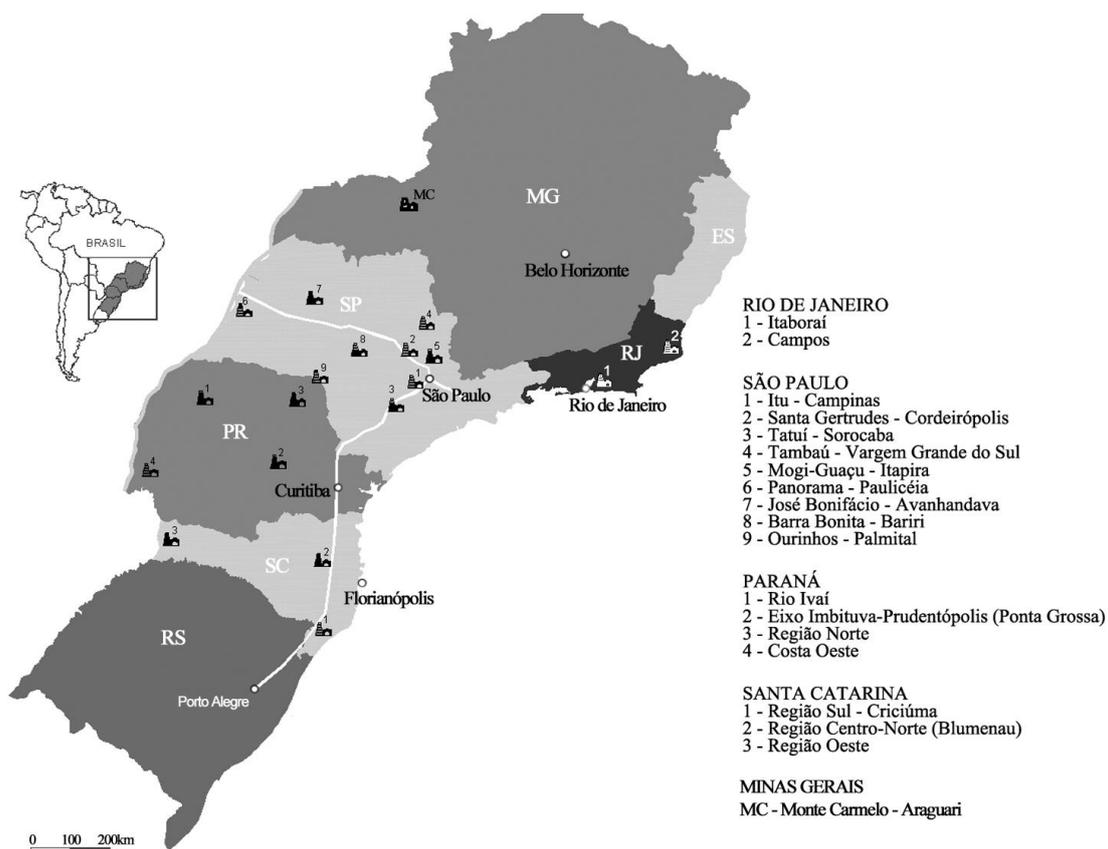


Figura 2: Principais pólos de cerâmicas vermelhas em alguns estados do sul/sudeste.

A maioria dos produtos apresenta alta porosidade aberta, com pouca fase vítrea, decorrente da baixa temperatura de queima (800 a 900 °C). Mesmo assim, mostram resistência mecânica suficiente para os usos a que são propostos.



Figura 3: Cerâmica típica da região Sudeste do Brasil.

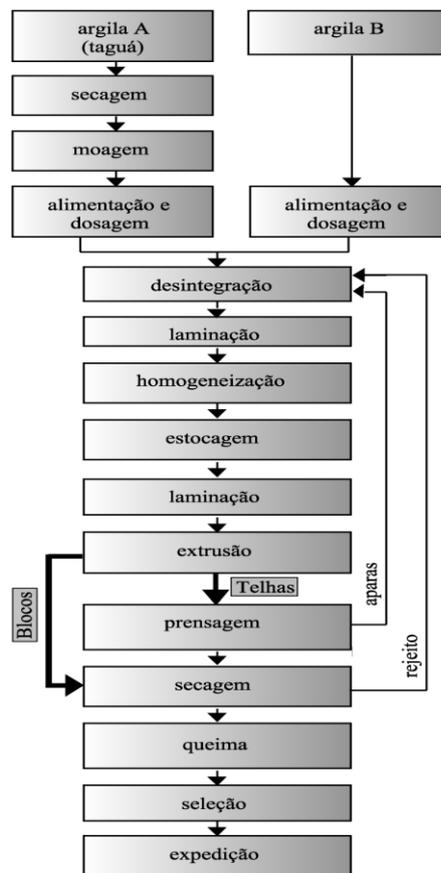


Figura 3: Fluxograma do processo de fabricação de blocos cerâmicos e telhas.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo entre os materiais utilizados pelas cerâmicas, a partir da comparação de duas espécies de madeira como: A casca e cavacos de *Eucalyptus* spp e casca e cavacos de *Pinus* spp provenientes dos mais diversos fornecedores. Utilizando as técnicas normatizadas já existentes NBR 8112 ABNT, como análise imediata (teor de umidade, teor de cinzas, teor de voláteis e carbono fixo), poder calorífico superior e densidade a granel. Espera com os resultados obtidos obter maiores informações sobre as espécies utilizadas como biomassa, bem como, obter padrões de referência nos dados obtidos em laboratório e compará-los com o combustível utilizado nas cerâmicas.

Materiais e Métodos

Análise Granulométrica:

Consiste na separação dos materiais, através de peneiramento, com diferentes frações de peneiras e retendo os materiais em cada fração. Após esta retenção seleciona-se o material e a fração desejada e realiza suas análises.

Sequencia de Peneiras para os testes: **5>20>35>60>Fundo**

Para nossos testes a fração escolhida foi o material retido na peneira de **60 mesh**.

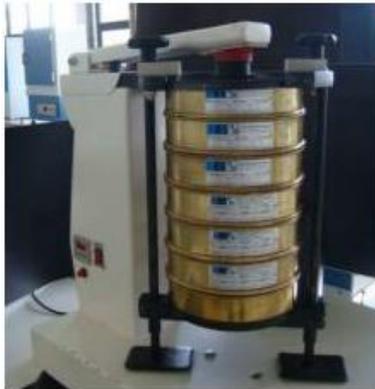


Figura 4: Conjunto de peneiras e agitador orbital com batidas intermitentes.

Densidade a Granel

A densidade a granel dos resíduos foi determinada de acordo com a metodologia da norma NBR 6922, utilizando-se um béquer de 1L de capacidade e de peso conhecido. A densidade a granel dos resíduos foi determinada após secagem em estufa a 105°C. A densidade a granel foi calculada conforme a Equação.

$$\gamma_g = \frac{m_a}{V_r}$$

Onde:

γ_g = densidade a granel (g/cm³)

m_a = massa da amostra no estado natural (g)

V_r = volume do recipiente (cm³)

Análise química imediata - NBR 8112 ABNT

A análise química imediata de um combustível determina o teor de água do material (umidade), o teor de material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), e também o teor de material residual após a combustão (cinzas). As análises dos teores de voláteis, cinzas e carbono fixo foram realizadas em triplicatas e os resultados obtidos são a média dos valores obtidos.

Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado após geração dos resíduos. As amostras dos materiais foram primeiramente pesadas em balança analítica, em seguida foram secas em estufa climatizada (105 +/- 2°C) por 24 horas com o posterior resfriamento em dessecador com sílica gel. Foram utilizadas amostras de 100 g do material na análise. As amostras secas e resfriadas foram novamente pesadas em balança analítica. A diferença de peso após secagem permitiu a determinação do teor de umidade dos resíduos.



Figura 5: Estufa Climatizada para determinação do teor de umidade.

O teor de umidade calculado é expresso por:

$$TU = \frac{M - M_f}{M_f} \times 100$$

Sendo: TU é o teor de umidade em %; M a massa inicial da amostra úmida e M_f a massa final da amostra seca, ambas em gramas.

Teor de voláteis

Para a determinação do teor de voláteis, com base na norma NBR 8112, os resíduos foram picados em um micro-moinho de facas tipo Willey, marca Marconi, e secos em estufa a ($105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) até massa constante. Utilizou-se aproximadamente 1,0g de amostra seca e com granulometria retida em 60 mesh. A amostra foi acondicionada em um cadinho de porcelana e posicionada na porta de uma mufla (modelo BHS da marca Bravac), previamente aquecida a 900°C , permanecendo nessa posição durante 3 minutos. Após este período, o cadinho foi colocado no interior da mufla a 900°C durante 7 minutos com a porta fechada. Após o aquecimento, o cadinho foi resfriado em dessecador com sílica gel até massa constante.

O teor de material volátil foi determinado pela média dos valores obtidos, por triplicata, empregando-se a Equação:

$$MV = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100$$

Onde:

MV = teor de material volátil (%)

M_1 = massa inicial do cadinho com a amostra (g)

M_2 = massa final do cadinho com a amostra (g)

M = massa da amostra seca (g)

Teor de cinzas

Utilizou-se aproximadamente 1,0g de amostra seca e com granulometria retida em 60 mesh. A amostra foi acondicionada em um cadinho de porcelana e posicionada dentro da mufla (modelo BHS da marca Bravac) a 650°C por 3 horas. Após o aquecimento, o cadinho foi resfriado em dessecador com sílica gel até massa constante.

O teor de cinzas foi determinado pela média dos valores obtidos, por triplicata, empregando-se a Equação:

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100$$

Onde:

CZ = teor de cinzas (%)

m_0 = massa do cadinho (g)

m_1 = massa do cadinho com a amostra após combustão (g)

m = massa da amostra seca (g)

Teor de carbono fixo

O percentual de carbono fixo refere-se à fração de material que se queima no estado sólido, isto é, tudo o que resta após a saída dos voláteis. O teor de carbono fixo dos materiais foi calculado segundo a norma NBR 8112, subtraindo-se da totalidade a soma dos teores de materiais voláteis e de cinzas, conforme a Equação:

$$CF = 100 - (CZ + MV)$$

Onde:

CF = teor de carbono fixo (%)

CZ = teor de cinzas (%)

MV = teor de voláteis (%)

Poder calorífico superior (PCS)

O poder calorífico é a quantidade de energia na forma de calor liberada durante a combustão completa de uma unidade de massa de combustível. O poder calorífico superior (PCS) refere-se à combustão que se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor derivado desta condensação é recuperado.

A determinação do poder calorífico superior foi feito de acordo com a norma ABNT/NBR 8633/84, através de bomba calorimétrica.

Resultados e Discussões

Conforme procedimentos citados foram realizados as análises e plotados em representações gráficas os resultados.

Para primeira análise temos a representação gráfica do teor de umidade, mas amostras analisadas.

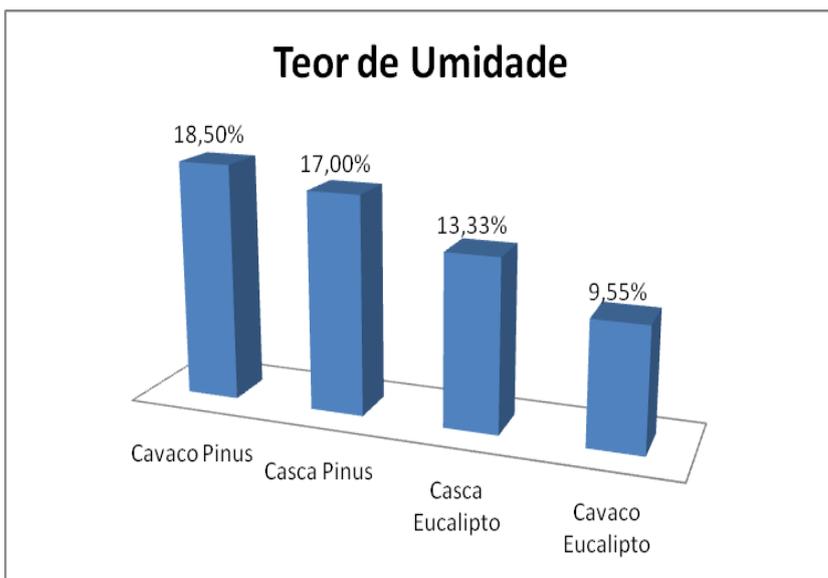


Figura 1: Representação gráfica do teor de umidade das amostras.

Como se pode observar as amostras de cavaco de pinus e casca de pinus apresentaram respectivamente 18,50 e 17,00% de teor de umidade. O conteúdo de umidade máximo que uma madeira pode ser queimada no forno está em torno de 65% a 70% em base úmida. Por existir essa umidade, é inevitável que ocorra uma perda de calor nos gases de combustão em forma de vapor de água, já que a umidade da madeira evapora e absorve energia em combustão (Ince, 1980, citado por CUNHA et al., 1989; JARA, 1989).

A próxima figura apresenta os valores para a densidade básicas das amostras.

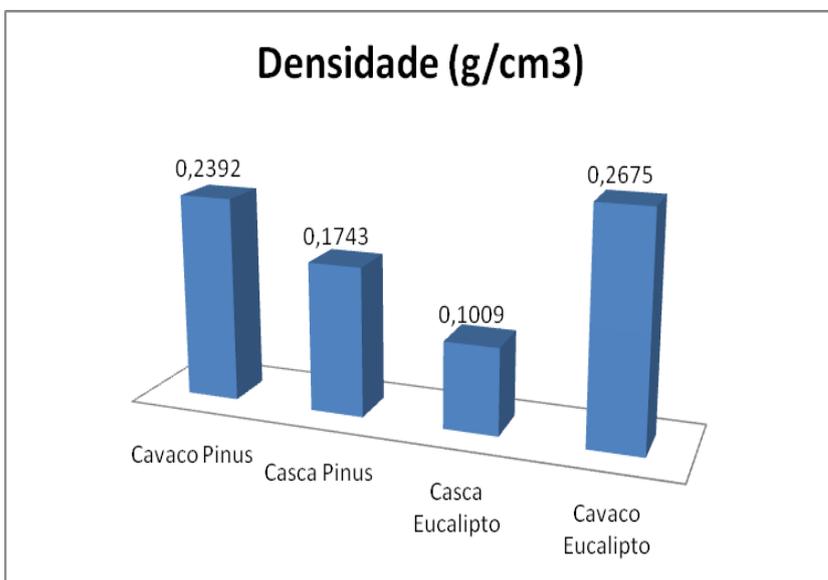


Figura 2: Análise da densidade de cada amostra analisada.

Conforme podemos observar, os valores dos cavacos se apresentaram maiores que os valores das cascas. Sendo respectivamente o cavaco de eucalipto e pinus os seguintes valores 0,2675 e 0,2392 g/cm³.

A próxima figura apresenta os valores para os teores de cinzas das amostras analisadas.

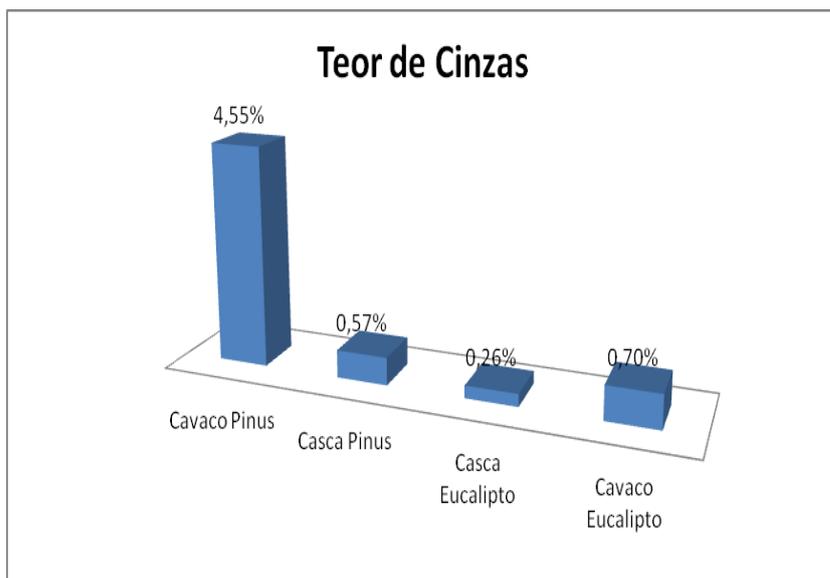


Figura 3: Teor de Cinzas apresentados pelas amostras.

Como é possível observar, para os teores de cinzas, as amostras de casca de pinus, casca de eucalipto e cavaco de eucalipto, se apresentaram dentro dos valores especificados pela literatura, já amostra de cavaco de pinus se apresentou com valor acima do esperado 4,55%, sendo necessário uma maior observação, em relação ao valor encontrado.

Para o gráfico seguinte são apresentados os valores para teor de voláteis das amostras.

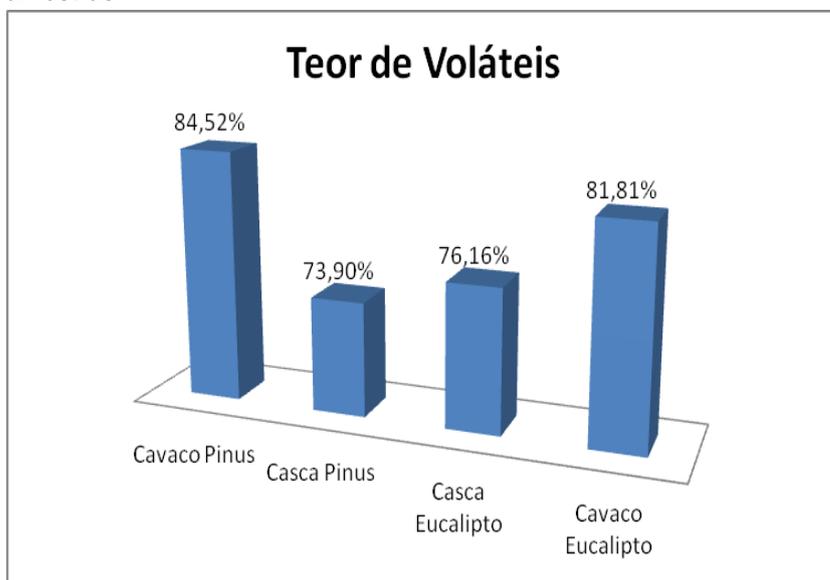


Figura 4: Valores para teor de voláteis das amostras.

Como é possível observar para os valores de teor de voláteis a amostra de cavaco de pinus apresentou o valor de 84,52%, seguido de 81,81% do cavaco de eucalipto. Segundo AROLA (1976) afirma que quando a casca e a madeira são queimadas, geralmente 75 a 80% é valor de material volátil.

Para o gráfico seguinte estão apresentados valores para o teor de carbono fixo das amostras.

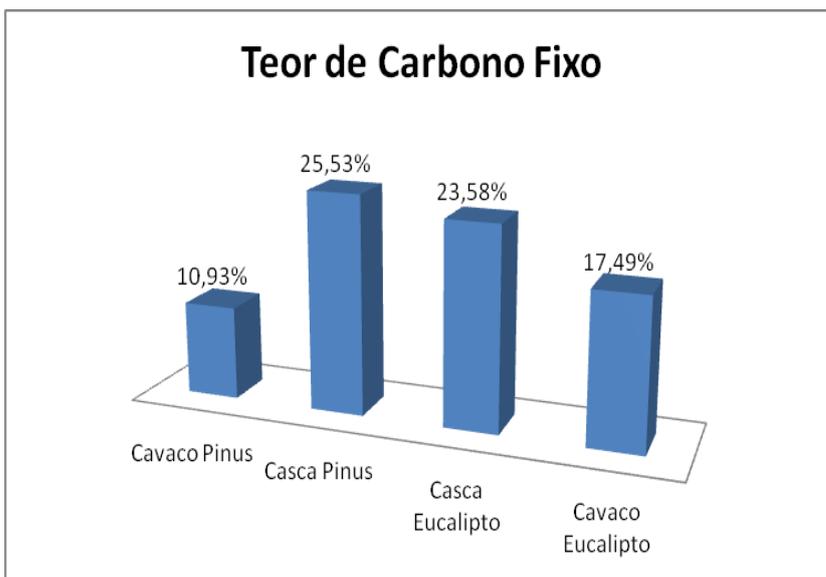


Figura 5: Valores do teor de carbono fixo das amostras analisadas.

Como pudemos observar o teor de carbono fixo, para as amostras de casca de pinus, casca de eucalipto apresentaram valores maiores respectivamente 25,53% e 23,58%, valores próximos. Já as amostras de cavaco de eucalipto e pinus apresentaram menores valores, respectivamente 17,49% e 10,93%. Lembrando que o carbono fixo é obtido pela diferença dos valores do teor de cinzas e de teor de materiais voláteis. Segundo AROLA (1976) cerca de 20 a 24% como carbono fixo, são medidas médias dos teores de carbono fixo nas amostras, ficando as amostras de cavacos de pinus e de eucalipto abaixo destes valores.

A próxima figura traz os valores de poder calorífico superior (PCS) das amostras.

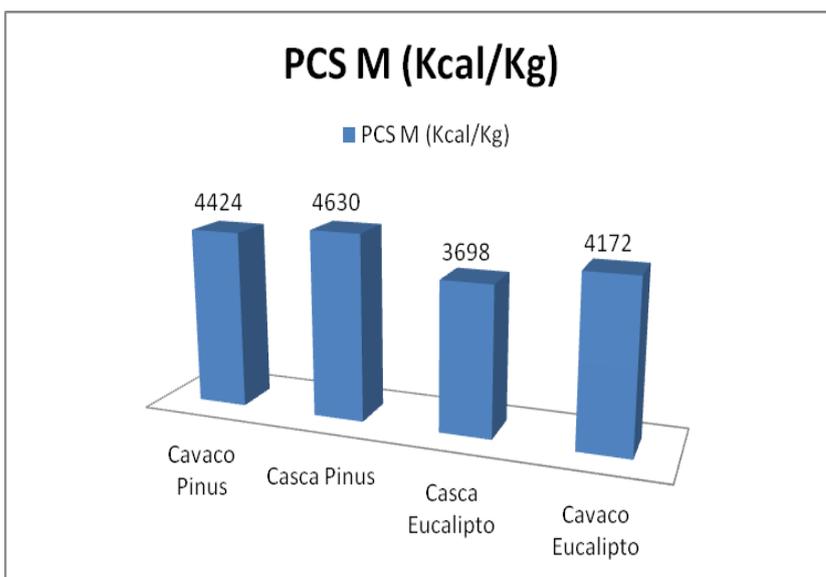


Figura 6: Valores do poder calorífico superior (PCS) das amostras.

Como foi possível observar as amostras de cavaco de pinus e casca de pinus, apresentaram valores próximos respectivamente de 4.424 e 4.630Kcal/Kg. Já a amostra de casca de eucalipto apresentou o menor valor de PCS com 3.698Kcal/Kg. Como podemos observar as amostras da madeira de pinus (conífera), apresentaram valores maiores

comparado com das amostras de eucalipto (folhosa), confirmando assim que o poder calorífico superior da madeira, além da umidade, está muito influenciado pela constituição química da madeira, principalmente a lignina e extrativos (resinas, óleos-resinas, matérias graxas, óleos, etc). Desta maneira, as coníferas que apresentam um conteúdo de resinas e lignina maior que as latifoliadas ostentam conseqüentemente um maior poder calorífico superior, que varia também conforme a parte da árvore que esteja em combustão (casca, nós, ramos, madeira do toco).

Conclusões

Através dos gráficos podemos obter algumas informações como, a casca de ambas as espécies apresentaram maiores teores de carbono fixo e conseqüentemente valores menores para voláteis. A queima das cascas, deverá se processar mais lentamente e com menos formação de chamas, sendo uma possibilidade seu uso como combustível.

Maior teor de Voláteis encontramos no cavaco de Pinus e no Eucalyptus, conseqüentemente sua queima será iniciada mais rapidamente que dos outros materiais. Isso acarretaria uma queima por sua vez relatada que aqueles combustíveis os quais apresentam altos teores de substâncias voláteis são mais fáceis e rapidamente queimados (SMITH 1976).

A casca de ambas espécies apresentaram maiores teores de carbono fixo, conseqüentemente valores menores para voláteis. O carbono fixo queima-se vagarosamente na fase sólida, a queima das cascas, deverá se processar mais lentamente e com menos formação de chamas. Ao observar estes experimentos, demonstrou que a quantidade de carbono fixo, fornecida pela unidade de madeira enfiada é função da porcentagem de lignina da madeira. Se faz necessário, para maiores estudos e obtenção de parâmetros realizar o teor de extrativos, teor de lignina nas amostras, etc.

Já para o teor de cinzas o cavaco de Pinus, apresentou o maior valor, sendo seu valor elevado, comparado aos demais. Altos teores de cinzas em combustíveis podem resultar na emissão de partículas através das chaminés.

Referências Bibliográficas:

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica. 2001. Cerâmica no Brasil: Panoramas Setoriais. [online] Disponível na Internet via WWW, URL: <http://www.abceram.org.br/cerambrasil/panoramas/> index.htm. Arquivo capturado em 20 de Abril de 2001.

ANICER. Visões da cerâmica naturalmente eficiente. **Revista da Anicer**, ano 11, ed 54, Out. 2003.

AROLA, R. A. 1976 - Wood Fuels - How do they stack up? **Forest Products Research Society**, November 15-17, Atlanta, Georgia, 12 p.

BALLONI, C. J. V. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliotti***. 2009. 42f. Trabalho de Graduação de Curso. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – Campus Experimental de Itapeva, Itapeva.

BARRICHELO, L. E. G. & BRITO, J. O. 1976 - **A Madeira das Espécies de Eucalipto como Matéria Prima para a Indústria de Celulose e Papel**. Brasília, PRODEPEF, 145 p. (PNDU/FAO/IBDF/BRA-45, Série Divulgação n.c 13).

BRITO, J. O; BARRICHELO, L. E. G. **Características do Eucalipto como Combustível: Análise Química Imediata da Madeira e da Casca**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF n.16, p.63-70, 1978.

BRITO, J.O.; NUCCI, O. **Estudo tecnológico da madeira de Pinus spp para a produção de carvão vegetal e briquetagem**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas Estado de São Paulo – IPEF, n. 26, p.25-30, São Paulo, abr.1984

CHRISOSTOMO, W. **Estudo da Compactação de Resíduos Lignocelulósicos para Utilização como Combustível Sólido**. 2011. 80f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.

DERMIRBAS, M. Fatih; BALAT, Mustafa; BALAT, Havva ; **Potential contribution of biomass to the sustainable energy development – Energy conversion and management – ELSEVIER Ed.50 – 2009 – páginas 1746 – 1760**.

Emiliani, G.P., Corbara, F. 1999. **Tecnologia cerâmica**. Faenza: Editoriale Faenza Editrice. v.1.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. 2008. 74f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ITAÚ. **Enciclopédia Itaú Cultural de artes visuais: cerâmica – definição**. Disponível em: <http://www.itaucultural.org.br/aplicExternas/enciclopédia_IC_index.cfm?fuseactio=termos_texto&cd_verbete=4849>. Acesso em: 08 out. 2011.

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

LENÇO, P. C. **Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar para geração de energia**. 2010. 181f. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

Motta, J.F.M. 2000. **As matérias-primas cerâmicas e o estudo de três casos de rochas fundentes**. Rio Claro: UNESP. 208p. (Tese, Doutorado).

NAKICENOVIC, Nebojsa; GRÜBLER, Arnulf; MCDONALD, Alan. **Global energy perspectives**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 289p

OMACHI, I. H.; RODRIGUES, L. G.; STOLF, M.; CANNAVAL, R.; SOBREIRO, R. **Produção de biomassa florestal para exportação: o caso Amcel**. Revista Biomassa e Energia, Viçosa, v. 1, n.1, p. 29-36, 2004.

PINCELLI, A. L. P. S. M. **Características dos resíduos da colheita de madeira de eucalipto e pinus, submetidos ao tratamento térmico, com foco na aplicação energética**. 2011. 127f. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SANTOS, P. S., **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. v. 1.

SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: 2002.

SEBRAE;ESPM. **Cerâmica vermelha: estudos de mercado**. São Paulo: SEBRAE Nacional, 2008. Relatório Completo.

SMITH, A. D. 1976 - **Wood as fuel**. Foster Wheeler Limited. Mimeograph. 32 p.

Tanno, L.C., Motta, J.F.M., Cabral Jr., T.L.C. 1994. **Pólos de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo: aspectos geológicos e econômicos**. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 38, Blumenau. *Anais*. Blumenau: ABC. p.378-383.

YAMAN, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. **Energy Conversion & Management**, v. 45, n. 5, p. 651-671, 2004.

Zandonadi, A.R. 1996. Cerâmica Estrutural. In: Anuário Brasileiro de Cerâmica. São Paulo: ABC,154p.