



CARACTERIZAÇÃO DE CASCA DE AVEIA, CAROÇO DE AZEITONA E CAROÇO DE PÊSSEGO PARA FINS ENERGÉTICOS

Gustavo da Silva Gehlen¹ (silva.gehlen@ufrgs.br), Camila Robinson² (camila_robinson@hotmail.com), Cibele Pinz² (cibepinz@unisinov.br), Ariana Lima² (ariana_lima@yahoo.com.br), Janice da Silva² (janices@unisinov.br)

1 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

2 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS

RESUMO

A caracterização da biomassa através de suas propriedades físico-químicas pode determinar o seu comportamento durante o processo de conversão física e energética. Este trabalho tem como objetivo apresentar a caracterização preliminar da casca de aveia e dos caroços de pêssigo e de azeitona, com vistas a sua aplicação como biomassa para a produção de energia. Foi realizada a análise imediata, a determinação dos teores de cálcio, sódio e potássio e o poder calorífico das biomassas investigadas. Os teores de umidade foram inferiores a 30% (m/m), destacando-se a casca de aveia com 9,083%. Os valores de cinzas não ultrapassaram 3% (m/m), sendo o menor valor para o caroço de pêssigo (0,34%). Os teores de matéria volátil foram similares nas três biomassas, entre 78,78% e 85,13%. Foi observado o valor mínimo de 2,11 % (m/m) para o carbono fixo no caroço de pêssigo e máximo de 11,93% para a casca de aveia. O maior poder calorífico (17,79 MJ/kg) foi observado para o caroço de azeitona e o menor (10,92 MJ/kg) para o caroço de pêssigo. A elevada disponibilidade da casca de aveia, associada à sua baixa umidade e teor de cinzas, poder calorífico superior, teores de voláteis e carbono fixo adequados, são indicadores da sua aplicação como combustível. Embora o caroço de azeitona tenha apresentado um teor de umidade mais elevado, foi a biomassa que apresentou o maior poder calorífico. O caroço de azeitona se destaca com elevado valor para o sódio e o caroço de pêssigo para o potássio.

Palavras-chave: casca de aveia; caroços; biomassa; energia.

CHARACTERIZATION OF OAT HULLS, OLIVE STONE AND PEACH STONE FOR ENERGY PURPOSES

ABSTRACT

The characterization of biomass through their physicochemical properties is essential to determine its behavior during the physical and energy conversion process. This study aimed to present the preliminary characterization of oat hulls and peach and olive stones with a view to its future application as fuel. Proximate analysis, determination of the calcium, sodium and potassium and the calorific value was performed for the investigated biomasses. The moisture content was less than 30%, oat hulls to be distinguished with 9,083%. The ash values did not exceed 3%, the lowest value was for the peach stone (0.34%). The levels of volatile matter were similar in the three biomasses, between 78.78% and 85.13%. The minimum value of 2.11% for the fixed carbon was in peach stones and a maximum of 11.93% for oat hulls was observed. The higher calorific value (17.79 MJ / kg) was observed for the olive stones and the lowest (10.92 MJ / kg) for peach stones. The high availability of oat hulls, coupled with their low moisture and ash content, PCS, volatile content and fixed carbon appropriate, are indicators of its use as fuel. Although the olive stone has submitted a higher moisture content, was the biomass with the highest calorific value. The olive stone stands out with high sodium value and peach stone for potassium.

Keywords: Oat hulls; Stones; Energy.



1. INTRODUÇÃO

A energia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico, sendo o seu consumo um dos principais indicadores do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. A demanda energética global tem crescido rapidamente. Os dados estatísticos divulgados pela International Energy Agency (IEA) mostram um crescimento de 8306 a 8979 Mtep nos anos de 2009 a 2012, sendo a busca pela diversificação energética uma das formas de atender este rápido crescimento (IEA, 2012). Neste contexto, a biomassa aparece como um recurso atraente para substituir progressivamente os combustíveis fósseis, em função do seu baixo impacto ambiental e valorização de recursos naturais, considerando aspectos de sustentabilidade (LIM et al., 2012).

De acordo com a IEA, a biomassa já representava mais de 12% do consumo energético global entre os anos de 2009 e 2012 (IEA, 2012). Adicionalmente, estudos indicam que a importância da biomassa aumentará muito, chegando a representar, no fim do século 21, de 10 a 20% de toda a energia utilizada pela humanidade (GOLDEMBERG, 2009). Estes fatos, somados às características favoráveis do Brasil, de elevada produtividade de biomassa por hectare, justificam estudos e pesquisas na área (CORTEZ et al., 2008). Salienta-se ainda que considerando a existência de uma ampla gama de tecnologias de conversão energética de biomassa, adequadas para aplicações nas mais variadas escalas, é imperioso estudos de caracterização de resíduos celulósicos (biomassas), sobretudo aqueles gerados em quantidades expressivas.

No Brasil, os principais produtores de aveia são os estados do Rio Grande do Sul e Paraná. A produção brasileira em 2014 foi de 368,7 mil toneladas, onde ressalta-se que 62,6% da produção corresponde ao estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2015). Considerando que a casca da aveia representa de 24 a 27% do grão, gera-se em torno de 57 mil toneladas de casca somente no estado do Rio Grande do Sul (KÜLP, 2008). Atualmente, a casca de aveia tem sido utilizada na complementação de alimentação animal, contudo esta destinação é insuficiente frente à quantidade gerada, ou seja, trata-se de uma biomassa com alta disponibilidade e expressivo potencial para geração de energia (VARANDA, 2012).

Outras biomassas de interesse são o caroço de pêsego e o caroço de azeitona. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE e da Emater/RS-Ascar, o Rio Grande do Sul é o maior produtor de pêsegos do Brasil, com mais de 160 mil toneladas, numa área de 18,5 mil hectares. (EMATER, 2014).

O caroço de azeitona, resíduo sólido da indústria de azeite de oliva e de azeitonas de mesa em conserva, está disponível em quantidades expressivas em regiões onde estes alimentos são produzidos. No Rio Grande do Sul a olivicultura ocupa atualmente 1.200 hectares, e é o estado brasileiro que contabiliza a maior produção. Os investimentos na produção de oliveiras estão ocorrendo em todo o país, tanto para o aprimoramento de cultivares de oliveiras destinadas a produção de frutos para o preparo de conservas, quanto para cultivares destinados à extração do óleo de oliva extra-virgem ou virgem. (PESTANA-BAUER; GOULARTE-DUTRA; ZAMBIAZI, 2011). Este cenário indica a importância de estudos e pesquisas em toda a cadeia produtiva que vem se expandindo no estado, considerando produtos, subprodutos e resíduos sólidos.

A caracterização da biomassa através de suas propriedades físicas e químicas é fundamental para determinar o seu comportamento durante o processo de conversão física e energética. O conhecimento das propriedades da biomassa influencia na seleção da tecnologia de conversão a ser aplicada, dependendo de suas propriedades, uma tecnologia poderá ser excluída por fatores técnicos ou ambientais. Processos de conversão de biomassa sob condições oxidantes, por exemplo, são fortemente influenciados pelo equipamento de combustão, condições experimentais e pelas propriedades físico-químicas da biomassa em questão (CORTEZ et al., 2008; VIEIRA, 2012).

As propriedades mais importantes da biomassa que devem ser inicialmente determinadas visando identificar as suas qualidades como combustível são as propriedades físicas, químicas e estruturais, como por exemplo, a granulometria; a densidade; a análise imediata, que inclui os teores de umidade, matéria volátil, cinzas e carbono fixo; a análise elementar (CHON); análises



somativas, como os teores de lignina, celulose e hemicelulose e, principalmente, o poder calorífico (VIEIRA, 2012).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar a caracterização preliminar da casca de aveia e dos caroços de pêssêgo e de azeitona provenientes do estado do Rio Grande do Sul com vistas a sua futura aplicação como combustível.

3. METODOLOGIA

A casca de aveia branca (*Avena sativa*) foi fornecida por empresa processadora da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Os caroços de azeitona (*Olea europaea Linné*) e pêssêgo (*Prunus pérsica*) foram obtidos através de indústrias processadoras de conservas alimentícias do estado. As biomassas foram trituradas em moinho laboratorial e peneiradas, resultando partículas entre 0,3mm e 0,8mm e sequencialmente submetidas à caracterização. Foi realizada a análise imediata, a determinação dos teores de metais alcalinos como cálcio, sódio e potássio e o poder calorífico das biomassas investigadas. Todos os ensaios foram feitos em triplicata.

3.1 Análise Imediata

A análise imediata fornece os teores de umidade, cinzas, matéria volátil e carbono fixo da biomassa. Foram utilizadas as normas ASTM (American Society for Testing and Materials) para análise imediata de carvão e coque (D-3172 até D-3175).

O teor de umidade (ASTM D-3173) foi determinado em estufa à temperatura de 105°C até peso constante. O teor de cinzas foi obtido aquecendo-se a amostra a 750°C por 2 horas em mufla, segundo a norma ASTM D-3174. A quantidade de matéria volátil foi determinada segundo os procedimentos da norma ASTM D-3175. O teor de carbono fixo foi determinado por diferença de massa.

3.2 Análise de Metais

A determinação de sódio, cálcio e potássio foi realizada por espectroscopia de emissão atômica, utilizando espectrofotômetro de chama modelo Digimed DM-61.

3.3 Poder Calorífico

O poder calorífico foi determinado utilizando-se a técnica da bomba calorimétrica (D-2015). A bomba calorimétrica é utilizada para medir o calor liberado pela combustão da biomassa com oxigênio. Esta técnica determina o poder calorífico superior a volume constante. O poder calorífico superior (PCS) da casca de aveia foi determinado através da análise em calorímetro marca IKA modelo C200, utilizando oxigênio a uma pressão de 30 bar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados para a análise imediata, teores de metais alcalinos e poder calorífico das biomassas.



Tabela 1. Análise imediata, teores de metais alcalinos e poder calorífico das biomassas

Parâmetros	Casca de Aveia	Caroço de Azeitona	Caroço de Pêssego
Umidade (g 100 g ⁻¹)	9,083 ± 0,03	29,16 ± 0,084	21,86 ± 1,024
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	2,940 ± 0,03	2,350 ± 0,08	0,340 ± 0,06
Matéria volátil (g 100 g ⁻¹)	85,13 ± 1,01	78,78 ± 1,04	79,91 ± 0,46
Carbono fixo (g 100 g ⁻¹)	11,93 ± 1,08	10,30 ± 1,16	2,110 ± 0,58
Poder Calorífico (MJ kg ⁻¹)	16,98 ± 0,02	17,79 ± 0,041	10,92 ± 0,46
Cálcio (mg 100 g ⁻¹)	40,10 ± 4,4	70,97 ± 10,52	21,89 ± 3,73
Sódio (mg kg ⁻¹)	0,505 ± 0,12	4824,9 ± 42,8	40,7 ± 21,0
Potássio (mg kg ⁻¹)	19,37 ± 1,46	203,3 ± 4,1	1363,6 ± 62,1

Observa-se, na Tabela 1, que o menor valor de umidade foi obtido para a casca de aveia. O mesmo foi inferior ao obtido por Varanda (2012), 10,3 g 100 g⁻¹, bem como inferior aos valores de umidade de outras biomassas obtidas por Vieira (2012), tais como casca de arroz (11,31 g 100 g⁻¹); bagaço de cana (46,16 g 100 g⁻¹); sabugo de milho (16,93 g 100 g⁻¹) e resíduo de soja (12,23 g 100 g⁻¹). Mata-Sánchez et al. (2013) encontraram valores de umidade entre 5,80 e 33,2 g 100 g⁻¹ para caroço de azeitona. A variabilidade de valores observada nos caroços, muito possivelmente, se deve as diferentes origens da biomassa, resultantes de diversas empresas, onde pré-tratamentos são utilizados.

De acordo com Klautau (2008) a umidade é um fator limitante na escolha do combustível (biomassa), não sendo permitidos valores acima de 50%, pois acima deste ponto é liberada energia insuficiente para a combustão e conseqüentemente para a produção de calor. Klautau (2008) relata que a presença de umidade dificulta a queima, pois o poder calorífico é reduzido, aumentando o consumo do combustível. Além disso, umidade elevada pode ocasionar a proliferação de fungos e a degradação do material, aspecto importante quando se considera o armazenamento da biomassa (GARCÍA et al., 2012). Neste particular as três biomassas investigadas apresentaram valores inferiores a 50% de umidade.

Considerando processos de conversão de biomassa por gaseificação, Hoffman (2010) comenta que um alto teor de umidade não gera dificuldades técnicas na gaseificação, mas sim uma redução na eficiência do processo, pois a energia necessária para evaporar a água e manter a temperatura de operação se obtém pela alimentação de mais combustível e oxidante. Cabe salientar que de acordo com García et al. (2012) valores de umidade de até 10 g 100 g⁻¹ são considerados ideais para combustão de biomassa. Neste parâmetro, a casca de aveia apresentou um teor de umidade adequado, indicando que a biomassa dispensa tratamentos prévios de secagem ou combustíveis suplementares, característica que favorece sua aplicação como combustível.

Quanto ao teor de cinzas, estudos indicam que o poder calorífico é prejudicado com a alta quantidade de compostos inorgânicos (GOMES, 2010). Resultados superiores de 3,5 g 100 g⁻¹ e 4,49 g 100 g⁻¹ ao obtido no presente trabalho foram encontrados por Galdeano (2001) e Tamanini et al. (2004), respectivamente, para casca de aveia branca. Segundo Tamanini et al. (2004) e Vale et al. (2011) essas diferenças provavelmente estão relacionadas à variabilidade normal existente



entre as variedades de aveia, bem como características de solo. Rabaçal (2010) encontrou teor de cinzas de $1,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para caroço de pêssgo. Quanto ao caroço de azeitona estudos indicam teor de cinzas de $13,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (DEMIRBAS, 2004). De acordo com García et al. (2012) a elevada geração de cinzas causa resistência térmica e implica em extensiva manutenção do equipamento envolvido. Klautau (2008) reforça os inconvenientes das cinzas, devido às suas características abrasivas, podendo causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos. Cabe ressaltar ainda, que de acordo com Vale et al. (2011), valores de teor de cinzas acima de $7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ comprometem o processo de combustão. As três biomassas avaliadas no presente trabalho se apresentam adequadas quanto a este parâmetro, tendo em vista processos de geração de energia.

O teor de matéria volátil determina a facilidade com que a biomassa entra em combustão, interferindo na ignição, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade e conseqüentemente a ignição (LEWANDOWSKI, 1997). De acordo com García et al. (2012) as biomassas agrícolas possuem altos valores de matéria volátil, superiores aos combustíveis fósseis, variando na faixa de 65 a 85 %.

O teor de carbono fixo representa a massa restante após a libertação de compostos voláteis, excluindo as cinzas e teores de umidade (MCKENDRY, 2002). O teor de carbono fixo depende principalmente do teor de material volátil, desta forma, biomassas com maiores teores de material volátil têm menores teores de carbono fixo (CHAVES et al., 2013). Combustíveis com alto índice de carbono fixo devem ter queima mais lenta, implicando maior tempo de residência dentro dos aparelhos de queima, em comparação com outros que tenham menor teor de carbono fixo (BRITO; BARRICHELO, 1982). Os teores de carbono fixo da casca de aveia e do caroço de azeitona foram superiores aos valores de outras biomassas obtidas por Vieira (2012), tais como casca de arroz ($2,39 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$); bagaço de cana ($0,47 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$); sabugo de milho ($1,11 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e resíduo de soja ($6,81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Por outro lado, o valor encontrado, no presente trabalho, para o caroço de pêssgo foi similar ao da casca de arroz.

O poder calorífico superior é a energia liberada durante a combustão completa. Quanto maior o PCS mais eficaz é o combustível. Valores similares foram obtidos por Vieira (2012) para outras biomassas, como resíduo de soja ($16,47 \text{ MJ/kg}$); casca de arroz ($14,67 \text{ MJ/kg}$); bagaço de cana ($15,54 \text{ MJ/kg}$) e sabugo de milho ($16,00 \text{ MJ/kg}$). Mata-Sánchez (2013) obteve um poder calorífico médio de $20,46 \text{ MJ/kg}$ para o caroço de azeitona, contudo, o teor de umidade obtido pelo autor foi de $18,45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Observa-se que o caroço de pêssgo apresentou o menor poder calorífico (Tabela 1).

Os metais estão presentes nas cinzas da biomassa. Segundo Ideias (2008), ao usar combustíveis com elevados teores de cinza, por vezes não ocorrem problemas de aglomeração, contudo em alguns casos, devido às propriedades das cinzas, verifica-se a formação de aglomerados no leito de combustão. Estes aglomerados formam-se devido essencialmente aos metais alcalinos que estão presentes nas cinzas, que fundem e se aglomeram às partículas do leito. Ideias (2008) menciona que outros problemas associados à presença de metais alcalinos como o sódio e potássio são a corrosão a altas temperaturas e a incrustação nas paredes e tubos de caldeiras. Neste particular, o caroço de azeitona se destaca com elevado valor para o sódio e o caroço de pêssgo para o potássio. No caso do caroço de azeitona, as operações unitárias típicas do processamento de alimentos podem ser as responsáveis pelo elevado valor observado.

5. CONCLUSÃO

Conhecimento sobre as características físico-químicas das biomassas faz-se importante para aplicações energéticas, as biomassas estudadas apresentaram parâmetros interessantes para uma futura aplicação. A elevada disponibilidade da casca de aveia, em especial no estado do Rio Grande do Sul, associada às suas características de baixa umidade e teor de cinzas, PCS e teor de voláteis e carbono fixo adequados, são indicadores do seu potencial de aplicação como combustível para a produção de energia. Embora o caroço de azeitona tenha apresentado um teor



de umidade mais elevado, foi a biomassa que apresentou o maior poder calorífico, possuindo também indicadores de uso como combustível. Destaca-se que sua disponibilidade vem crescendo no estado. O caroço de pêsego apresentou o menor poder calorífico, contudo o baixo teor de cinzas torna também interessante sua aplicação energética. Por outro lado, atenção deve ser dispensada aos teores de metais alcalinos nos caroços de pêsego e azeitona.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Vale do Rio dos Sinos, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e às empresas fornecedoras das amostras.

REFERÊNCIAS

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G, 1982, "Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais 2", São Paulo, Brasil, p.101-137.

CHAVES, A.M.B.; VALE, A.T.; MELIDO, R.C.N.; ZOCH, V.P, 2013, "Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de Eucalyptus spp", Enciclopédia Biosfera, v.9, n.17; p.533-542.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; OLIVARES GÓMEZ, E., 2008, "Biomassa: para energia", Campinas: UNICAMP, 732 p.

DEMIRBAS, A., "Combustion characteristics of different biomass fuels", Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 30, pp 219-230 (2004).

EMATER. 2014. Quinzena do pêsego tem início em Pelotas. Pelotas, 2014. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/noticias/detalhe-noticia.php?id=20480>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

GALDEANO, M. C, 2001, "Caracterização e aplicação de casca de aveia modificada por tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino associado à extrusão", Dissertação (Mestrado), Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; LAVÍN, A G.; BUENO, J. L., 2012, "Characterization of Spanish biomass wastes for energy use", Bioresource Technology, 103, pp. 249–258.

GOLDEMBERG, J., 2009, "Biomassa e Energia", Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, pp. 582-587.

GOMES, M. S., 2010, "Produção de bio-óleo através do processo termoquímico de pirólise", Trabalho de conclusão de curso, Curso de Tecnologia de Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, São Paulo.

HOFMANN, B. S, 2010, "O ciclo Combinado com Gaseificação Integrada e a Captura de CO2: Uma Solução para mitigar as emissões de CO2 em Termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo?", Dissertação (mestrado em Planejamento Energético) PPGPE, UFRJ, Rio de Janeiro.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2015, "Indicadores IBGE, Estatística da Produção agrícola", <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201504.pdf>.



IDEIAS, Pedro M. C. Influência da matéria volátil na combustão de biomassa em leito fluidizado. 2008. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008. Disponível em: < <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/595/1/2009000529.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

IEA, International Energy Agency, 2012, < <http://www.iea.org/>>.

KLAUTAU, J. V. P., 2008, “Análise Experimental de uma Forno a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos”, Dissertação (mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) PPGERHA, UFPR. Curitiba.

KÚLP, K., 2000, “Handbook of Cereal Science and Technology, Second Edition, Revised and Expanded”, CRC Press, 2ed., 808p.

LEWANDOWSKI, I.; KICHERER, A., 1997, “Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of Miscanthus x giganteus” European Journal of Agronomy, Vol. 6, pp. 163- 177.

LIM, J. S.; MANAN, Z. A.; ALWI, S. R. W.; HASHIM, H., 2012, “A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Vol. 16, pp. 3084-3094.

MATA-SANCHÉZ, J. et al. Statistical evaluation of quality parameters of olive stone to predict its heating value. Fuel. v.113, p. 750-756, 2013.

MCKENDRY, P., 2002, “Energy production from biomass (part 1): overview of biomass.”, Bioresource Technology, Vol.83, No.1, pp.37-46.

NOGUEIRA, M. F. M., 2007, Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis, Santa Catarina.

PESTANA-BAUER, Vanessa. R.; GOULARTE-DUTRA, Fabiana. L.; ZAMBIAZI, Rui. Caracterização do fruto da oliveira (variedade carolea) cultivada na região sul do Brasil. Alim. Nutr., Araraquara, v. 22, n. 1, p. 79-87, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfa.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1352/1071>>. Acesso em: 20 out. 2015.

RABAÇAL, Miriam E.R.F. Influência das características do combustível no desempenho energético e ambiental de caldeiras domésticas. 2010. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395140842798/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2015.

TAMANINI, C.; OLIVEIRA, A. S.; FELIPE, M. G. A., 2004, “Avaliação da casca de aveia para produção biotecnológica de xilitol”, Acta Scientiarum. Technology, Maringá, Vol. 26, No. 2, pp. 117-125.

VARANDA, L. D., 2012, “Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas de Eucalyptus grandis confeccionados com adição de casca de aveia”, 155 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

VIEIRA, Ana C. M., 2012, “Caracterização da Biomassa Proveniente de Resíduos Agrícolas para Geração de Energia”. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.