

CUSTO ENERGÉTICO DE LENHA E CAVACO DE MADEIRA PARA SECAGEM DE GRÃOS EM AGROINDUSTRIA

Guilherme Radin (guilherme.radin@gmail.com)

Carlos Henrique Maia (chmaia@gmail.com)

Resumo

O Brasil possui uma grande área disponível para plantio, favorecendo o cultivo de grãos, esses utilizados em grande parte para alimentação de animais de corte de empresas do setor alimentício. Para a produção da ração, as empresas têm em seu processo a secagem dos grãos para diminuir a umidade e evitar a proliferação de micro-organismos indesejados, esses influenciando diretamente na qualidade do produto e em custos. A secagem ocorre em secadores que utilizam da biomassa como fonte energética, no estudo foram utilizados a lenha eucalipto em metro e o cavaco de lenha eucalipto. Cada fonte energética possui um potencial calorífico diferente, esse podendo variar de acordo com a sua umidade, valores em torno de 20% são os recomendados pela literatura. Através de dados de estoque e balança se obtiveram valores positivos para o uso do cavaco de lenha eucalipto quando comparados à lenha eucalipto em metro. Os diferentes usos de biomassa se devem a acessibilidade e aos custos envolvidos no processo.

Palavras Chaves: Biomassa, Eficiência Energética, Secador.

Abstract

Brasil has a large area available for planting, encouraging the cultivation of grains, they used largely to feed meat animals for food companies. For the production or feed, companies have in the process of drying grain to reduce moisture and prevent the proliferation of unwanted microorganisms, those directly influencing the product quality and costs. The drying occurs in dryers that use biomass as an energy source, the study used the eucalyptus firewood in metro and chip eucalyptus wood. Each energy source has a different calorific potential, this may vary according to their moisture, values around 20% are recommended in the literature. Through inventory data and balance is a positive value for the use of eucalyptus wood chips compared to wood eucalyptus meter. The different uses of biomass are due to accessibility.

Key Words: Biomass, Energy Efficiency, Dryer.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás apenas de Estados Unidos e China, com uma produção estimada em cerca de 75 milhões de toneladas (DEAGRO, 2015). Grande parte dessa quantidade é vendida para armazéns de empresas do setor alimentício, onde ocorre o beneficiamento dos grãos. Essas empresas utilizam o grão/cereal para produção de ração, vindo a ser utilizada para engorda de seus animais de corte, mas para isso é necessário um padrão para o seu armazenamento e processamento (GARCIA *et al*, 2006).

Na maioria dos casos, o grão é colhido com teor de umidade superior ao recomendado para armazenamento, sendo necessário que passe pelo processo de secagem. Por meio dele a umidade cai para 13-14% e após passar pelo processo pode ser levado para armazenagem (PIMENTEL e FONSECA, 2011).

Este processo consiste em trocas de calor e massa entre o produto e massas de ar quente, e são feitas dentro de um secador agroindustrial. O processo de secagem começa com a queima de biomassa em uma fornalha, gerando assim calor para a secagem, essa massa de ar quente sobe no corpo do secador e entra em contato com o grão fazendo com que a umidade deste seja reduzida (KEPLER WEBER, 2015).

Segundo Nascimento e Biaggioni (2010), a madeira é a fonte de combustível mais antiga e disponível no território brasileiro, desse modo o material mais utilizado para o aquecimento de secadores é a lenha eucalipto em metro, porém com este tipo de material o secador fica com uma variação de temperatura, não se mantendo na ideal de secagem. A dificuldade de mão de obra humana para a disposição das toras de madeira na fornalha também se faz um problema, fazendo com que ocorra um desperdício de energia e um custo elevado, além de riscos para saúde humana.

A redução na granulometria da biomassa, fazendo com que o resultado tenha uma maior superfície específica, pode aumentar a eficiência energética (NOGUEIRA, 2000).

Em virtude de se reduzir custos e impactos ao meio ambiente a busca de fontes alternativas de energia vieram a receber mais atenção. Para que tenha uma melhor eficiência e um menor custo, muitas empresas implantaram a troca de lenha eucalipto em metro por cavaco desta própria lenha e resíduos das árvores antes não utilizados (UNFRIED e YOSHI, 2012).

Neste trabalho objetivou-se comparar a eficiência energética da lenha eucalipto em metro e do cavaco de lenha eucalipto na secagem de grãos em agroindústria de alimentos.

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre os meses de abril e agosto dos anos de 2013 e de 2014 em uma empresa alimentícia do sudoeste goiano, na cidade de Montividiu (GO). Por meio de estudo em literaturas especializadas, visitas técnicas e análise do sistema de informação da empresa, quantificaram-se os combustíveis, verificou-se o potencial calorífico inferior (PCI) das biomassas e a eficiência energética no processo de queima, realizada em secadores agroindustriais.

Os combustíveis utilizados para o aquecimento dos secadores foram à lenha eucalipto em metro e o cavaco de lenha eucalipto, este último composto por lenha e resíduos florestais. Desse modo foram coletados dados referentes à massa em toneladas (ton) e o volume em metros cúbicos (m³) das biomassas, que foram utilizados para determinar a eficiência energética nos anos de 2013 e de 2014. Sendo que em 2013, o combustível utilizado era a lenha eucalipto em metro, em 2014 o cavaco de lenha eucalipto.

Para a geração de calor foram utilizados 04 secadores do modelo ADS, sendo o KW80 para combustíveis sólidos o mais viável, pois esse modelo propicia manutenções simples e traz uma uniformidade no processo em comparação a outros modelos (Tabela 1).

Tabela 1. Informações dos secadores modelo ADS e combustíveis que podem ser utilizados.

MODELOS	Capacidade (ton/h)		Potência do Ventilador (kcal/h)	Energia Necessária (kcal/h)	Consumo de Combustível (ton/h)		
	SOJA	MILHO			Lenha	Diesel	GLP
KW40	52	39	2 x 20,0	3.220.000	1,15	0,33	0,26
KW60	78	59	2 x 30,0	4.280.000	1,53	0,43	0,34
KW80	104	78	3 x 25	5.490.000	1,96	0,56	0,44
KW100	130	98	3 x 40	7.240.000	2,59	0,73	0,58

Fonte: Adaptado do catálogo do fabricante dos secadores (KEPLER WEBER, 2015).

Na Figura 1.A tem-se esquematizado o sentido e os tipos de ar que participam do processo de secagem, começando pelo ar quente e tendo seu final no ar saturado, sendo esse último composto pelo ar de secagem após troca de calor e massa, retirando a unidade dos grãos. Na Figura 1.B fica em evidente o fluxo de grãos, esse elevado para parte superior do secador com auxílio de um elevador e após escoar pelo corpo do secador por grávida, o escoamento se dá em colunas de secagem. Na Figura 1.C demonstra-se a troca de calor e massa entre as massas de ar de secagem e os grãos, com isso tem-se o processo de secagem.

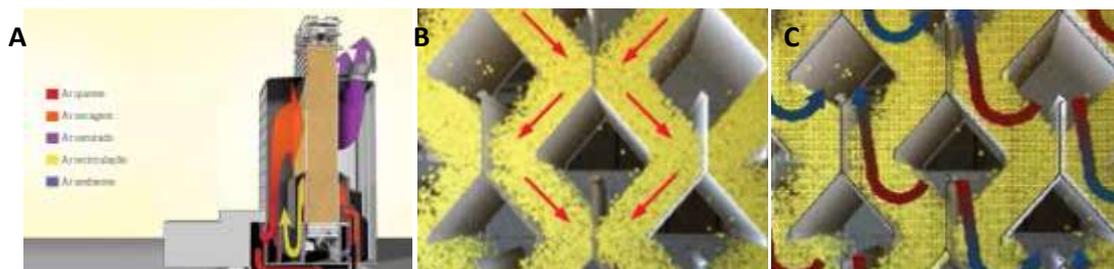


Figura 1. A- Tipos de ar e sentidos em que estes fluem, B- Material a ser secado escoando por gravidade nas colunas do secador e C- Troca de calor entre as massas de ar e o material a ser secado.

Fonte: (KEPLER WEBER, 2015).

A espécie de eucalipto utilizado em ambos os anos é a *Eucalyptus grandis*, essa sendo retirado de uma área de reflorestamento no município de Rio Verde (GO). As biomassas foram quantificadas por meio de relatórios do estoque e da balança, todos os dados retirados do sistema SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing).

O Poder Calorífico é a quantidade de calor liberada para combustão de uma quantidade de massa. Para se quantificar o calor liberado pela combustão das biomassas foram utilizados dados presentes na literatura. Como as biomassas se encontravam com teor de umidade de 20%, utilizou-se o Poder Calorífico Inferior, sendo este, a energia disponível efetiva por quantidade de biomassa após as perdas por evaporação da umidade. (JARA, 1989)

Para análise da eficiência energética utilizou-se como base de estudo, a quantidade de energia necessária para a secagem dos grãos no secador, interpolando com os valores do potencial calorífico e das quantidades de fontes energéticas utilizadas no processo.

Durante o período de estudo a estrutura de armazenamento de grãos continuou sem modificações, a diferença se implantou apenas nas portas das fornalhas e na automatização do sistema, deixando de ser manual em muitas áreas. A Figura 2 expõe os fluxogramas dos processos de manejo das biomassas, tendo seus inícios nos cortes das árvores e o fim na queima das biomassas nos secadores.

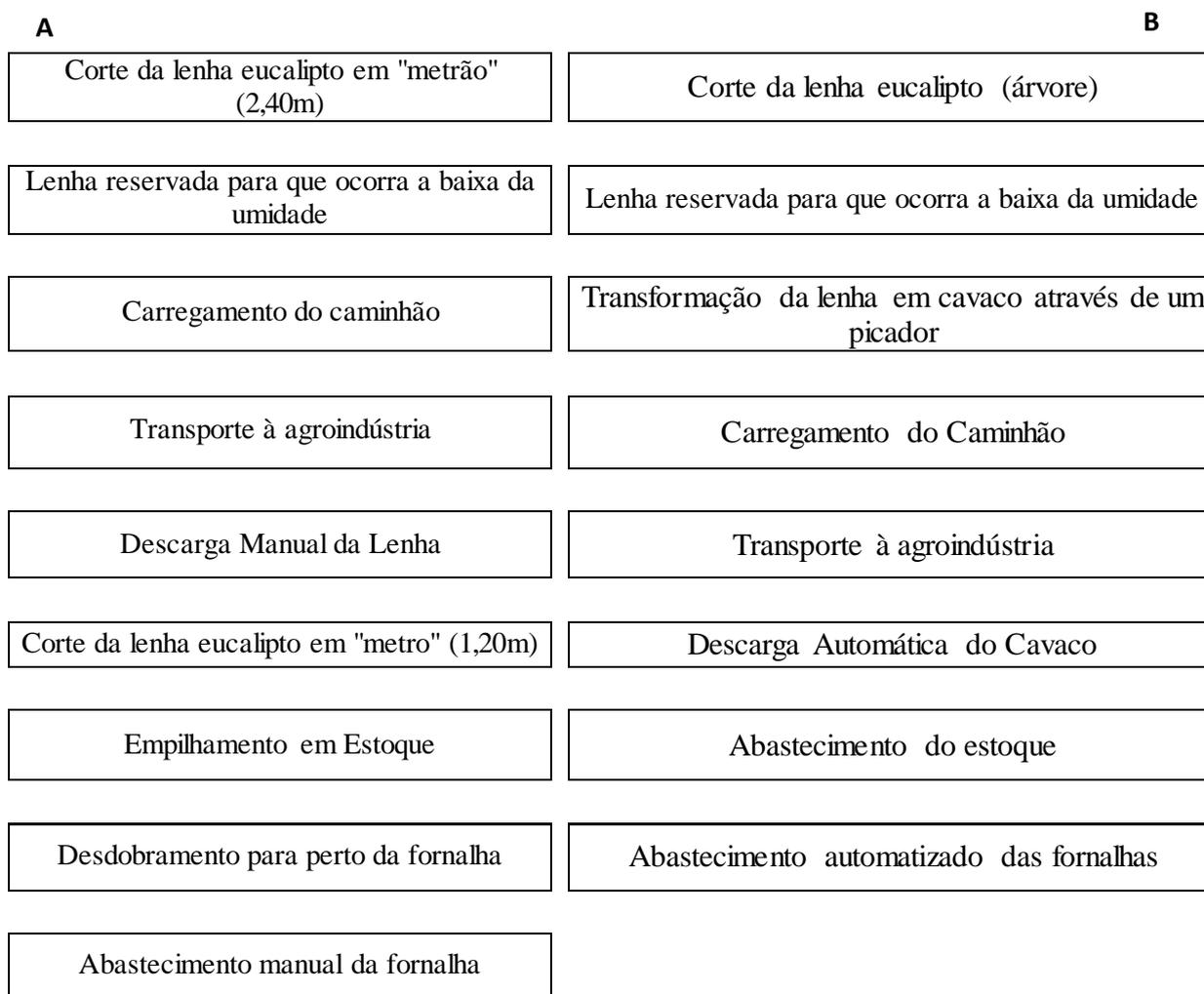


Figura 2: A - Fluxograma da Lenha Eucalipto em Metro e B – Fluxograma do Cavaco de Lenha Eucalipto

Na Figura 3, tem-se em evidência a recepção da carga de lenha eucalipto em metro na agroindústria onde é medida para que se obtenham dados de volume. Após a medição, essa passa para a balança onde é obtido o seu peso em toneladas. Na Figura 4 demonstra-se o empilhamento da lenha eucalipto “metrão” 2,40m. Formando assim o estoque físico da empresa.



Figura 3 – Medição da Lenha

Figura 4 – Lenha empilhada após descarga

Na Figura 5 tem-se o corte da lenha eucalipto “metrão” 2,40, essa vindo a ser cortada ao meio por uma serra traçadeira transformando-a em lenha eucalipto metro 1,20. Após corte a lenha é novamente empilhada no estoque físico, conforme demonstra a Figura 6.



Figura 5 – Corte da Lenha em “metro”



Figura 6 – Lenha empilhada após corte

De acordo com a necessidade de queima do secador, a lenha é transportada do estoque para mais perto da fornalha, conforme Figura 7, observa-se que em quase todos os processos a mão de obra humana está presente de forma direta. Na Figura 8 temos o abastecimento da fornalha com a lenha eucalipto em metro.



Figura 7 – Desdobramento para fornalha



Figura 8 – Abastecimento da fornalha

Na Figura 9 tem-se o processo do cavaco de lenha eucalipto, este sendo transportado até a agroindústria e passando pelos mesmos processos de recepção da lenha eucalipto em metro (medição e pesagem). Por se tratarem de cargas com grandes volumes a descarga é automatizada, através de esteiras no fundo da carreta transportadora.

Na Figura 10 se evidencia o uso do trator, operado por profissional habilitado, para o abastecimento dos estoques de cavaco de lenha eucalipto.



Figura 9 – Descarga do Cavaco



Figura 10 – Abastecimento do estoque de Cavaco

Na Figura 11 demonstra-se a área das fornalhas e os equipamentos que nela se encontram. Se evidencia com a troca de fonte energética a redução de mão de obra humana nos processos, gerando menor risco para os funcionários. Na Figura 12 temos o depósito A de cavaco, localizado ao lado esquerdo da fita transportadora.



Figura 11 – Estrutura das fornalhas



Figura 12 – Depósito de Cavaco

Por fim, na Figura 13, demonstra-se a retirada do cavaco do estoque para as fornalhas através de fita transportadora. Em todo o processo utilizam-se sensores que fazem com que a mão de obra humana seja reduzida a um operador responsável por dois secadores.



Figura 13 – Depósito de Cavaco

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 se pode ter acesso aos dados de estoque que geraram o volume em metros cúbicos (m^3) que a empresa movimentou de lenha eucalipto em metro e de cavaco de lenha eucalipto, e o de balança gerou o peso desse volume movimentando em toneladas (ton) das fontes energéticas e do produto beneficiado (milho).

Tabela 2. Relatórios de balança e de estoque dos materiais

Ano	Material	Peso (ton)	Quantidade (m^3)	Peso específico ($kg.m^{-3}$)	Quantidade de Grãos Secados (ton)
2014	Cavaco de Lenha Eucalipto	2.597,52	6.458,80	402,17	147.831,570
2013	Lenha Eucalipto em Metro	3.251,64	4.602,30	706,25	147.753,860

Fonte: (Empresa Agroindustrial, 2015)

Analisando-se a tabela, têm-se quantidades praticamente iguais de grãos secados em ambos os anos. Por possuir menor peso específico que a lenha eucalipto em metro, consumiu-se um volume maior de cavaco de lenha eucalipto. Seguindo a linha de raciocínio temos um peso maior consumido na lenha eucalipto em metro. Na Tabela 3 têm-se dados referentes às fontes energéticas utilizadas, foram interpolados resultados e chegou-se a tabela seguinte.

Tabela 3. Dados de fontes energéticas utilizadas

	Cavaco de Lenha Eucalipto	Lenha Eucalipto
Umidade	16 – 30	16 - 30
PCI (kcal.kg)	2600 - 4200	2500 - 3400

Fonte: Adaptado de Dados Energéticos (Opção Verde – Resíduos Florestais, 2015)

Em todas as cargas, a média de umidade ficou variando entre 20-21%, não ultrapassando devido a fins contratuais. Com a umidade em mãos se teve acesso ao Poder Calorífico Inferior.

Verificou-se através de medições que a densidade de cada carga de cavaco variava devido à granulometria, contendo mais ou menos espaços entre o material.

Para a obtenção dos resultados utilizou-se valores referentes aos 4 (quatro) secadores. Das 7,84 toneladas por hora citados pela empresa do secador foram utilizados apenas 6,86 toneladas por hora de lenha eucalipto em metro para secagem de 312 toneladas de milho no intervalo de uma hora. Foram utilizadas 5,48 toneladas por hora de cavaco para a secagem da mesma quantidade de milho.

A empresa trabalhou 474 horas com os secadores ligados, sendo utilizadas na secagem 10.409.040.000 kcal no ano de 2013. Para o ano de 2014 foram utilizadas as mesmas 10.409.040.000 kcal como base para a secagem da mesma quantidade de milho. Sendo 142.200 kcal originados dos ventiladores dos secadores.

O Potencial Calorífico Interior (PCI) dos materiais se deu em 3200 kcal/kg para a lenha eucalipto e 4100 kcal/kg para o cavaco de lenha eucalipto. Esse resultado se deve a maior área específica do cavaco, fazendo com que a queima fosse otimizada.

Por meio do sistema de estoque que a empresa utiliza obtiveram-se dados que demonstram o consumo mensal e o custo em reais das fontes energéticas utilizadas no processo de secagem (Tabela 04).

Tabela 4. Quantidade mensal das fontes energéticas consumidas e despesa em reais (R\$)

Mês/Ano	Lenha eucalipto metro		Cavaco de lenha eucalipto	
	Volume (m ³)	Valor (R\$)	Volume (m ³)	Valor (R\$)
Abr/13	188,3	15.116,72	-	-
Mai/13	310,1	24.894,83	-	-
Jun/13	459,6	36.896,69	-	-
Jul/13	1665,4	133.698,31	-	-
Ago/13	1978,9	158.866,09	-	-
Abr/14	-	-	87,9	1.683,29
Mai/14	-	-	201,9	3.866,39
Jun/14	-	-	675,5	12.935,83
Jul/14	-	-	2679,1	51.304,77
Ago/14	-	-	2814,4	53.895,76
Total	4.602,3	369.472,64	6.458,8	123.686,02

Fonte: (Empresa Agroindustrial, 2013-2014)

Com base nos dados da Tabela 4, mesmo com um gasto de cerca de 1.800 metros cúbicos (m³) de cavaco de lenha eucalipto a mais que a lenha eucalipto em metro foi verificado que a troca de lenha eucalipto em metro por cavaco de lenha eucalipto na empresa teve um retorno econômico favorável, sendo o custo por m³ de lenha eucalipto em metro de R\$ 80,28 e o de cavaco de lenha eucalipto de R\$ 19,15.

Conclusão

Através da interpolação dos dados o cavaco de lenha eucalipto se mostrou com uma melhor eficiência energética quando comparado à lenha eucalipto em metro, atingindo os mesmos resultados com cerca de 20% a menos de massa. Isso se deve ao PCI maior do cavaco.

Mostrou-se também economicamente favorável apesar do maior volume gasto, o preço por tonelada de grão secado o gasto com cavaco se mostrou 66% menor do que o preço por tonelada de grãos secado da lenha eucalipto em metro.

Referências

CASTRO, P. F. - **Estudo para Aproveitamento da Galhada de Eucalipto**, in: CAF - Companhia Agrícola e Florestal, Santa Barbara - MG, 12p. 1978.

DEAGRO, Informativo - **Safra Mundial de Milho 2014/15** - 12º Levantamento do USDA 2015. Abril, 2015.

GARCIA, E. S; REIS, L. M. T. V.; MACHADO, L. R.; FERREIRA, V. J. M. – **Gestão de estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. 2006.

JARA, E. R. P. - **O Poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil** – IPT, 1989.

KEPLER WEBER S.A - **Catálogo Geral de produtos - Armazenagem de Grãos**, 2015. Disponível em http://www.kepler.com.br/2014/armazenagem/trading/secadores_ads; Acesso em 07/04/2015.

NASCIMENTO, M. D.; BIAGGIONI M. A. M. – **Avaliação energética do uso de lenha e cavaco de madeira para a produção de energia em agroindústria Seropédica**. Botucatu, 2010.

NOGUEIRA, L.A.H. et al., **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**, Brasília: ANEEL,2000; 144p.

PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. O. – **Sistema de Produção Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, 2011.

UNFRIED, L. C E YOSHI, C. V. H, **Sustentabilidade no Abate e Processamento de Aves**, 2012.