

ESTUDO DA GERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO BIOMASSA DA CASCA DO CAFÉ

Rodrigo Alves Buriti da Costa ¹
Cleber da Silva Torres ²
Ketolly Natanne da Silva Leal ³

RESUMO

O cultivo do café é a principal atividade do agronegócio, onde, a produção anual é aproximadamente dois milhões de toneladas de grãos de café. Devido a essa grande demanda, a indústria acaba gerando resíduo como a casca, logo, servindo como uma alternativa limpa de geração de energia devido ao seu poder Calorífico Inferior (PCI) (3.800 kcal/kg) ser superior ao de alguns materiais já utilizados, como a casca de arroz (3.300 kcal/kg). Portanto, o aproveitamento térmico desta biomassa sob a forma de briquete para geração de energia pode ser uma alternativa economicamente viável e favorável ao meio ambiente. Com base nisso, o objetivo do presente trabalho consiste em um estudo bibliográfico por meio de banco de dados científicos sobre a eficiência da biomassa proveniente da casca do café para geração de energia elétrica, bem como, analisar a quantidade necessária desta biomassa em estudo para o funcionamento do secador de uma fazenda produtora de café.

Palavras-chave: Biomassa, Casca do Café, Energia elétrica.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores líderes do mercado cafeeiro mundial, sendo que, os mais importantes centros urbanos são no interior dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Espírito Santo, Bahia e Rondônia surgiram graças à ocupação do café nas suas montanhas e vales. No ano de 2016, 6,44% das exportações do agronegócio brasileiro foi representado pelo café, ocupando a 5ª posição no ranking, com receita de US\$ 5,47 bilhões (REIS, REIS, 2017). Segundo dados da CNPq aproximadamente dois milhões de toneladas de cascas de grãos são produzidas por ano no Brasil e geralmente o subproduto vai para o lixo ou é usado para a forração dos terrenos dos cafezais, restituindo parte dos fertilizantes retirados pela planta. No entanto, a casca do café é uma biomassa que tem um potencial energético que pode, em alguns casos, torná-la substituta da lenha, sendo uma opção mais barata e ecologicamente correta para empresas que usam a madeira na geração de energia (COMÉRCIO et al., 2016).

¹ Graduado pelo Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rodrigoalves.hellraiser@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Química da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, cstorres@gmail.com;

³ Mestre pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL, ketollynatanneq@gmail.com;

Logo, a utilização de resíduos agrícolas e industriais como a casca do café que é uma fonte de biomassa, é uma escolha favorável ao meio ambiente, devido que por meio de combustão em fornalhas pode gerar energia na forma de calor e vapor (CARRIQUIRY; DU; TIMILSINA, 2011). A biomassa tem despertado o interesse da comunidade científica por se tratar de uma fonte de energia renovável, que fornece combustíveis comparáveis aos combustíveis fósseis (KANAUJIA et al., 2014). Com base nisso, o presente trabalho visa investigar a eficiência energética da biomassa proveniente da casca do café por meio de dados científicos publicados, verificar a quantidade necessária desta biomassa em estudo para o funcionamento do secador de uma fazenda produtora de café localizada na zona rural de Imbé de Minas-MG, além de mostrar a importância de buscar meios alternativos de fonte energética.

METODOLOGIA

A presente pesquisa é de caráter quantitativa e exploratória de dados, onde, investiga sobre a geração de energia elétrica por meio da biomassa proveniente do café com base em consultas em artigos científicos, assim, verificando a eficiência energética da biomassa da casca do café, além de verificar a quantidade da casca do café é necessária para o funcionamento dos secadores de uma fazenda produtora de café. Segundo Fonseca (2002, p. 20) os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados e discutidos perante informações existentes na literatura. A pesquisa quantitativa concentra-se na objetividade e é compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa segundo ao mesmo autor recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e exploratória de dados pode permitir recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Os Modelos dos secadores investigados são utilizados em uma fazenda na zona rural de Imbé de Minas de um produtor rural de café, que atualmente utiliza motores de 4CV (230/380) V e caldeiras para alimentar os secadores utilizados. Para a realização da análise da eficiência energética da casca de café como fonte de energia para secadores foi realizado um levantamento bibliográfico do poder calorífico desta biomassa e também de outros combustíveis comumente utilizados para este fim, tais como o carvão mineral, o carvão vegetal de eucalipto, o bagaço de cana-de-açúcar e a palha de cana-de-açúcar. Para analisar a

eficiência energética foi considerado o poder calorífico dos combustíveis e também os aspectos ambientais relacionados com cada um dos combustíveis estudados.

Vale salientar que é realizado um estudo exploratório, onde, é feita uma análise investigativa e qualitativa. Para determinar os valores exatos e necessários um estudo do processo de secagem utilizado na fazenda utilizando as condições das variáveis de todo o processo, que no caso requer uma disponibilidade da fazenda para realizar os testes, que neste caso, não foi possível. No entanto, a partir dos dados obtidos no presente estudo será possível prever a eficiência energética da biomassa para o funcionamento do secador.

A partir do levantamento dos valores do poder calorífico dos combustíveis é possível analisar a viabilidade da sua utilização, principalmente analisar a viabilidade em utilizar a casca de café como fonte de energia para operar os secadores de café da fazenda em estudo. Para isto foi preciso considerar o consumo de energia de cada secador durante a sua operação e também considerar o seu tempo de operação, para assim ser possível determinar a quantidade de casca de café necessária para operar os secadores, ou seja, que forneça uma quantidade de energia equivalente à consumida. A Tabela 1 apresenta os tipos de secadores utilizado para a secagem do café, suas condições de uso e quantidade de energia necessária para seu funcionamento.

Tabela 1 - Características dos Secadores

Tipo de secador	Temperatura de Operação	Consumo de Energia para funcionamento	Tempo de Operação
Secador rotacional horizontal	60 °C	690 Kw /h	8 horas / dia
Secador vertical de fluxo cruzado	60 °C	540 Kw /h	8 horas /dia

Fonte: Do autor, 2019.

DESENVOLVIMENTO

A crescente demanda de setores industriais aumenta o consumo de fósseis e como forma de diminuir os impactos ambientais e melhorar a eficiência dos processos atualmente utilizados para substituir fontes de energia de combustíveis fósseis pela produção de biomassa útil diversas pesquisas então em desenvolvimento apresentando grande variedade de fontes de

biomassa (KARKOODI et al.,2018). O uso da biomassa como fonte para fins energéticos está em alta ao decorrer dos anos (KARKOODI et al.,2018). Diversas regiões no mundo utilizam a madeira e resíduos agrícolas, a China é um exemplo devido que boa parte de sua população utiliza biomassa como fonte de energia (PRETO; MORTOZA, 2010).

Aslani et al; (2017), ressalta em seu artigo publicado recentemente que a geração de eletricidade através de fontes de bioenergia aumentou de 90 GW em 2000 para 430 TW em 2014. Essa fonte de energia é usada principalmente nos países da OCDE para geração de eletricidade. No entanto, o Brasil e a China estão aumentando sua produção de eletricidade, especialmente usando resíduos agrícolas. A geração de energia elétrica a partir da biomassa foi de 8% da produção total de energia através de fontes renováveis e ao comparar com o percentual da produção total de energia em 2014 (KARKOODI et al.,2018). Além disso, a geração de calor por fontes de bioenergia foi de 13,3 EJ em 2013, que deverá ser de 15,7 EJ até 2020 (IEA, 2017). Prevê-se que a participação desse combustível aumente em 2,5% anualmente e atinja 4,5% do consumo total em 2020. Os maiores produtores de biocombustíveis são os Estados Unidos da América, o Brasil, a União Europeia, a Argentina e a Indonésia (ASLANI et al; 2017).

De acordo com os dados apresentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017) a quantidade de instalação de geração de eletricidade através de biomassa atinge a cerca de 143 GW, representando 15,48% de total renováveis. A meta nacional é atingir 23% da oferta interna a partir desta capacidade instalada e em 2014 esta oferta foi de 9.3%. Desde de 2010 o consumo de energia por biomassa no mundo era por volta de 53 J, representando 10% do consumo de energia primária sendo 70% usados a partir da biomassa tradicional como antigamente. Em países com baixo desenvolvimento a biomassa tradicional ainda é a principal fonte de energia contemplando 2,5 bilhões de habitantes. O consumo da biomassa moderna representa 30%, sendo utilizada como biocombustíveis e eletricidade por exemplo (REN 21, 2016). Souza et al, (2015) em seu artigo ressalta que em sistemas de cogeração dos setores industrial e de serviços no Brasil, a utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente. Em 2015 o país chegou a gerar 615,9 TWh, resultado 1,3% inferior ao de 2014, mas superior ao de 2013 (EPE, 2016). A composição da oferta interna de energia elétrica (OIEE) de 2014 e 2013, que chegou a 624,3 TWh em 2014, montante 2,1% superior ao de 2013 (611,2 TWh) e 2015 (615,9 TWh). Observa-se a biomassa com crescimento de 8,1% em 2014 (quando comparado a 2013), ficando com 5,2% na estrutura da OIEE.

O Brasil é um dos maiores produtores de café do mundo, com produção de 61,7 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2018. Essa quantidade engloba o café arábica e o conilon, com produção estimada de 47,5 e 14,2 milhões de sacas, respectivamente. Esses números confirmam o Brasil na posição de maior produtor de café do mundo (IEA, 2017).

Um dos processos de beneficiamento do café é o descascamento para a retirada da casca do fruto, que gera um efeito de redução de volume de aproximadamente 50% decorrente do descascamento. Este processo tem como objetivo retirar a polpa do grão de café para que, juntamente com outras etapas de beneficiamento, atenda aos padrões de mercado. O descascamento pode ser realizado por via seca ou úmida (BATISTA, 2014).

O descascamento por via úmida consiste em tirar a casca do fruto após a lavagem e separação dos lotes. Este tipo de processo possibilita a otimização do uso dos terreiros, secadores e unidade de armazenamento, como consequência da redução do volume e do tempo para a secagem (MESQUITA, 2016).

Apesar da vantagem de redução do volume e do tempo de secagem apresentado pelo descascamento por via úmida, o processamento por via seca é o mais utilizado no Brasil. Este processo consiste em secar o café em terreiros ou secadores mecânicos após a lavagem e separação, e somente quando o grão estiver seco é que se realiza o descascamento (MESQUITA, 2016).

O resíduo gerado pelo processo de descascamento do café é a casca, que tradicionalmente é utilizada como adubo, alimento para animais e também como combustível utilizado no processo de secagem do próprio café. Estimativas indicam que para cada 2 toneladas de café beneficiados é gerada 1 tonelada de casca. Isso significa que no ano de 2018 foram geradas 30,85 milhões de toneladas de casca de café no Brasil (SILVA, 2012).

A utilização da casca de café como adubo é uma das práticas mais comumente utilizadas, porém, apesar deste resíduo é rico em material orgânico e nutrientes, compostos como cafeína, taninos e polifenóis conferem à este material uma natureza tóxica que contribui para o problema de poluição ambiental pela sua infiltração no solo, mau cheiro e proliferação de moscas (SANTOS, 2017).

O uso da casca de café como alimento para animais, como bovinos, suínos, peixes, ovelhas, frangos e cavalos, apresenta a vantagem de que este material é rico em componentes orgânicos, proteínas e nutrientes, porém a presença da cafeína e taninos em sua composição restringe a quantidade de casca que pode ser utilizada para este fim. A utilização da casca para

de café para ração animal é inviável pois a cafeína tem efeito estimulante e diurético e os taninos inibem as enzimas digestivas dos animais, o que não é desejável (SANTOS, 2017).

A composição centesimal dos constituintes da casca de café por ser alterada de acordo com o tipo de processamento e sua eficiência, com a variedade do cultivar e das condições de cultivo (ANDRADE, 2009). A elevada concentração de carboidratos e de celulose na casca do café apresenta um potencial de utilização para a produção de bioetanol, porém não existem registros de sua produção em larga escala, pois este processo precisa ser otimizado e estudado para que se torne tecnicamente e economicamente viável (SANTOS, 2017).

A casca de café apresenta possui densidade de $166,96 \text{ kg/m}^3$ em base úmida e $144,41 \text{ kg/m}^3$ em base seca. O poder calorífico superior de $1,933 \text{ kcal/kg}$ e poder calorífico útil de $4,040 \text{ kcal/kg}$. Quando carbonizada, apresenta rendimento de 40,64% de carvão, 34,82% de licor pirolenhoso e 24,55% de gases não condensáveis. A quantidade de calor gerada por unidade volumétrica pela queima da casca de café é de $567,965 \text{ kcal/m}^3$ para o resíduo seco com 0% de umidade e $507,528 \text{ kcal/m}^3$ para o resíduo úmido. Essas características apresentadas indicam que a casca de café apresenta características que favorecem a sua utilização para a produção de energia térmica e conseqüentemente energia elétrica, pois possui uma grande produção de energia por unidade volumétrica, otimizando o seu uso em equipamentos de queima (VALE et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia através principalmente da utilização racional. Consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

O Poder calorífico de um material é a quantidade de energia (calor) liberada pela combustão completa da unidade de massa do material, fornecendo o seu conteúdo energético, normalmente expresso em kcal/kg. O poder calorífico depende basicamente da composição química de cada combustível.

Para analisar e comparar quantitativamente e eficiência energética da casca de café em relação a outros combustíveis, foi realizado o levantamento dos valores do poder calorífico de cada combustível que pode ser utilizado para gerar energia aos secadores de café do agricultor

em estudo. A Tabela 2 apresenta os valores do poder calorífico dos combustíveis encontrados na literatura.

Tabela 2 - Poder calorífico de alguns combustíveis

Biomassa	Poder calorífico (kcal/kg)	Autor
Casca de café	4.238	Furtado (2013)
Carvão mineral	8.650	Branco (2014)
Carvão vegetal (Eucalipto)	3.852	Silva (2016)
Bagaço de cana-de-açúcar	3.907	Silva (2016)
Palha de cana-de-açúcar	4.084	Silva (2016)

Fonte: Do autor, 2019.

Analisando os valores da Tabela 2 foi possível verificar que o carvão mineral apresenta poder calorífico maior que da casca de café. Porém dentre os combustíveis analisados é o que apresenta menor disponibilidade, pois embora no Brasil exista atividade de extração de carvão mineral, o país necessita importar cerca de 50% do carvão consumido pois o carvão produzido é de baixa qualidade e possui menor concentração de carbono. Desta forma, o carvão mineral possui baixa eficiência energética, pois apesar de possui alto poder calorífico apresenta baixa disponibilidade, além de ser de alto custo.

Além disso, o carvão mineral se trata de uma fonte de energia não renovável, ou seja, de origem fóssil, e a sua extração causa sérios impactos ambientais em razão dos elementos químicos contidos no carvão, que polui recursos hídricos subterrâneos, solo, rios, causando a mortalidade de peixes e evasão de animais selvagens (BRANCO, 2014).

Em seguida, analisando o poder calorífico do carvão vegetal oriundo do eucalipto foi possível notar que apresenta o segundo menor valor dentre os outros combustíveis que foi realizado o levantamento. Embora o Brasil seja um grande produtor de eucalipto sua eficiência energética é menor devido ao seu valor do poder calorífico ser menor que o da casca do café. O bagaço e a palha de cana-de-açúcar são produzidos em grande quantidade no Brasil devido a sua grande produção sucroalcooleira, porém ambos apresentam valores de poder calorífico menor que o da casca de café, apresentando menor eficiência energética.

O Brasil é um dos maiores produtores de café do mundo, e o maior resíduo do seu beneficiamento é a casca. O Brasil produz mundialmente aproximadamente 30 milhões de sacas de casca de café e atualmente não possui muita utilização devido a sua alta concentração de compostos tóxicos como polifenóis e tanino (FURTADO, 2013). Desta forma, uma boa

alternativa é a sua utilização como combustível dos secadores no processo de beneficiamento do café.

Levando em consideração a sua alta produção e o seu alto poder calorífico a casca de café possui a maior eficiência energética, dentre os combustíveis analisados no presente trabalho. Indicando assim a sua viabilidade para ser utilizado como combustível para os secadores de café.

Para comprovar a viabilidade da utilização da casca de café foi determinada a quantidade de combustível necessária para operar os secadores da fazenda produtora de café em estudo. São utilizados dois tipos de secadores diferentes, o secador rotacional horizontal e o secador vertical de fluxo cruzado, cada um apresenta o seu consumo de energia para que sua operação seja possível, conforme apresentado na Tabela 1.

Para que os secadores sejam operados normalmente é preciso que o combustível a ser utilizado forneça energia equivalente ao consumo durante o seu funcionamento. A partir dos valores de poder calorífico de cada material, que foi encontrado a partir do levantamento bibliográfico é possível calcular a quantidade de combustível necessária por dia para a operação dos secadores, considerando que cada um dos secadores é operado durante 8 horas por dia. A Tabela 3 apresenta os dados obtidos da quantidade de combustível necessário para operar os secadores em estudo.

Tabela 3 - Quantidade de combustível necessário para operar os secadores

Combustível	Quantidade de combustível (kg/dia)	
	Secador rotacional horizontal	Secador vertical de fluxo cruzado
Casca de café	1.119,95	876,48
Carvão mineral	548,71	429,43
Carvão vegetal (Eucalipto)	1.232,18	964,31
Bagaço de cana-de-açúcar	1.214,83	950,74
Palha de cana-de-açúcar	1.162,18	909,53

Fonte: Do autor, 2019.

A partir dos valores da Tabela 3 foi possível observar que dentre os combustíveis renováveis a casca de café apresentou menor quantidade em kg/dia para operar os dois secadores analisados, sendo de 1.119,95 kg/dia para operar o secador rotacional horizontal e de 876,48 kg/dia para o secador vertical de fluxo cruzado.

Para que o produtor de café consiga operar os dois secadores de sua fazenda utilizando apenas a casca de café como fonte de energia é preciso que seja capaz de produzir 1.996,43 kg de casca de café por dia. Caso sua produção seja menor é preciso que avalie a utilização de outra fonte de energia renovável e com alta eficiência energética, como sugestão pode ser utilizada a palha de cana-de-açúcar como alternativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização do presente trabalho foi possível apresentar a necessidade de realizar o aproveitamento dos resíduos de biomassa, principalmente a oriunda da casca de café, que é gerada em grandes quantidades no país, pois o Brasil é um dos maiores produtores de café do mundo.

Com a análise do desempenho energético foi possível comparar a eficiência energética da casca de café outros tipos de combustíveis utilizados, por meio de um levantamento bibliográfico do poder calorífico e da quantidade disponível para utilização de cada um.

Dentre os combustíveis analisados no presente trabalho foi possível concluir que a casca de café apresentou qualitativamente a melhor eficiência energética, pois possui alto poder calorífico e se encontra disponível em grande quantidade no país, além de ser uma fonte renovável de energia indicando a sua viabilidade de utilização como fonte de energia para os secadores de café da fazenda produtora em estudo.

Para comprovar a viabilidade da utilização da casca de café para operar os secadores da fazenda foi determinada a quantidade de biomassa necessária por dia. Com isso, foi possível concluir que para que o produtor de café utilize apenas a casca de café como fonte de energia para a operação dos dois secadores é preciso que seja capaz de produzir 1.996,43 kg de casca de café por dia na sua propriedade.

REFERÊNCIAS

ASLANI, A. NIKNEJAD, M. MAGHAMI, A. Robustness of US economy and energy supply/demand fluctuations. **Int. J. Energy Optim. Eng.**, 6 (4) (2017).

ANEEL- Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Informações gerenciais**. 2017. Disponível em:< <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+3%C2%BA+trimestre+2017/b609461f-e490-79e8-89bbba0f02d0fba9>>. Acesso em: 3 de agosto de 2019.

BRANCO, P. M. **Carvão Mineral**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

BATISTA, R. R. **Rotas de aproveitamento tecnológico de resíduo orgânico agrícola: casca de coco, casca de cacau e casca de café – destinadas à geração de energia**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Tecnologia e Gestão) – Universidade do Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

CARRIQUIRY, M.A., DU, X. TIMILSINA, G.R. Second Generation Biofuels: Economics and Policies. **Energy Policy**, 39, 4222-4234, 2011.

COMÉRIO, L. et al. **Casca do café para a geração de energia: caracterização da biomassa e análise dos gases de combustão**. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Fortaleza, 2016.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear** / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord). – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Disponível em: <www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 06 agosto. 2019.

FURTADO, N. S. **Uso da palha de café como energia alternativa (biomassa) nos secadores de café Conilon em Águia Branca – ES**. Trabalho de Conclusão (Pósgraduação em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono) – Universidade Federal do Paraná. Águia Branca, 2013.

IEA, International Energy Agency. **The Future of Trucks: Implications for energy and the environment**. 2017. Disponível em: <http://www.iea.org/> Acesso em: 06 de agosto de 2019.

KANAUJIA, P.K; SHARMA, Y.K; GARG, M.O; TRIPATHI, D; SINGH, R., R eview of analytical strategies in the production and upgrading of bio -oils derived from lignocellulosic biomass, **J. Anal. Appl. Pyrol.** 105 (2014) 55-74.

KARKOODI, S. Aslani, A. Talebi, M. Roumi, S. Abbassi, A. Transient 3D: Simulation of a Flat Plate Solar Collector in a Mild Climate Condition. **International Journal of Energy Optimization and Engineering**. Volume 7, 2018.

MESQUITA, C. M. **Manual do café: colheita e preparo**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.

PRETO, Elio Veit. MORTOZA, Gladson Lima. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa**. Trabalho de Conclusão de curso, Departamento de Engenharia elétrica. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

REIS, Ruiبران Januário. REIS, Luciano Sathler dos. **Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais**. Editora: Rosa Gráfica e Editora. 380 pgs, 2017.

REN21, 2016. **Renewables 2016 Global Status Report - REN21**.

SANTOS, L. C. **Tratamento oxidativo de cascas de café com ozônio com vistas à produção de biogás e etanol 2G.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SILVA, J. P. **Caracterização da Casca de Café (Coffea arábica, L) in natura, e de seus produtos obtidos pelo processo de pirólise em reator mecanicamente agitado.** 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SILVA, S. I. S. **Biomassa para geração de energia: Eucalipto, Cana-Energia e Bagaço-de-açúcar.** Monografia (Tecnologia em Produção Sucroalcooleira) – Universidade Federal da Paraíba, 2016.

SOUZA, Victor Hugo Alves de. SANTOS, et al. Adriana Fiorot. Sustainable aspects of the biomass as an energy resource. **Rev. Augustus**, Rio de Janeiro, v. 20. n. 40. p. 105-123. jul./dez. 2015.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos vale, a. t. do et al. de café (coffea arabica, l) e de madeira (cedrelinga catenaeformis), duke, **Cerne. Lavras**, v. 13, n. 4, p. 416-420, 2017.