



## ANÁLISE DE CUSTOS DA COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA AGROINDUSTRIAL E FLORESTAL EM UMA USINA DO CENTRO-OESTE MINEIRO

Tatiany Peçanha<sup>(1)</sup>, Marcos Maciel Santos Macedo<sup>(1)</sup>, Isadora Aparecida Silva<sup>(1)</sup>, Livia

Rodrigues Chaves<sup>(1)</sup>, Bruna Aparecida Rezende<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí

### RESUMO

Devido crise de gestão dos recursos hídricos, o aproveitamento da biomassa nos setores energéticos torna-se essencial. É de suma importância que as indústrias sucroalcooleiras utilizem recursos renováveis como o bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia, não somente para o atendimento à unidade industrial, mas também para suprir a demanda de abastecimento energético do Brasil. O presente trabalho buscou descrever o processo de cogeração de energia por meio da biomassa, em uma usina do centro-oeste Mineiro. Foi realizada uma pesquisa qualitativa. Quanto ao método, utilizou-se a pesquisa descritiva e estudo de caso. Observou-se que parte da energia gerada é consumida pela própria usina e o restante comercializado. O estudo possibilitou mensurar custos relacionados à cogeração e sugerir uma alternativa quanto a utilização do resíduo (bagaço).

**Palavras-chave:** Usina sucroalcooleira. Biomassa. Custos. Sustentabilidade.

### 1 INTRODUÇÃO

A cada ano, torna-se mais importante o desenvolvimento de fontes renováveis de energia elétrica. Os recursos fósseis e nucleares utilizados para a produção de energia são finitos e contribuem para o aumento da poluição do planeta, diante disso, as fontes de energia renováveis são a melhor solução para um sistema de produção sustentável (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

As mudanças no regime hídrico das bacias hidrográficas e falta de investimento na infraestrutura são elementos que geram uma crise de gestão dos recursos hídricos (ARAÚJO, 2016). Existem outras fontes para complementar a hidroeletricidade, uma delas o aproveitamento da biomassa, nos setores energéticos. Atualmente, o País conta com 405 usinas sucroenergéticas que utilizam bagaço da cana-de-açúcar como combustível para gerar energia. Essa é utilizada para atender a unidade industrial, sendo o excedente exportado para a rede de distribuição. Algumas destas unidades também utilizam como combustível a biomassa florestal (ANEEL, 2017).

É de suma importância que as indústrias sucroalcooleiras utilizem recursos renováveis como o bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia, não somente para o atendimento à unidade industrial, mas também para suprir a demanda de abastecimento energético do Brasil, complementando a produção e possibilitando a autossuficiência energética. Portanto, o presente estudo objetiva analisar o processo de produção da energia elétrica a partir da biomassa na usina instalada no município de Bambuí, bem como quantificar os custos associados à cogeração.



## 2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa. Quanto ao método científico, utilizou-se a pesquisa descritiva e o estudo de caso. A obtenção das informações necessárias para o estudo se deu através de análises de documentos, entrevistas informais e visitação *in loco*, em uma usina do segmento sucroenergético, instalada centro-oeste Mineiro, onde produz etanol e cogera energia elétrica.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao atingir o ponto de maturação, a cana-de-açúcar é colhida de forma eficiente por colhedoras, dispensando a queima das palhas antes da colheita, fato que reduz a emissão de poluentes nesse estágio da produção. Ao chegar do campo a cana, passa por uma pesagem na balança, a fim de conhecer a quantidade colhida e a produtividade das fazendas.

Após pesada, parte dos caminhões passa por uma sonda que retira uma amostra para análises. Todos os caminhões são direcionados ao pátio para posteriormente serem tombados em uma mesa alimentadora que direciona a cana para o local onde será lavada, a fim de que sejam retiradas as impurezas. A água utilizada é continuamente reaproveitada, seu descarte ocorre periodicamente, junto a outros subprodutos (vinhaça), para irrigação e fertilização das lavouras.

A cana lavada cai em uma esteira metálica que a conduz para o preparo, esse é realizado por picadores e desfibradores responsáveis pela abertura das fibras, um pré-tratamento, onde ocorre a separação do caldo e do bagaço. A cana desfibrada é conduzida por uma esteira de borracha até unidades de moagem. É necessário que a esteira seja de borracha, devido aos eletroímãs que possui para eliminar partes metálicas, evitando danos aos rolos esmagadores.

A moenda possui seis unidades de moagem, denominadas ternos, que possuem 4 rolos cilíndricos que comprimem a cana a fim de extrair a sacarose. Durante essa etapa do processo, é necessária adição de água para facilitar e aumentar a extração da sacarose. Cada terno é regulado para extrair um percentual de sacarose. A cana é conduzida de um terno ao outro por esteiras intermediárias, geralmente de arraste. A regulagem de cada termo é definida pelo planejamento e controle da produção, de acordo com a definição da quantidade a ser moída diariamente. Se necessário aumentá-la, a usina deverá alterar a configuração dos ternos. Ao fim do processamento, no conjunto de ternos, são extraídos caldo e bagaço. O caldo, constituído por água e sólidos solúveis, é direcionado ao processo de produção de etanol, e o bagaço destinado ao sistema de geração de energia, onde é utilizado como combustível para as caldeiras.



O bagaço é composto por água e fibras. Cada tonelada de cana moída resulta em cerca de 250 quilos de bagaço (BONASSA ET AL, 2015). Para a safra 2018/2019, foi programada moagem de 280 toneladas de cana por hora, resultando em setenta (70) toneladas de bagaço/hora.

O bagaço extraído nos ternos cai em uma esteira que o direciona para a caldeira onde uma porção é liberada. Atualmente, a caldeira queima 52,32 toneladas/hora de bagaço, o possibilita gerar 112,5 toneladas de vapor por hora. O bagaço excedente, aproximadamente 17,68 toneladas/hora, é transportado pela esteira para o pátio, onde é estocado para ser utilizado em momentos de escassez de matéria-prima (cana-de-açúcar), quando essa não for suficiente para manter o fluxo da moagem.

A esteira que transporta o bagaço para a caldeira e o seu excedente para o estoque também é utilizada para trazê-lo de volta se necessário, podendo transportar, ainda, o cavaco de eucalipto para o processo, possibilitando que se misturem durante o percurso até a caldeira.

Atualmente, a empresa queima o bagaço de cana-de-açúcar e o cavaco de eucalipto. O que incentivou a queima do cavaco foi a demanda por energia elétrica, pois ele não é um resíduo do processo produtivo, necessitando, portanto, ser comprado pela empresa.

A bioenergia gerada a partir da queima do bagaço é produzida sazonalmente, no período da safra. Produzir energia a partir da queima do cavaco torna-se economicamente viável quando as hidrelétricas se deparam com estiagens - épocas em que as represas estão com seus reservatórios de água em níveis baixos, aumentando o valor da energia no mercado.

Toda caldeira (gerador de vapor) é constituída por dois sistemas de fluxos, circuito de água e vapor e circuito de ar e gases. A usina possui um sistema de captação e tratamento da água, pois, para o uso na caldeira, é necessário que a água seja desmineralizada e desaerada. A parede da caldeira é revestida por uma rede de tubos nos quais circula água tratada, para que não ocorra nenhum problema, como, por exemplo, ferrugem nas tubulações. Dentro da caldeira, existem também dutos de ventilação que fornecem o oxigênio, um dos elementos necessários à combustão.

A biomassa liberada dentro da caldeira é queimada, e o calor emitido transforma a água dos dutos laterais em vapor, esse que passa pela tubulação, no sentido da turbina. O vapor movimentava as pás da turbina, cujo rotor gira juntamente com o eixo do gerador, que produz energia elétrica.

É importante salientar que a queima do bagaço gera gás carbônico, oxigênio, outros tipos de gases e fuligem. Os três primeiros saem pela chaminé, e o último vai para o lavador de gases, para que não saiam pela chaminé e, assim, poluam o meio ambiente.

A usina, objeto do estudo possui dois geradores instalados em sua planta, com capacidade para gerar 55 MW. A energia produzida tem como principal finalidade alimentar o sistema elétrico interno de sua planta que demandam, em média, 9,5 MW.



A quantidade de bagaço extraído por hora na moenda possibilita a produção de aproximadamente 18,75 MW. Com isso, a usina exporta 9,25 MW para a rede. A energia gerada é direcionada para um transformador e, em seguida, é transportada por linhas de alta tensão até a subestação instalada na zona urbana de Bambuí, que a exporta para a rede.

O estudo possibilitou conhecer os custos médios de geração de energia. Verificou-se que a usina precisa produzir 112,5 toneladas de vapor/h para utilização no processo produtivo do etanol. Esse vapor produz 18,75 MW, não apresentando nenhum custo adicional, pois sua produção já faz parte do custo fixo do processo de fabricação do etanol. Como a planta instalada consome 9,50 MW, a usina consegue exportar 9,25 MW sem nenhum custo, maximizando, seus recursos.

Atualmente, a empresa possui contratos de exportação de energia equivalentes a 14,06 MW, o que significa que precisa complementar (gerar) 4,81 MW para atender a demanda. Para isso, é preciso produzir 21,65 toneladas de vapor. A Tabela 1 representa as possibilidades de produção.

Tabela 1 – Custos das biomassas

<b>Biomassa</b>	<b>R\$/tonelada</b>	<b>Produtividade: (toneladas de vapor/tonelada de biomassa)</b>	<b>Quantidade biomassa (toneladas/hora)</b>	<b>Custo/ hora</b>
Bagaço	R\$ 40,00	2,12	10,21	R\$ 408,40
Cavaco	R\$ 165,00	2,90	7,46	R\$ 1.230,90

Fonte: Os autores (2018).

Durante a realização do trabalho, o preço do MW no mercado era de R\$ 385,00. Dessa forma, exportar 4,81 MW proporciona uma receita de R\$1.851,85/hora. Comprar bagaço para produzir 4,81 MW custaria R\$ 408,40/h, já o cavaco custaria R\$1.230,90/h. Por esse motivo, queimar o cavaco justifica-se quando os preços no mercado forem atrativos, o lucro obtido com a queima do bagaço foi de R\$1.443,45/h, enquanto, com o cavaco R\$620,95/h.

Quanto ao processo produtivo, esse é todo automatizado, desde a alimentação da cana, velocidade da moenda, controle de vazão da água de embebição, a limpeza, o controle e o intertravamento de motores até a monitoração, os alarmes de variáveis auxiliares e o sistema de supervisão. A automação permite controlar o processo de produção, possibilitando uma moagem estável, eficiência na extração do caldo, proteção contra embuchamento, diminuição das perdas no bagaço e paradas não programadas, segurança nas operações, enfim, todo o processo.

O sistema de geração e exportação de energia também é automatizado e monitorado através de um software supervisionado vinte e quatro horas por operadores do Centro de Operações

Industriais (COI). O sistema permite monitoramento e alterações nas diversas fases do processo de geração de energia, como na caldeira, no pátio de estocagem, no vapor, na combustão, etc. O grau de eficiência do sistema de cogeração depende da tecnologia empregada na usina.



## 4 CONCLUSÃO

O trabalho possibilitou perceber o quanto a utilização da biomassa como combustível é importante para as usinas e para o meio ambiente, representando um modelo sustentável de produção de energia para o país. A cogeração de energia elétrica é economicamente imprescindível, pois, além de possibilitar a autossuficiência energética, promove rendimentos econômicos positivos. Ambientalmente, é essencial para a destinação do seu maior resíduo, o bagaço da cana, produzido em larga escala e de difícil estocagem.

A cogeração de energia elétrica na usina provê um maior percentual da utilização deste resíduo gerado para produção de etanol. Ao utilizar biomassa como combustível, a empresa cumpre sua responsabilidade com o resíduo gerado e aproveita a oportunidade financeira representada pela cogeração, colaborando com a matriz energética do país. O presente estudo propõe que a empresa promova a conscientização da população do município em relação aos ganhos ambientais que a empresa proporciona ao realizar a cogeração de energia a partir da biomassa residual e florestal.

A usina adota uma política de reaproveitamento de resíduos, demonstrando, que a prática sustentável pode proporcionar benefícios monetários e ambientais para a organização e sociedade.

Como alternativa à utilização do bagaço, sugere-se que a empresa verifique a viabilidade da utilização deste resíduo para a fabricação de ração animal, a fim de agregar diversidade ao *mix* de produtos da empresa e maiores possibilidades junto ao mercado. Propõe-se que a empresa busque realizar parcerias junto às fábricas de ração da região a fim de reduzir os gastos com a construção de instalações necessárias para a fabricação da ração.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Brasília, 2017. Disponível em:  
<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 11 mai. 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados*, 21, 2007, vol.21, n.59, pp.7-20. ISSN 0103-4014. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142007000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003)>.

ARAÚJO, L. E. S. Crise hídrica e potencia energético da região sudeste. Rio de Janeiro, Abril/2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016433.pdf>>.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; CREMONEZ, P. A.; OLIVEIRA, C. J.; TELEKEN, J. G.; FRIGO, E. P. Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, [s.l.], v. 4, n. 3, p.144-166, 25 nov. 2015. Universidade Federal do Parana.