

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A  
PARTIR DOS RESÍDUOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO  
DE MATO GROSSO EM DIFERENTES CENÁRIOS PRODUTIVOS<sup>1</sup>**

Willian Leonardo Vieira Coelho<sup>2</sup>, Fabrício Schwanz da Silva<sup>3</sup>, Rivanildo  
Dallacort<sup>4</sup>, Paulino Alezandre Viera Carneiro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 2º Trimestre de 2016.

<sup>2</sup>Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção pela Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT, wyllyan\_coelho@hotmail.com.

<sup>3</sup>Professor Doutor do Departamento de Engenharias e Exatas da Universidade Federal do Paraná- UFPR- Setor Palotina, fabricio.silva@ufpr.br.

<sup>4</sup>Professor Doutor na Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- Campus Tangará da Serra, rivanildo@unemat.br.

<sup>5</sup>Engenheiro de Produção Agroindustrial pela Universidade do Estado de Mato Grosso- UNAMAT, paulinho\_carneiro@hotmail.com.

**RESUMO**

O setor sucroenergético brasileiro está em constante crescimento tendo como característica elevada geração de resíduos, principalmente: vinhaça, bagaço, torta de filtro e palha. Estes são nocivos ao meio ambiente se não tiverem destinação correta. Portanto é de suma importância a utilização de metodologias que venham reduzir impactos ambientais, garantindo assim uma maior conservação dos ecossistemas em que estas indústrias estão inseridas.

Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial de geração de energia a partir de dois dos resíduos produzidos pelo setor sucroenergético. O estudo foi realizado baseado nos dados produtivos de usinas do setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso, inicialmente através da aplicação de equações elaboradas baseadas na utilização da biodigestão da vinhaça. A determinação do potencial de geração de energia foi realizada para diferentes cenários produtivos, considerando 100, 75 e 50% do volume de produção atual. Estes cenários foram criados devido ao fato deste resíduo ser oriundo apenas da produção de etanol e haverem plantas mistas com fabricação de etanol e açúcar, onde a produção é fortemente influenciada pela demanda do produto. Posteriormente com aplicação de equações que levaram em consideração a utilização de caldeiras para a geração de energia obtida através da queima do bagaço, sendo este considerado 100% de área, tendo em vista a obtenção deste resíduo independentemente do produto a ser fabricado. Pelos resultados observou-se o grande potencial do setor com geração a partir da vinhaça de 11,93 GWh/safra, 8,94 GWh/safra e 5,96 GWh/safra para 100, 75 e 50% de área respectivamente, e 1473,32 GWh/safra a partir do bagaço e 3440,62 GWh/safra a partir do bagaço e palha.

**Palavras-chave:** Vinhaça. Bagaço. Biodigestão.

## **ANALYSIS OF POWER GENERATION ELECTRIC POTENTIAL FROM THE SECTOR IN WASTE SUGARCANE MATO GROSSO STATE IN DIFFERENT SCENARIOS PRODUCTIVE**

### **ABSTRACT**

The Brazilian sugarcane industry is constantly expanding with the consequence high waste generation, they are: vinasse, bagasse, filter cake and straw. These being harmful to the environment if they are not designed properly. Therefore it is very important to use methods that will reduce these impacts, thus ensuring greater environmental conservation of the ecosystems where these industries

are located. The objective of this study was to evaluate the potential for power generation from two waste produced by the sugarcane industry in Mato Grosso. The study was conducted based on the production data of the plants the sugarcane industry in Mato Grosso, initially by applying elaborate equations based on the use of digestion of vinasse, to determine the energy generation potential in three different production scenarios, considering 100 75 and 50% of current production volume, these scenarios created because this residue be from from the production of ethanol which is strongly influenced by product demand. Subsequently to applying equations that take into account the use of boilers for the generation of energy obtained through the bagasse, which is considered 100% area, with a view to obtaining this residue irrespective of the product being manufactured. The results observed the great potential of the sector with generation from stillage of 11,93 GWh/crop, 8,94 GWh/crop and 5,96 GWh/crop to 100, 75 and 50% of area respectively, and 1473,32 GWh/crop from bagasse and 3440,62 GWh/crop from bagasse and straw.

**Keywords:** Vinasse.Bagasse. Biodigestion.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil em seu período colonial e se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira. Atualmente o país não somente é o maior produtor de cana, mas também o maior produtor mundial de açúcar, e juntamente com os Estados Unidos de etanol, conquistando cada vez mais o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética. Contudo, o etanol produzido no Brasil, conta com projeções bastante positivas para os próximos anos, ocasionadas principalmente, pelo crescimento do consumo interno (MAPA, 2014).

Na safra 2015/16, a cultura da cana-de-açúcar se manteve em expansão, onde segundo estimativas o Brasil obteve um acréscimo de produção de 3,2% a mais, em relação à safra 2014/15. Este acréscimo só não é maior devido à pequena redução na área plantada e queda na produtividade por questões pluviométricas. A área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroenergética na safra 2015/16 foi mais de 8,9 milhões de hectares (ha), distribuídas em todos os estados produtores conforme suas características. O aumento só não foi maior devido à intenção de plantio, que com exceção dos estados das regiões norte e centro-oeste apresentaram leve queda em relação à safra passada (CONAB, 2015).

De acordo com os dados da Secretária de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso – (SEPLAN, 2013), a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado apresenta um constante crescimento, como pode ser observado em um histórico de 10 anos, partindo de uma área de 176.746 hectares em 2002 para 246.298 hectares no ano de 2012, com um total de cana colhida de 12.640.658 t e 17.108.709 t, respectivamente.

Devido a este crescimento o Estado de Mato Grosso de acordo com a CONAB (2015) em nível de Brasil, ocupa a 8ª posição na produção de açúcar, a 6ª posição na produção de etanol anidro e etanol hidratado, o que indica que o setor possui uma boa produtividade quando comparado aos outros 22 Estados produtores, visto que o mesmo também possui a 8ª maior área de cultivo com 230,3 mil hectares.

Considerando então os números deste setor, prevê-se que o mesmo enfrenta o problema da geração de resíduos oriundos de seus processos industriais, destacando-se entre eles principalmente o bagaço, a palha, a vinhaça e a torta de filtro.

O bagaço é obtido após a moagem dos colmos, que é o processo de extração do caldo da cana, sendo esta uma das primeiras etapas do processo de fabricação do álcool e açúcar (ALCARDE, 2007). Segundo Macedo et al. (2004), o índice de produção de bagaço pode chegar a 280 kg por tonelada de cana moída, o que evidencia um grande volume de resíduo produzido a partir deste processo industrial.

O bagaço obtido no processamento da cana-de-açúcar é uma fonte de energia renovável, sendo uma alternativa de combustível para a geração de calor através de sua queima em caldeiras. Pode também ser utilizado para a fabricação de papelão, na construção civil, como fertilizante, para ração animal além da geração de energia elétrica. Porém o uso mais difundido é a co-geração, onde o bagaço da cana é queimado para a produção de vapor que aciona geradores elétricos. Ao final deste processo há apenas cinzas como produto residual. Ou seja, em relação a outros usos, a co-geração do bagaço é menos impactante ao meio ambiente, tendo como principal agente poluidor as partículas resultantes da queima dispersas no ar (RIBEIRO e PESQUEIRO, 2010; FERNANDES e MIGUEL, 2011).

A torta de cana, mais conhecida como torta de filtro, é um resíduo oriundo da fabricação do açúcar, após as borras resultantes da clarificação ter a sua sacarose residual extraída. A torta de filtro é produzida na ordem de 2,5 a 3,5% da cana moída e apresenta elevada umidade, teor de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio, podendo assim ser utilizada como uma alternativa para a fertilização do solo (SANTOS et al., 2011; AGEITEC, 2011).

Quanto à palha, estima-se que para cada tonelada de cana colhida sejam gerados cerca de 200 kg de palha de cana de açúcar (SOUZA, 2012). Segundo Superbia e Paula (2011), a palha de cana de açúcar tem sido considerada um dos principais resíduos gerados fazendo parte do grupo dos

materiais lignocelulósicos. A palha é um resíduo obtido a partir da colheita da cana crua nas lavouras.

A vinhaça, de acordo com a CETESB (1999), é um líquido derivado da destilação do vinho para obtenção do etanol, que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço. Esse resíduo pode ter como matéria prima o caldo de cana, o melaço ou a mistura de proporções, ou de diluições destes.

De acordo com Andrade (2009) a vinhaça é gerada numa razão de 10,3 a 11,9 litros por cada litro de álcool produzido, apresenta temperatura elevada, pH ácido, corrosividade, alto teor de potássio, quantidades significativas de nitrogênio, fósforo, sulfatos e cloretos. Até meados da década de 70, a vinhaça era lançada em corpos d'água, o que gerava impactos negativos ao meio ambiente. No entanto atualmente existem resoluções e metodologias que auxiliam na reutilização e disposição deste resíduo no ambiente.

Um dos métodos de reutilização da vinhaça é o processo de co-geração de energia, a partir da biodigestão anaeróbia. Segundo GASPARG (2003), a digestão anaeróbia consiste na “degradação biológica de substâncias orgânicas complexas na ausência de oxigênio livre. Neste tipo de processo, a matéria orgânica é degradada biologicamente por bactérias, tendo como um dos produtos finais o metano, que é fonte alternativa de energia”.

A Figura 01 ilustra um biodigestor do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

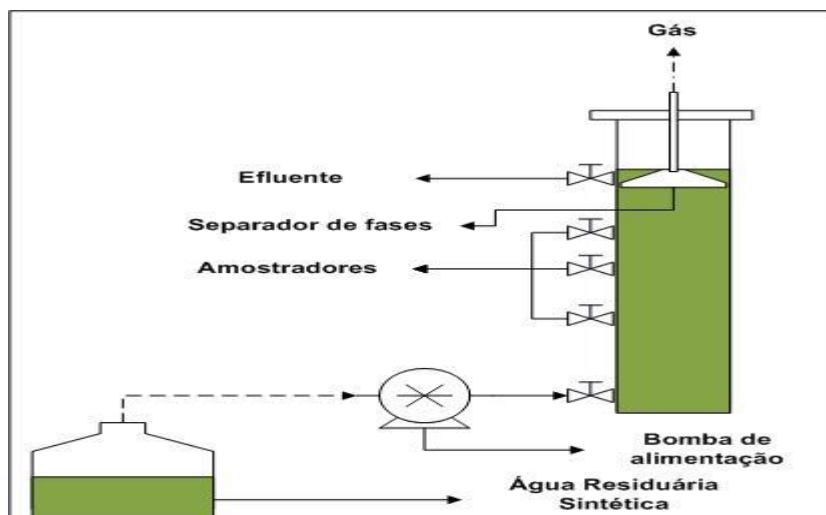


Figura 1- Representação esquemática de um biodigestor UASB. Fonte: adaptado de MACHADO e FREIRE (2009).

O processo biodigestivo se realiza com o resíduo passando de forma ascendente em um leito ativado, contendo microorganismos anaeróbios, que degradam o resíduo, reduzindo principalmente sua DBO - Demanda bioquímica de oxigênio e DQO - Demanda química de oxigênio, propiciando que o resíduo gere menos impacto ao ser lançado em lavouras após a biodigestão (MACHADO e FREIRE 2009).

De acordo com a EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2013), em 2012 houve um acréscimo de 11,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP)<sup>1</sup> no consumo nacional de energia, um aumento de 4,1%, atingindo o total de consumo no país de 283,6 milhões de TEP. É importante ressaltar que esta demanda foi 97% suprida por gás natural, petróleo e derivados. Outro fator a ser considerado foi a redução da produção de energia elétrica por fontes hidráulicas, reduzindo sua representatividade de 88,9% para 84,5%, o que é explicado pelo simples fato de uma menor oferta hídrica.

Ainda segundo a EPE (2013), do total consumido de energia no país 57,6% vêm de fontes não-renováveis e 42,4% de fontes renováveis, sendo que

<sup>1</sup> Unidade de energia. A tep é utilizada na comparação do poder calorífico de diferentes formas de energia com o petróleo. Uma tep corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão (ANEEL, 2014).

destes a biomassa da cana-de-açúcar corresponde a 15,4%, sendo superior a hidráulica com 13,8%.

As fontes energéticas renováveis são importantes, pois podem reduzir o consumo da queima de combustíveis fósseis, beneficiando assim a preservação do meio ambiente. O sol, o vento, os cursos de água e a biomassa, podem ser aproveitados para fins energéticos, principalmente para a produção de calor e eletricidade, através da utilização de tecnologias viáveis e rentáveis, contribuindo assim para a redução da fatura energética (MAGRO, 2012).

A biodigestão anaeróbica pode apresentar benefícios como: redução dos custos de tratamento; suporta elevadas concentrações de DBO; reduz a carga orgânica do efluente para sua aplicação no solo e seu odor característico; neutraliza o pH; além disso possibilita ao efluente ser manejado para aplicação por fertirrigação (Granato e Silva, 2002). Logo é de suma importância estudos do potencial e apresentação de novas metodologias para aumentar a eficiência de geração de energia de fontes renováveis, principalmente pelo fato desta ser oriunda de resíduos da indústria que são de grande preocupação devido ao seu grande volume e potenciais danos ao meio ambiente, se dispostos de forma desordenada.

Sendo assim, propôs-se com este trabalho realizar um estudo do potencial produtivo de energia a partir dos resíduos do setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado com base nos dados de produção do setor sucroenergético obtidos junto ao SINDALCOOL/MT- Sindicato das Indústrias de Álcool e Açúcar do Estado de Mato Grosso, localizado na cidade de Cuiabá-MT.

Foram utilizados os dados da safra 2015/16, levando em consideração 100%, 75% e 50% das áreas de cultivo das indústrias em operação atualmente



no Estado e destinadas à produção etanol. Estas porcentagens foram adotadas para uma melhor estimativa pelo fato de ser o preço de mercado o determinante de qual produto será fabricado (açúcar ou etanol), o que é de suma importância levando-se em consideração que a vinhaça é oriunda apenas do processo de fabricação do etanol.

Foram levantadas as mesorregiões e biomas presentes no Estado e determinado à distribuição geográfica das indústrias do setor pelo Estado. A Figura 2 ilustra as mesorregiões presentes no Estado de Mato Grosso.

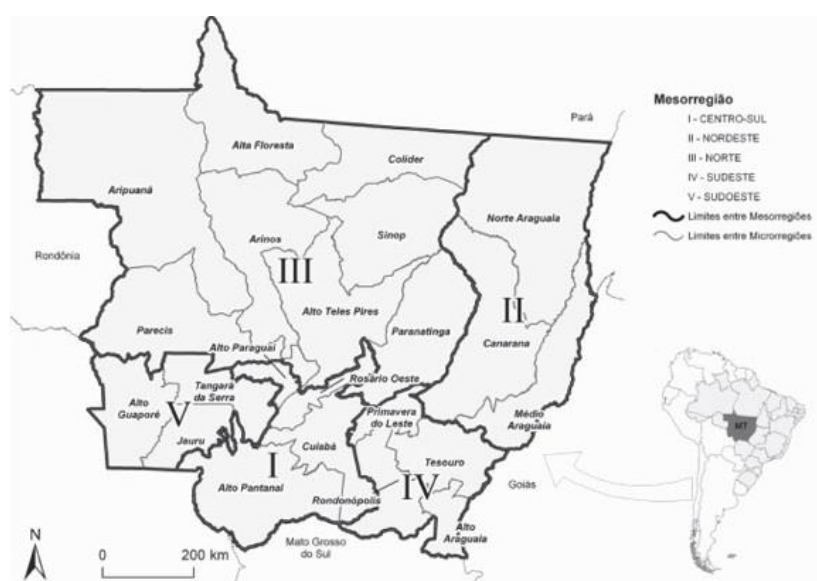


Figura 2 – Mesorregiões do Estado de Mato Grosso. Fonte: Magalhães et al. (2011).

De posse destes dados foram utilizadas as equações a seguir para determinar o potencial de geração de energia do Estado a partir dos resíduos industriais da cana-de-açúcar.

A determinação do volume da vinhaça potencialmente gerada foi realizada com base na Equação 1.

$$\text{Vol}_{\text{vinh}} = P_{\text{Et}} \cdot \eta_{\text{Vinh}} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

$\text{Vol}_{\text{vinh}}$ : Volume de vinhaça gerado (L/mês);

$P_{\text{Et}}$  : Produção média mensal de etanol no Estado de Mato Grosso (L/mês);

$\eta_{\text{Vinh}}$ : Rendimento de vinhaça por litro de álcool (adimensional).

Para o cálculo da produção de energia elétrica a partir da vinhaça, utilizou-se o método que Lamo (1991) aplicou em seus estudos, sendo realizado também por Granato (2003), em que, para determinação do potencial energético advindo da biodigestão anaeróbia, considerou-se a utilização de um reator do tipo UASB “Upflow Anaerobic Sludge Blanket”. Com a Equação 2 determinou-se a quantidade de carga orgânica.

$$CO = Vol_{\text{Vinh}} \cdot DQO \text{ (Eq. 2)}$$

Onde:

CO: Carga orgânica de vinhaça (kgDQO/dia);

$Vol_{\text{Vinh}}$ : Volume de vinhaça gerado (L/dia);

DQO: Demanda química de oxigênio (mg/L).

A produção de biogás potencialmente gerada pela biodigestão anaeróbica da vinhaça, foi obtida a partir da Equação 3.

$$P_{\text{Biogás}} = CO \cdot \varepsilon \cdot F \text{ (Eq. 3)}$$

Onde:

$P_{\text{Biogás}}$ : Produção de biogás ( $\text{Nm}^3/\text{dia}$ );

CO: Carga orgânica da vinhaça (kgDQO/dia);

$\varepsilon$ : Eficiência de remoção de DQO (adimensional);

F: Fator de conversão de biogás por DQO removida ( $\text{Nm}^3/\text{kg}$ )

Para o valor de eficiência de remoção de DQO considerou-se 71,7%, proposto por Pompermayer e Paula (2003), e  $0,45 \text{ Nm}^3/\text{kg}$  para valor de F, segundo Lamo (1991).

Após determinar a quantidade de biogás produzida, realizou-se o cálculo de conversão de biogás em energia, por meio da Equação 4.

$$E_{\text{Biogás}} = P_{\text{Biogás}} \cdot PCI_B \cdot \varepsilon \text{ (Eq. 4)}$$

Onde:

$E_{\text{Biogás}}$ : Quantidade de energia produzida a partir do biogás (kcal/dia);

$P_{\text{Biogás}}$ : Produção de biogás ( $\text{Nm}^3/\text{dia}$ );

$PCI_B$ : Poder calorífico inferior do biogás (kcal/ $\text{Nm}^3$ ).

$\varepsilon$ : Eficiência da turbina a gás (adimensional).

Para o poder calorífico inferior utilizou-se o valor de 5.100 (kcal/Nm<sup>3</sup>), e uma eficiência da turbina de 35%, ambos valores propostos por Lamo (1991) e Granato (2003).

Para determinar o efetivo potencial de produção de energia elétrica advinda da utilização do bagaço e da palha foi utilizada a Equação 5.

$$EEGB = CAN \cdot E_{ton} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

EEGB: Energia elétrica gerada pelo bagaço (kWh)

CAN: Quantidade de cana processada (t)

E<sub>ton</sub>: Energia elétrica produzida por tonelada (kWh/t)

Onde a energia elétrica produzida por tonelada foi determinada segundo Jardim (2007), para cada tonelada de cana processada, considerando só o bagaço, pode-se gerar 85,6 kWh, e com o uso da tecnologia da hidrólise, com bagaço, palha e pontas, este potencial sobe para 199,9 kWh.

Vale ressaltar que todas as conversões de unidades utilizadas no desenvolver deste estudo, foram realizadas baseadas nas tabelas de conversões de unidades sugeridas pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 1 estão apresentadas as unidades produtoras, com os produtos fabricados pelas mesmas e respectiva mesoregião em que estão instaladas suas plantas industriais.

Quadro 1 – Unidades produtoras de álcool e açúcar no Estado de Mato Grosso, com seus respectivos produtos e distribuição geográfica

Unidades Produtoras	Produtos	Mesoregião	Bioma
4	Álcool e Açúcar	Sudoeste	Cerrado, Pantanal e Amazônia*
2	Álcool e Açúcar	Sudeste	Cerrado*
3	Álcool e Açúcar	Norte	Cerrado e Amazônia*

Fonte: SINDALCOOL-MT (2014); (\*) IBGE (2015).

Os dados de produção das 9 plantas industriais somadas, referentes a safra 2015/16 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados de Produção do setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso

Hectares plantados	Toneladas de cana processadas	Etanol total (m <sup>3</sup> )	Açúcar (t)	Empregos diretos	Empregos indiretos
230.3 mil	17.211.273	1.248.678	337.112	14.561	58.000

Fonte: Sindalcool-MT (2015).

Como pode-se observar na Tabela 1, este setor é responsável pela geração de muitos empregos no Estado, além de ser muito importante na contribuição para a balança comercial do mesmo, devido ao seu alto volume de produção.

Com os dados apresentados na Tabela 1 foi elaborada a Tabela 2 para a apresentação dos dados de produtividade do Estado de Mato Grosso, juntamente com os valores utilizados para geração de vinhaça por litro de

álcool produzido, e DQO. Para posterior aplicação das equações propostas por Lamo (1991), e utilizadas também por Granato (2003).

Tabela 2 – Valores de produção de etanol em Mato Grosso, vinhaça e demanda química de oxigênio.

Fatores	Valores
Produção mensal de etanol (L/mês)	156.084.750
Produção de vinhaça por litro de álcool	11,9 <sup>+</sup>
Demanda química de oxigênio (mg/L)	29000 <sup>-</sup>

Fonte: (+) ANDRADE (2009); (-) SALOMON et al. (2007).

Após o levantamento de todos os dados junto aos órgãos competentes, utilizou-se das equações demonstradas a seguir para a determinação do potencial energético advindo da biodigestão anaeróbica da vinhaça.

$$\text{Vol}_{\text{vinh}} = 156.084.750 \cdot 11,9 = 1.857.408.525 \text{ (L/mês)} \text{ (Eq.1)}$$

$$\text{CO} = 1.857.408,53 \text{ (m}^3\text{/mês)} \cdot 29000 \text{ (mg/L)} \text{ (Eq.2)}$$

$$\text{CO} = 1.795.494,91 \text{ (kgDQO/dia)}$$

$$P_{\text{Biogás}} = 1.795.494,91 \text{ (kgDQO/dia)} \cdot 0,7117 \cdot 0,45 \text{ (Nm}^3\text{/kgDQO)} \text{ (Eq.3)}$$

$$P_{\text{Biogás}} = 575.034,18 \text{ (Nm}^3\text{/dia)}$$

$$E_{\text{Biogás}} = 575.034,18 \text{ (Nm}^3\text{/dia)} \cdot 5100 \text{ (kcal/Nm}^3\text{)} \cdot 0,35 \text{ (Eq.4)}$$

$$E_{\text{Biogás}} = 2.932.674,32 \cdot 10^3 \text{ (kcal/dia)} \cdot 0,35$$

$$E_{\text{Biogás}} = 49.739,38 \text{ (kWh/dia)}$$

Assim o potencial de geração de energia elétrica advinda da biodigestão da vinhaça por mês foi de 1.492.181 kWh/mês.

Como pode-se observar pelo resultado da Equação 1, houve uma geração de 1.857.408,53 (m<sup>3</sup>/mês) de vinhaça o que multiplicado por todos os meses da safra passada que de acordo com o Sindalcool (2015) foi de abril a novembro, totalizando 8 meses, resultou em um total de aproximadamente 14.859.268,24 (m<sup>3</sup>/safra). Portanto com este volume de geração de resíduo é importante a sua reutilização principalmente pelo seu elevado teor poluidor, devido sua alta carga orgânica.

Quando a vinhaça passa por um tratamento de digestão anaeróbica, pode haver uma remoção de DQO da ordem de 80% a 90%, além de se obter mais um produto no mix da empresa, a energia elétrica, fatores estes que viabilizama aplicação desta metodologia, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (PROCKNOR, 2009).

Com um total de produção de energia advinda do biogás da vinhaça na ordem de 1.492.181 kWh/mês pode-se observar o grande potencial de geração de energia do setor. No entanto, o valor real de produção da safra considerando os 8 meses de atividades ultrapassa os 11,9 GWh/ano, levando em consideração que todo o resíduo gerado fosse destinado a produção de energia.

Vale ressaltar que a vinhaça é oriunda apenas dos processos industriais da produção de etanol, e atualmente no Estado de Mato Grosso, há 4 indústrias que fabricam além do etanol o açúcar cristal. No entanto, o que determina o produto a ser fabricado é a demanda e o preço de mercado dos mesmos, sendo que a indústria sempre deve dar prioridade ao produto que mais a remunera. Sendo assim, para uma correta determinação deste potencial de geração de energia, verificou-se este potencial por hectares processados, para posteriormente a suposição de cenários produtivos. A Tabela 3 mostra o potencial de geração de energia elétrica considerando três diferentes cenários produtivos.

Tabela 3 - Potencial de geração de energia elétrica no Estado de Mato Grosso considerando três diferentes cenários produtivos.

<b>Área de produção (ha)</b>	<b>Energia advinda da vinhaça (kWh/ha)</b>	<b>Potencial de geração (GWh)</b>
<b>230.300 (100%)</b>	51,83	11,94
<b>172.725 (75%)</b>	51,83	8,95
<b>115.150 (50%)</b>	51,83	5,97

O potencial de produção de energia obtido através somente da queima do bagaço em caldeiras para geração de vapor foi determinado de acordo com a Equação 5, e considerando bagaço, palha e pontas a Equação 6, todas elaboradas a partir do proposto por Jardim (2007).

$$\text{EEGB} = 17.211.723 \cdot 85,6 \quad \text{kWh} \quad (\text{Eq.5})$$

$$\text{EEGB} = 1.473,32 \text{ GWh/safra}$$

$$\text{EEGB} = 17.211.723 \cdot 199,9 \quad \text{kWh} \quad (\text{Eq.6})$$

$$\text{EEGB} = 3.440,62 \text{ GWh/safra}$$

Considerando toda energia gerada pelo setor através da vinhaça com 100% de área, e bagaço que é oriundo de qualquer um dos produtos a serem produzidos sejam eles açúcar ou etanol, o setor alcança uma estimativa de produção de 1.485,25 GWh/safra o que evidencia o grande potencial do mesmo, além dos inúmeros benefícios ambientais alcançados com a reutilização destes resíduos. Sendo que se considerarmos a utilização da palha e dos ponteiros este potencial é muito superior, cerca de 3.452,55 GWh/safra, no entanto esta palha no Estado de Mato Grosso que é um resíduo da colheita mecanizada não é retirada do campo tendo todo este potencial inutilizado para a produção de energia.

Realizando um comparativo do potencial de geração de energia com o relatório de consumo residencial médio mensal brasileiro publicado pela EPE (2015), que no Brasil é de 167 kWh/mês, resultando em um consumo total médio de 2004 kWh/ano, a geração de energia do setor sucroenergético considerando todos os resíduos seria suficiente para manter aproximadamente 1.722.829 residências durante um ano, e levando-se em consideração a não utilização da palha e ponteiros um total de 741.142 residências.

Este cenário ganha em importância tendo em vista a crise que vivenciou o setor elétrico brasileiro, devido à grande dependência das hidrelétricas que passam por baixos índices de geração de energia devido a irregularidades nas chuvas. Assim a energia produzida por esta biomassa surge como alternativa,

principalmente pela safra da cana-de-açúcar ocorrer no período seco onde os reservatórios das hidrelétricas estão normalmente mais baixos.

De acordo com Amato (2015), o país está atualmente sobre risco de falta de energia e futuros apagões, enfrentando uma das piores vazões da história com os níveis dos reservatórios muito abaixo do ideal, principalmente nas regiões sudeste e centro-oeste que são responsáveis por 70% da geração do país. Sendo assim a utilização de novas metodologias de geração de energia é de suma importância, para que se possa atender esta crescente demanda e não prejudique o bem estar da população e o crescimento do país.

#### **4. CONCLUSÕES**

O potencial de geração de energia elétrica a partir dos resíduos da indústria sucroenergética é elevado, sendo que considerando a biodigestão anaeróbia da vinhaça, resulta em um montante de 11,93 GWh/safra, e a queima do bagaço e palha um montante de 3.440,62 GWh/safra, ou seja, a energia elétrica total gerada a partir dos resíduos é de aproximadamente 3452,55 GWh/safra.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGEITEC – Agência Embrapa Informação Tecnológica. **Árvore do Conhecimento – Cana-de-Açúcar**. Brasília, 2011.

ALCARDE, A. R. **Extração do caldo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. 2007, Brasília, DF. Anais.

ANDRADE, J. **Construção de um Índice de Sustentabilidade Ambiental para a Agroindústria Paulista de Cana-de-Açúcar [ISAAC]**. 2009, 259 p. Dissertação (Mestrado Profissional), Escola de Economia de São Paulo, Faculdade Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.



ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. Fatores de conversão. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. p.143-158, Brasília, 2014.

CETESB P4.230. **Aplicação de Lodos de Sistema de Tratamento Biológico em Áreas Agrícolas– Critérios para Projeto e Operação**. São Paulo, 1999.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira da Cana-de-açúcar, Segundo Levantamento**. p. 1-38, Brasília, 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço energético nacional 2013**. Ministério de Minas e Energia. 253p. Rio de Janeiro – RJ, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Dezembro%202014.pdf>>. Acessado em 23 fev. 2015.

FERNANDES, A. S.; MIGUEL, E. R. **A Importância da Utilização do Bagaço de Cana-de-Açúcar na Geração de Energia em Termelétricas**. III Encontro Científico de Educação Unisalesiano. Lins, 2011.

GASPAR, P. M. F. **“Pós-tratamento de Efluente de Reator UASB em Sistema de Lodos Ativado Visando a Remoção Biológica do Nitrogênio Associada à Remoção Físico-Química do Fósforo”**. 115 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2003.

GRANATO, E. F. **“Geração de Energia Através da Biodigestão Anaeróbica da Vinhaça”**. 139 p. Dissertação de Mestrado. UNESP. Bauru – SP, 2003.

GRANATO, E. F.; SILVA, C. S. **Geração de Energia Elétrica a Partir do Resíduo Vinhaça**. 2002. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v2/074.pdf>>. Acessado em: 27 nov. 2015.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades do Mato Grosso**. 2015. Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=510268&search=>>. Acessado em: 10 jun. 2015.

JARDIM, A. **Bioeletricidade a energia que vem da nossa terra**. Revista Brasileira de Energia, v.13, n.2, p.9-18, 2007.

JARDIM, A. **Bioeletricidade a Energia que Vem da Nossa Terra**. Revista Brasileira de Energia, v.13, n.2, p.9-18, 2007.

LAMO, P. **Sistema Produtor de Gás Metano Através de Tratamento de Efluentes Industriais – METHAX/BIOPAQ – CODISTIL**. Piracicaba, 1991.

MACEDO, et al. **Balanço das Emissões de Gases na Produção e no Uso do Etanol no Brasil**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2004.

MACHADO, O. J.; FREIRE, F. B. **Tratamento de Vinhaça em Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB)**. IV Semana do Meio Ambiente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão Rio Claro – São Paulo. Ciência & Tecnologia, ISSN 1982-7784 – n.2, n. especial, set. 2009, p. 170.

MAGALHÃES et al. **Migração e hanseníase em Mato Grosso**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v.14, n.3, 2011.

MAGRO, C. **A Importância das Energias Renováveis para a Sustentabilidade em Espaço Rural**. 2012. In XIX Jornadas Pedagógicas de Educação Ambiental da Aspea. Disponível em: <<http://www.aspea.org/19CeCarlosMagro.pdf>>. Acessado em: 15 ago. 2015.

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Cana-de-açúcar**. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acessado em: 20 set. 2014.

POMPERMAYER, R.S.; PAULA, D.R. **Estimativa do potencial brasileiro de produção do biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos.** Enc. Energ. Meio Rural, n.3, 2003.

PROCKNOR, C. **Energia elétrica a partir da vinhaça.** 2009. ÚNICA- União da indústria de cana-de-açúcar. Disponível em:<<http://www.unica.com.br/convidados/25641156920337715081/energia-eletrica-a-partir-da-vinhaca/>>. Acessado em: 20 mar. 2015.

RIBEIRO, H.; PESQUEIRO, C. **Queimadas de Cana-de-açúcar: Avaliação de Efeitos na Qualidade do Ar e na Saúde Respiratória de Crianças.** Estudos avançados, v.24 n. 68, 2010.

SALOMON, et al. **Custo do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça e sua utilização.** Anais do 8º Congresso Ibero Americano de Engenharia Mecânica. 2007. Cusco- Peru.

SANTOS, et al. **Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar Sob Adubação com Torta de Filtro Enriquecida com Fosfato Solúvel.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.5, p.443–449, 2011.

SEPLAN – Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Mato Grosso em números.** 2013. Disponível em:<<http://www.sistemas.seplan.mt.gov.br/mtemnumeros/2013/files/assets/common/downloads/MatoGrossoEmNumeros2013.pdf>>. Acessado em: 01 jul. 2014.

SINDALCOOL-MT- Sindicato das Indústrias de Álcool do Estado de Mato Grosso. **Dados safra 2014/15.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <sindalcool@sindalcool-mt.com.br> em 05 dez. 2014.

SINDALCOOL-MT- Sindicato das Indústrias de álcool do Estado de Mato Grosso. *Produção acumulada de açúcar e etanol combustível mensal – MT.* 2015. Disponível em:<[http://www.sindalool-mt.com.br/mostra\\_arquivo.php?arquivo=16](http://www.sindalool-mt.com.br/mostra_arquivo.php?arquivo=16)>. Acessado em: 10 de dez. 2015.

SOUZA, Z.J. **Bioeletricidade: O que falta para esta alternativa energética deslançar.**2012. Disponível

em:<<http://www.unica.com.br/colunas/470156692036979688/bioeletricidade-por-cento3A-0-que-falta-para-esta-alternativa/>>. Acessado em: 01 de jul. 2014.

SUPERBIA, F. F.; PAULA, N.F. **Utilização da Palha de Cana de Açúcar para Produção de Papel Artesanal.** IV Semana de Tecnologia do Curso de Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal, v.3, 2011.