

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CAMPO MOURÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MAIARA GÉA DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 10
USINAS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DO PARANÁ
NA SAFRA 2012/2013**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

MAIARA GÉA DE OLIVEIRA

**PANORAMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE 10
USINAS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DO PARANÁ
NA SAFRA 2012/2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental - COEAM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Ambiental - COEAM
Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO SOBRE O POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
10 USINAS SUCROALCOOLEIRAS NO PARANÁ NA SAFRA 2012/2013**

por

MAIARA GÉA DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 26 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Rodrigues Halmeman

Prof. MSc. Cristian Coelho Silva

Prof. MSc. Thiago Morais de Castro

“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por se fazer presente em toda minha jornada, não me desamparando em nenhum momento.

Agradeço a minha família, principalmente minha mãe Neusa Géa e a meu pai Dorival de Oliveira, que sempre me deram força e acreditaram no meu potencial, ao meu namorado Juliano Zampar de Castro que esteve sempre presente e me apoiando.

As minhas amigas, Thainara C.F. Quadros, Mariana Gato, Halana Freitas, Caroline Moreira, Camila Zanoni, Thaís Luana, Sara Góis e Bruna Paula que foram mais que amigas, foram minha segunda família e a melhor parte dessa jornada que está chegando ao fim.

Agradeço também a minha orientadora, pelo apoio e dedicação prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman.

RESUMO

OLIVEIRA, Maiara G. **POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 10 USINAS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DO PARANÁ NA SAFRA 2012/2013**. 2014. 44. Trabalho de Conclusão de Curso de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Estudos mostram que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, a biomassa da cana-de-açúcar vem se destacando não só pela produção de etanol, mas também pela geração de energia elétrica. A energia elétrica gerada no setor sucroalcooleiro é de grande importância ambiental, pois além de tornar o setor auto suficiente em energia ainda produz excedente. Outro fator importante é que a energia excedente entra no setor elétrico em meses que o país sofre com baixos índices pluviométricos, ajudando a poupar os reservatório das usinas hidrelétricas. Este trabalho tem por objetivo estimar a energia elétrica gerada em 10 usinas sucroalcooleiras do estado do Paraná na safra 2012/2013, através de cálculos. As 10 usinas processaram 24.475.828 toneladas de cana-de-açúcar, geraram 6.118.958 de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar, tiveram uma estimativa de área plantada de aproximadamente 352.642 hectares. Estima-se que as usinas produziram 2.349.679 MWh.ano⁻¹, sendo que desse total 1.958.066 MWh.ano⁻¹ pode ser vendido para concessionárias. O consumo residencial de eletricidade em 2012 no estado do Paraná conforme o Balanço Energético Nacional (2013) foi de 6.654.000 MWh, considerando a estimativa da produção de energia elétrica para exportação das 10 usinas analisadas, as mesmas poderiam contribuir com 1.958.006 MWh.ano⁻¹, aproximadamente 29% do consumo residencial, isso mostra o quanto a geração de energia elétrica do setor sucroalcooleiro é importante na matriz elétrica do Paraná. A classificação quanto o total de cana-de-açúcar processada, mostra que 5 das 10 usinas analisada foram classificadas como média alta. Uma classificação realizada pela Companhia Nacional de Abastecimento da região Centro-Sul, exceto o estado de São Paulo, na safra 2009/2010 apresenta 7 usinas classificadas como média alta, o que prova o quanto o estado do Paraná é representativo na produção de cana-de-açúcar no país.

Palavras-chave: energia. bagaço da cana-de-açúcar. matriz energética.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Maiara G. **POTENTIAL FOR ELECTRICITY PRODUCTION IN OLANTS SECTOR 10 SUGAR AND ETHANOL IN PARANÁ CROP IN 2012/2013**. 2014. 44. Labor Course Completion Bachelor of - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourao, 2014.

Studies show that Brazil is the largest producer of sugarcane in the world, the biomass of sugarcane has stood out not only for ethanol production, but also for the generation of electricity. The electricity generated in the biofuels industry is of great environmental importance, as well as become self sufficient in energy sector still produces surplus. Another important factor is that the excess energy entering the electricity sector in months that the country suffers from low rainfall, helping to save the reservoir of the hydroelectric plants. This study aims to estimate the electricity generated in 10 sugarcane mills in the state of Paraná in the 2012/2013 harvest, by calculation. The 10 plants processed 24.475.828 tonnes of sugarcane, generated 6.118.958 tons of sugar cane bagasse, had an estimated planted area of approximately 352.642 hectares. It is estimated that the plants produced 2.349.679 MWh / year, and of this total 1.958.066 MWh / year can be sold to utilities. The residential electricity consumption in 2012 in the state of Paraná as the National Energy Balance (2013) was 6.654 million MWh, considering the estimated production of electricity for export of 10 plants analyzed, they could contribute to 1.958.006 MWh / year, approximately 29% of residential consumption, it shows how the generation of electricity from sugarcane sector is important in the energy matrix of Paraná. The classification as the total sugar cane processed, shows that 5 of the 10 plants analyzed were classified as high average. A classification performed by the National Supply Company South-Central region, except the state of São Paulo, in 2009/2010 harvest has 7 plants classified as medium high, which proves how much the state of Paraná is representative in cane production sugar in the country.

Keywords: energy. bagasse from sugar cane. energy matrix.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico da Matriz de Energia Elétrica.....	12
Figura 2: Gráfico da Evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012.....	15
Figura 3: Gráfico da Evolução da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012.....	15
Figura 4: Gráfico da Evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012.....	16
Figura 5: Gráfico da Porcentagem por região da produção de cana-de-açúcar na safra de 2012/2013.....	17
Figura 6: Evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Paraná.....	20
Figura 7: Produção de Açúcar e Etanol.....	22
Figura 8: Processo de Geração de Energia Elétrica e Vapor em uma Usina Sucroalcooleira.....	23
Figura 9: Mapa de localização das usinas.....	25
Figura 10: Gráfico de Comparação do total de cana-de-açúcar processada, na safra 2012/2013, entre os estados que mais produziram e as usinas paranaenses em estudo.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das usinas sucroalcooleira quanto ao total de cana-de-açúcar processada.....	27
Tabela 2: Classificação das usinas sucroalcooleira quanto ao total de cana-de-açúcar processada.....	28
Tabela 3: Estimativa da quantidade de bagaço de cana-de-açúcar gerado e energia elétrica produzida nas usinas na safra 2012/2013.....	30
Tabela 4: Estimativa da quantidade energia elétrica produzida pelas usinas para exportação na safra 2012/2013.....	31
Tabela 5: Classificação das usinas em estudo na safra 2012/2013.....	33
Tabela 6: Comparação entre as 10 usinas do estado do Paraná com as usinas do estado de São Paulo.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 BIOMASSA.....	12
3.1.1 Cana-de-açúcar.....	13
3.2 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL	14
3.2.1 Setor Sucroalcooleiro no Paraná.....	19
3.3 PROCESSO PRODUTIVO DO AÇÚCAR E ETANOL.....	21
3.4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM USINAS SUCROALCOOLEIRAS	22
4 MATERIAIS E MÉTODO	25
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DOS DADOS	26
4.3 PROCEDIMENTO PARA QUANTIFICAR O BAGAÇO GERADO, A QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA E A CLASSIFICAÇÃO DAS USINAS.....	26
4.3.1 Cálculo para estimar a quantidade de bagaço	26
4.3.2 Cálculo para estimar a quantidade de energia elétrica	26
4.3.3 Procedimento para classificação das usinas quanto ao total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DO TOTAL DE CANA-DE-AÇÚCAR PROCESSADA	28
5.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	30
5.3 CLASSIFICAÇÃO DAS USINAS	32
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Estudos mostram que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, na safra 2011/2012 produziu 490 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. O país se destaca pelo forte componente renovável de sua matriz energética, sendo mais de 47% da energia consumida proveniente de fontes renováveis. A cana-de-açúcar, matéria prima para a produção de bioeletricidade, é a segunda maior fonte de energia do país (UNICA, 2013).

A biomassa da cana-de-açúcar vem se destacando no Brasil não só pela produção de etanol, mas pelos seus subprodutos como o bagaço e a palhaça da cana, que possuem elevados teores de materiais lignocelulósicos, fazendo com que se tornem matérias-primas capazes de produzir energia (DIAS et al., 2009).

Com a demanda de energia elétrica crescendo em grandes proporções, a busca por melhorias no sistema energético e a procura por novas fontes de energia têm aumentado (DANTAS, 2010).

A utilização de biomassa de diferentes tipos para geração de energia elétrica contribui para a diversificação da matriz energética do país, além de proporcionar a possibilidade de produção de energia em regiões onde não há disponibilidade de recursos hídricos.

O combustível produzido através da cana-de-açúcar teve uma importante contribuição social e econômica na substituição parcial da gasolina pelo álcool, além de ser uma importante medida para a preservação do meio ambiente (LELLIS, 2007).

Segundo a Aneel (2014) a biomassa contribui com 8,14% da matriz de energia elétrica, sendo o bagaço de cana a biomassa mais utilizada, com 6,76%. O bagaço da cana-de-açúcar que antes era considerado um resíduo industrial, hoje se tornou um combustível com propriedades adequadas para geração de energia, considerando que o custo é mínimo e o poder calorífico é significativo para uso energético (BASQUEROTTO, 2010).

A energia elétrica gerada no setor sucroalcooleiro tem uma importância ambiental considerável, pois além de tornar o setor auto suficiente em energia ainda produz excedente. Outro fator importante é que a energia excedente entra no setor elétrico em meses que o país sofre com baixos índices pluviométricos, ajudando a poupar os reservatório das usinas hidrelétricas (SOUZA, 2002).

As fontes que compõem a matriz de energia elétrica do Paraná é a hidráulica, o gás natural, o petróleo, a biomassa, o carvão mineral e a eólica. A biomassa está em segundo lugar, destacando-se a utilização do bagaço de cana-de-açúcar como combustível para geração térmica e elétrica, totalizando 23 usinas em operação (ANEEL, 2014).

O objetivo do trabalho foi estimar a quantidade de energia elétrica gerada pelas 10 usinas sucroalcooleiras do Paraná, na safra 2012/2013.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar a quantidade de energia elétrica gerada por 10 usinas sucroalcooleiras localizadas no estado do Paraná, na safra 2012/2013.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento quantitativo do total de cana-de-açúcar processada pelas 10 usinas, na safra 2012/2013;
- Estimar o total de bagaço de cana-de-açúcar gerado pelas 10 usinas e estimar o total de energia elétrica produzida, na safra 2012/2013, e
- Classificar as usinas conforme total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013 de acordo com Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BIOMASSA

Biomassa é todo recurso renovável que provêm de matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, tendo a produção de energia como objetivo principal. O aproveitamento da biomassa pode ser feito diretamente, por meio da combustão em fornos, caldeiras, etc. É bastante utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração (MMA, 2013).

De acordo com a Aneel (2014) as fontes que constituem a matriz de energia elétrica brasileira é a hidráulica, o gás natural, o petróleo, a biomassa, a nuclear, o carvão mineral e a eólica, Figura 1.

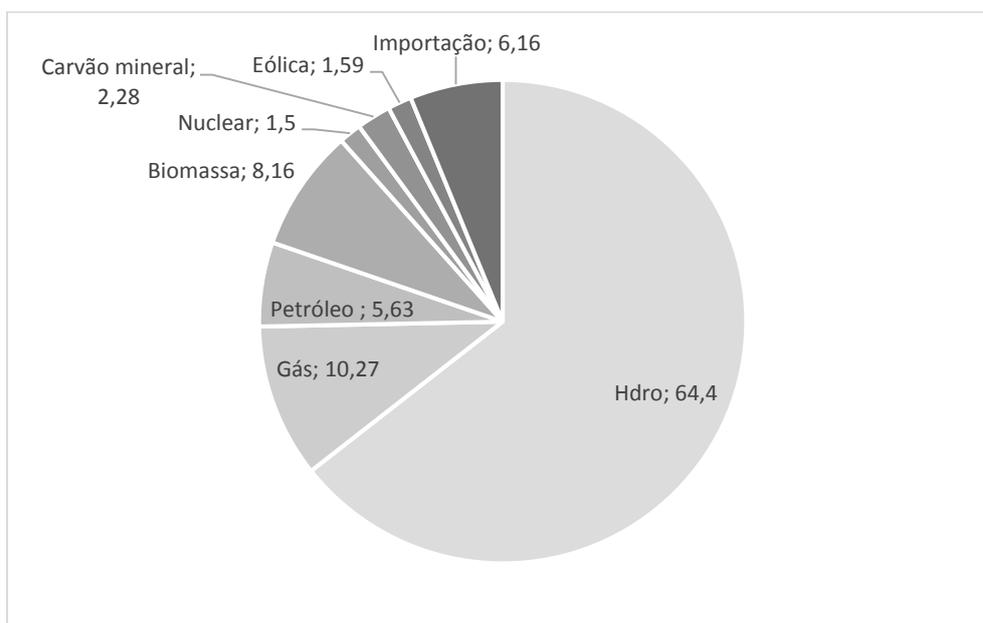


Figura 1: Gráfico Matriz de Energia Elétrica
Fonte: Adaptado de Aneel (2013).

A biomassa constitui 8,15% da matriz energética, e se subdivide entre o bagaço de cana (6,77%); licor negro (0,98%); madeira (0,32%); biogás (0,06%), e casca de arroz (0,03%) (ANEEL, 2014).

Segundo Innocente (2011) as fontes de energia renovável se tornarão competitivas em relação aos combustíveis fósseis por volta de 2020, esse fato agregará mais vantagens na produção de energia proveniente da biomassa. Essa

produção já possui muitas vantagens como, contribui para o desenvolvimento sustentável do país, colaborando com o suprimento de energia a comunidades isoladas, principalmente nas regiões Norte e Centro Oeste do país, além de diversificar a matriz energética brasileira e por muitas vantagens ambientais (GENOVESE et al., 2006).

3.1.1 Cana-de-açúcar

A cultura de cana-de-açúcar foi introduzida ao Brasil no período colonial e se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira, trazida de Portugal se desenvolveu no Nordeste através de engenhos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2013 e UDOP, 2013).

Essa planta tropical (*Saccharum*) pertencente à família das gramíneas ou poáceas (GONZAGA, 2012). Teve sua origem na Ásia, mas se adaptou bem no Brasil, pois é própria para climas tropicais e subtropicais. Pode ser empregada in natura, sob a forma de forragem, para alimentação animal ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool (MACHADO, 2008).

Segundo a Copersucar (2010) a composição média da cana-de-açúcar compreende um teor de 65 a 75% de água, 11 a 18% de açúcares, 8 a 14% de fibras e 12 a 13 % de sólidos solúveis. Apresentando uma ótima fisiologia, a cana-de-açúcar pertencente ao grupo de plantas C4, esse grupo possui elevada eficiência fotossintética na transformação de CO₂ (dióxido de carbono) em biomassa (MAGRO et al., 2011).

O clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e consequentemente acúmulo de sacarose nos colmos (MACHADO, 2008).

A produção de cana-de-açúcar teve como principal meta atender o mercado interno e/ou externo do açúcar e do álcool, mas pouca atenção é dedicada ao aproveitamento comercial de seus resíduos ou subprodutos, esse fato é atribuído provavelmente ao desconhecimento de uma aplicação mais ampla, não apenas bagaço, vinhoto ou vinhaça, torta de filtro e levedura (PELLEGRINI, 2002).

Segundo Felipe (2008) a cana-de-açúcar tem uma produtividade entre 70 a 120 toneladas/hectare, cada tonelada produz cerca de 120 kg de açúcar ou

aproximadamente 70 litros de etanol. A moagem de 1 tonelada de cana-de-açúcar gera em média 250 kg de bagaço e 200 kg de palha e pontas, biomassas que podem ser utilizadas na cogeração de energia elétrica. O poder calorífico do bagaço da cana-de-açúcar é aproximadamente 1850 kcal/kg (50% de água), uma tonelada de bagaço gera aproximadamente 400 kWh e uma tonelada de palha 500 kWh de energia (ENERGISA, 2013 ; PELLEGRINI, 2002).

3.2 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL

A agroindústria canavieira brasileira se desenvolveu em meio a intervenções governamentais. Em 1933 foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), pelo Governo Vargas, onde o Estado ajudava na solução de problemas econômicos (MEIRA, 2007).

Segundo Melo (2010) a partir de 1970, o setor sucroalcooleiro deixou de ser exclusivamente direcionado para a produção de alimentos e começou a se voltar para o setor energético, com a criação do Programa Nacional do Alcool (Próalcool), criado em 1975, com o objetivo de começar a substituir o petróleo por álcool.

De acordo com Veiga e Ramos (2006) o Próalcool pode ser dividido em quatro fases, a primeira fase, 1975 a 1978, foi o incentivo no aumento da produção de etanol, devido a esse incentivo destilarias começaram a ser anexadas às usinas de cana-de-açúcar. A segunda fase iniciou-se em 1979, nessa fase ocorreu a implantação de destilarias autônomas, a terceira fase foi onde ocorreu uma superprodução de etanol, o que acarretou na baixa dos preços. E a quarta fase, após o ano 2000, iniciou-se com a renovação do Próalcool.

A produção de cana-de-açúcar no Brasil seguiu progredindo ao passar dos anos, do ano de 1980 até 2013 aumentou significativamente, passou de 123.681 mil toneladas para 588.478 mil toneladas, colocando o país em primeiro lugar na produção mundial de cana-de-açúcar, contribuindo com 31,4% da produção mundial seguido pela Índia 7,4% e pelo México 3,7% (NEVES, 2009; UNICA, 2013).

Um levantamento realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e pela Secretaria de Agroenergia (2012), mostra a evolução e produtividade da cana-de-açúcar no Brasil em sete anos, do ano de 2005 até o ano de 2012. A área plantada de cana-de-açúcar nesse período de tempo se apresenta

crescente (Figura 2), a produtividade apresentou um decréscimo na safra de 2010/2011 e na de 2011/2012 (Figura 3) e a produção também apresentou um decréscimo na safra de 2011/2012 (Figura 4).

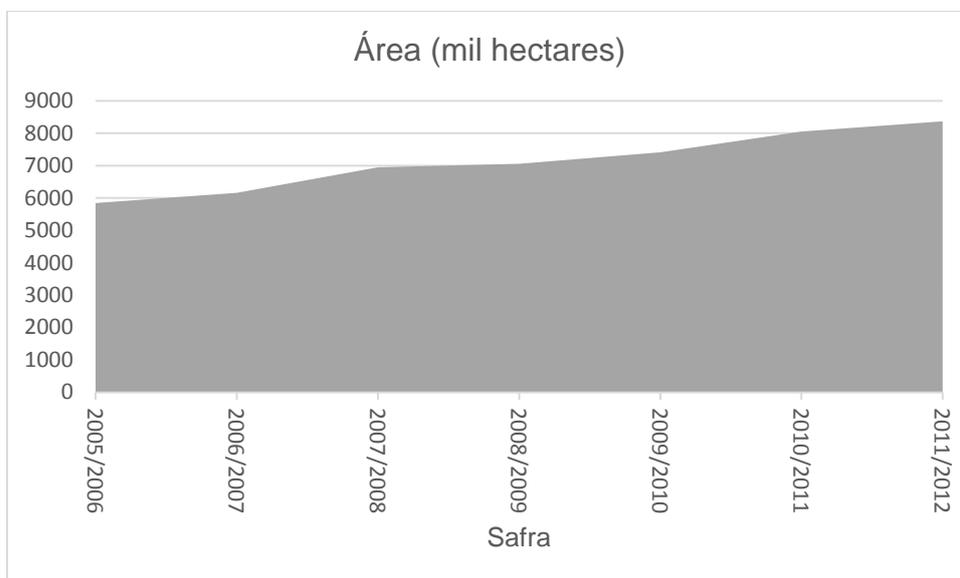


Figura 2: Evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Secretaria de Agroenergia, (2012)

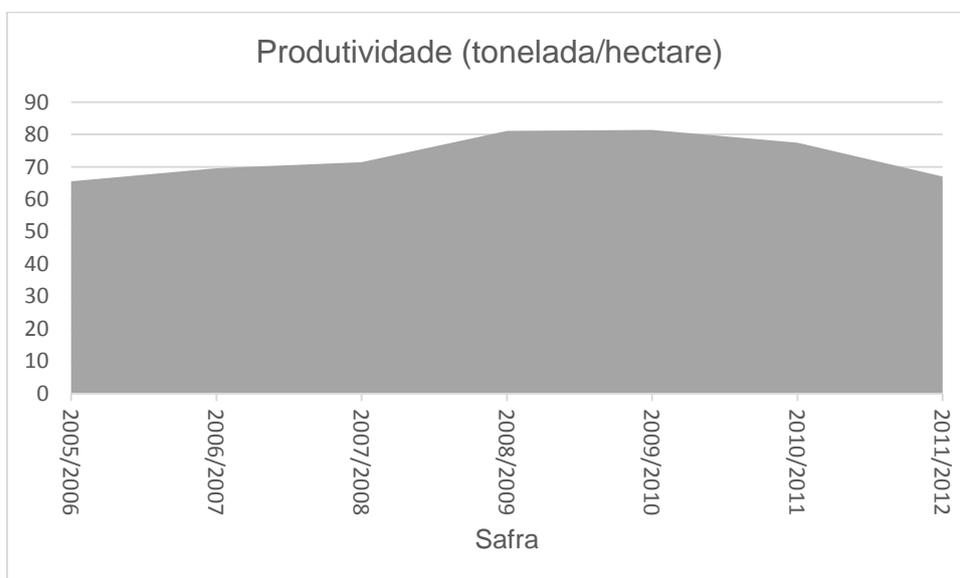


Figura 3: Evolução da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Secretaria de Agroenergia, (2012)

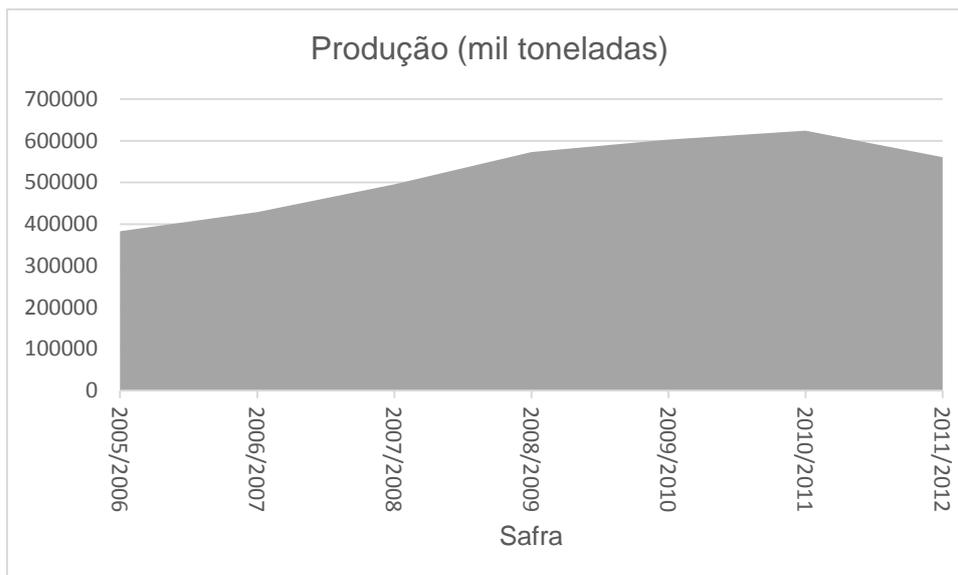


Figura 4: Evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil desde o ano de 2005 até o ano de 2012

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Secretaria de Agroenergia, (2012)

A produção de açúcar cresceu consideravelmente, no ano de 2005 o Brasil produziu 25.823 mil toneladas e no ano de 2012 a produção foi de 38.006 mil toneladas e a produção de etanol quase dobrou nesse mesmo período de tempo, passou de 15.821 mil m³ em 2005, para 27.376 mil m³ em 2012 (UNICA, 2013).

A safra 2010/2011 foi prejudicada por um clima muito seco, do mês de abril até o final do mês de agosto as chuvas estiveram abaixo da média histórica nos principais centros de produção de cana-de-açúcar. As condições climáticas na safra 2011/2012 também não foram favoráveis além da seca do ano anterior ocorreram geadas (CONAB, 2011).

A área destinada ao setor sucroalcooleiro é de 8.485 mil hectares, o Estado de São Paulo é o maior produtor com 4.419,48 mil hectares (52,7%), seguido por Goiás com 725,91 mil hectares (8,55%), Minas Gerais com 721,88 mil hectares (8,51%), Paraná com 610,83 mil hectares (7,20%), Mato Grosso do Sul com 542,70 mil hectares (6,34%), Alagoas com 445,71 mil hectares (5,25%) e Pernambuco com 312,09 mil hectares (3,68%) nos outros estados produtores aparecem com áreas abaixo de 3% (CONAB, 2013).

O Sudeste brasileiro é a região em destaque na produção canavieira, e na safra de 2012/2013 produziu 383.806,3 mil toneladas de cana-de-açúcar, seguido do Centro-Oeste com 104.819,5 mil toneladas, o Nordeste com 66.702,1 mil toneladas,

o Sul com 43.388,3 mil toneladas e por último o Norte com 3.465,3 mil toneladas (CONAB, 2012). A Figura 5 apresenta porcentagem da produção de cana-de-açúcar em cada região brasileira na safra de 2012/2013.

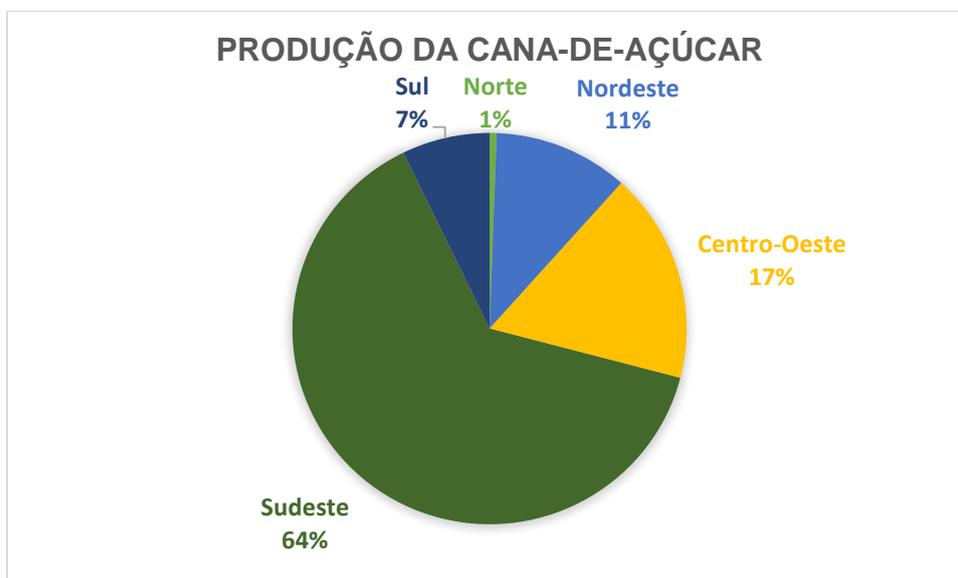


Figura 5: Porcentagem por região da produção de cana-de-açúcar na safra de 2012/2013
 Fonte: Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento, 2012.

A produção brasileira de açúcar e etanol na safra 2012/2013 foi respectivamente 38.246 mil toneladas e 23.217 mil m³, sendo a região Centro-Sul a responsável pela maior produção, com aproximadamente 34.097 mil toneladas de açúcar e 21.362 mil m³ de etanol, já a região Norte-Nordeste teve uma pequena participação nessa produção com 4.149 mil toneladas de açúcar e 1.855 mil m³ de etanol (UNICA, 2013).

O Brasil exporta bastante produtos derivados da cana-de-açúcar, mas de acordo com o jornal Nova Cana (2014) a exportação de etanol caiu 4,74% de 2012 para 2013, já a de açúcar bruto subiu 10,50% e a de açúcar refinado 15,64%.

Como visto anteriormente o país é um grande produtor de cana-de-açúcar e com isso gera prejuízos ambientais, um desses prejuízos são as queimadas de cana-de-açúcar, segundo PEROSA et al, (2012) o protocolo agroambiental do estado de São Paulo foi criado em 2007 visando complementar a legislação em vigor que previa a diminuição das queimadas e a produção sustentável da cana-de-açúcar, esse acordo surgiu de uma coalizão de interesses públicos e privados, foi um acordo entre a Secretaria da Agricultura, Secretaria do Meio Ambiente, Organização dos

Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA) e União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA). Tendo como justificativa para a extinção das queimadas, reduzir os impactos das atividades canavieiras sobre as populações vivendo próximas das plantações e também com o fim das queimadas seria uma estratégia para atingir o mercado externo, principalmente os Estados Unidos e União Europeia.

O protocolo refere-se a (Lei 11.241/2002) exige a antecipação de 2021 para 2014 a obrigação da mecanização nas áreas consideradas “mecanizáveis” (declividade menor que 12%) e a antecipação de 2031 para 2017 da obrigação da mecanização das áreas com (declividade maior que 12%). Vale ressaltar que diferente da Lei preexistente, o protocolo é um acordo de intenções, sem possibilidade de punição legal em caso de descumprimento, o único incentivo do governo para quem cumpri o protocolo é o “Selo Agroambiental” (PEROSA, 2012).

A monocultura da cana-de-açúcar não tem só pontos negativos, afinal o setor sucroalcooleiro no Brasil se destaca por ser auto-suficiente em termos energéticos, o bagaço da cana-de-açúcar utilizado nas usinas supre 98% das necessidades energética (CORREA e RAMON, 2002).

As usinas brasileiras geram energia elétrica utilizando o bagaço da cana-de-açúcar e há uma terminologia usada no setor elétrico brasileiro que diferencia dois tipos de cogeneradores. O primeiro tipo é denominado Autoprodutor de Energia Elétrica (APE) e está descrito através do 2º Artigo do Decreto 2.003 de 10/09/96 (BRASIL). Esse tipo de cogenerador caracteriza-se como pessoa física, jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir energia elétrica para consumo próprio, dentro dessa categoria se enquadram as usinas sucroalcooleiras produtoras de energia elétrica destinada ao consumo da planta industrial.

O Decreto 2.655/1998 concede permissão aos autoprodutores para comercializar a energia produzida que exceder o consumo de sua planta industrial (BRASIL). Essa comercialização deve obedecer à prévia autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica, Aneel, e caracterizar-se pela sua eventualidade.

O segundo tipo de cogenerador é denominado Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) e foi instituído através da Lei 9.074/95, caracterizando pessoa jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir, regularmente, energia elétrica parcialmente ou na sua totalidade destinada ao comércio por sua responsabilidade e risco (BRASIL).

De acordo com a Aneel (2014) há 472 usinas de biomassa no Brasil, sendo 381 de cana-de-açúcar. Elas são classificadas em Autoprodução de Energia Elétrica (APE), Produção Independente de Energia Elétrica (PIE) e Registro (REG), das 381 usinas de biomassa de cana-de-açúcar 193 são PIE, 68 são APE, 119 são REG e 1 está como não identificada. O Paraná possui 23 usinas de cana-de-açúcar, dessas 23 usinas 7 são APE, 9 são PIE e 7 são REG (ANEEL, 2014).

3.2.1 Setor Sucroalcooleiro no Paraná

O Paraná começou a se fortificar no setor canavieiro a partir da criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em 1933, esse instituto tem como objetivo ajudar as agroindústrias através de financiamento para produção de açúcar. Em consequência disso, a cultura canvieira, na década de 1940 ocupou espaços agrícolas no Norte do Paraná. Em 1970 o governo criou o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), o que foi mais um incremento no setor canavieiro, pois esse programa estimulou a construção de usinas e destilarias de álcool, o Paraná se inseriu no Proálcool e passou a ter um aumento significativo na produção (RIBEIRO; ENDLICH, 2010).

De acordo com a Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (2014) a cana-de-açúcar é um dos principais produtor agrícolas do Estado, sendo sua maior safra no período 2008/2009. Hoje o Paraná está entre os maiores produtores no setor agroindustrial canavieiro, essa produção se concentra quase que totalmente no Norte do Estado, atualmente com 23 usinas e 7 destilarias com impacto econômico sobre 142 municípios, proporcionando 80 mil empregos diretos (ALCOPAR, 2013).

Em 21 anos o Estado do Paraná teve uma grande evolução no setor sucroalcooleiro, do ano de 1990 até o ano de 2011 a área destinada a plantação de cana-de-açúcar praticamente triplicou, na safra de 1991/1992 eram 179.684 hectares e na safra de 2010/2011 esse número subiu para 586.423 hectares (ALCOPAR, 2014).

A quantidade de cana-de-açúcar processada no Estado em 21 anos também aumentou, no ano de 1990 foram processadas 10.862.957 toneladas de cana-de-açúcar e no ano de 2011 esse valor aumentou para 43.320.724 toneladas. A produção

de açúcar e etanol em 1990 foi de respectivamente 221.113 toneladas e 627.079 m³ e em 2011 a produção aumentou para 3.002.089 toneladas de açúcar e 1.619.337 m³ de etanol (ALCOPAR, 2014).

Na safra de 2012/2013 o Paraná produziu 39.729 mil toneladas de cana-de-açúcar, 3.086 mil toneladas de açúcar e 1.299 m³ de etanol (ÚNICA, 2013).

A moagem de cana-de-açúcar no Paraná vem oscilando nos últimos anos, da safra 2007/2008 até a safra de 2012/2013 os valores variaram entre 39 mil toneladas a 45 mil toneladas (UNICA, 2014).

A área plantada de cana-de-açúcar pelo Estado do Paraná na safra 2012/2013 foi de 610.830 hectares (CONAB, 2013). Essa área apresentou um crescimento de aproximadamente 66%, desde a safra 2006/2007 até 2012/2013 (ALCOPAR, 2014), conforme o Figura 6.

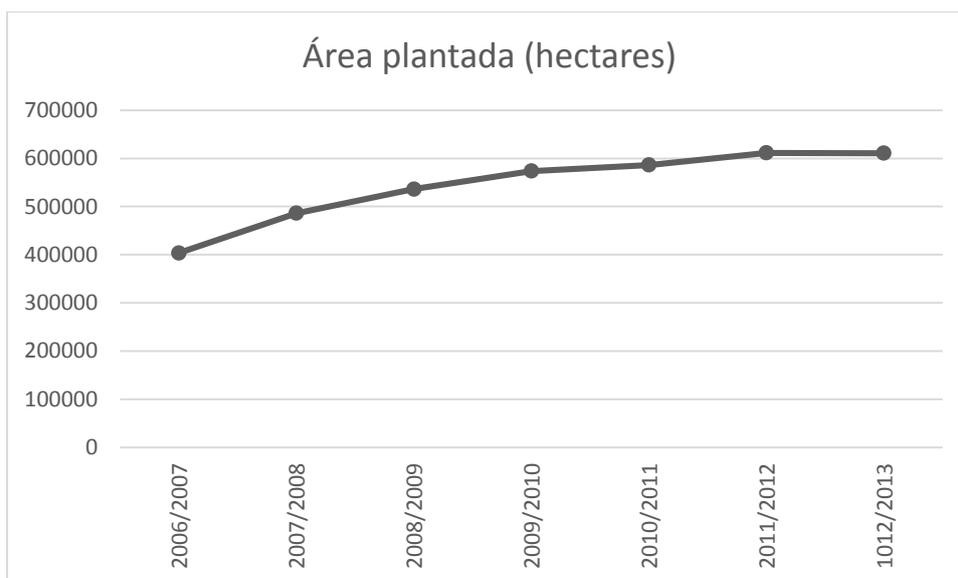


Figura 6: Gráfico da Evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Paraná.
Fonte: Adaptado de Associação de Produtores de Bioenergia, 2014.

O Estado gera em torno de 204,8 kwh de energia elétrica por tonelada de bagaço queimado, utiliza para consumo próprio 85,9 kwh de energia elétrica por tonelada de bagaço queimado e vende 118,9 kwh de energia elétrica por tonelada de bagaço queimado (CONAB, 2011).

3.3 PROCESSO PRODUTIVO DO AÇÚCAR E ETANOL

O processo produtivo da cana-de-açúcar começa com a escolha de variedades de acordo com as condições de solo e clima, buscando produtividade e resistência a pragas existem mais de 600 variedades de cana no Brasil. O uso de fertilizantes é reduzido, porque os resíduos do processamento da cana são reutilizados no campo, a chamada torta de filtro, rica em fósforo, é recuperada na usina e usada na lavoura como adubo orgânico. Mudanças desenvolvidas especialmente para o plantio são distribuídas por máquinas projetadas para essa finalidade, as mudas são toletes, ou pedaços de cana, que são utilizadas como sementes (UNICA, 2012).

Depois de colhida a cana é perecível, e deve chegar o mais cedo possível à usina para evitar perda de qualidade, a carga é transferida para uma esteira que transposta a cana até a moagem. O caldo produzido na moagem da cana é utilizada para produzir açúcar e etanol, a maioria das 430 usinas pode produzir os dois, a proporção de um e de outro produto varia de acordo com condições de mercado e aspectos técnicos. O caldo da primeira e segunda moagem são os mais ricos em sacarose e esse caldo é encaminhado para a produção de açúcar. O primeiro passo é o tratamento químico para purificação, seguido de evaporação e cozimento, nesse ponto a sacarose já está cristalizada, em uma centrífuga, os cristais de açúcar são separados do melaço, que posteriormente pode ser fermentado para a produção de etanol. Os cristais seguem para secadores, são peneirados e armazenados, são 15 horas de processamento entre a chegada de cana na usina e o armazenamento (UNICA, 2012). A Figura 7 representa o processo produtivo do açúcar e do etanol.

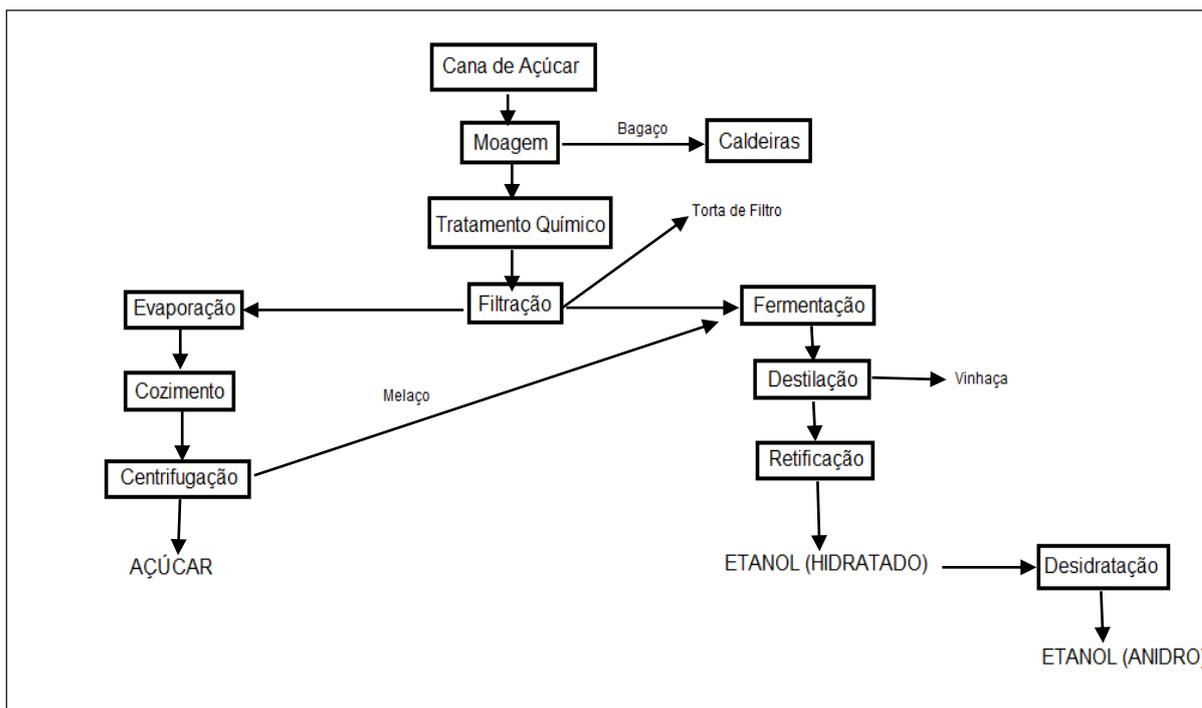


Figura 7: Produção de Açúcar e Etanol
Fonte: Adaptado de SEABRA (2008)

A partir da produção de açúcar e etanol são obtidos diversos materiais, como a torta de filtro e a vinhaça, que podem ser utilizados como fertilizantes. A torta de filtro é um resíduo que consiste em uma mistura de bagaço moído e lodo da decantação, é um composto orgânico que é rico em cálcio, nitrogênio e potássio (SANTOS, et al., 2010). A composição da vinhaça tem alto teor de matéria orgânica, o que viabiliza sua aplicação como fertilizante, pode ser usada na fertirrigação (PENHABEL, 2008).

3.4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM USINAS SUCROALCOOLEIRAS

Há alguns anos atrás as usinas dedicavam-se apenas a produção de açúcar e etanol e as centrais de geração de energia eram, pouco eficientes, gerando apenas energia necessária para consumo interno da indústria, não havia geração excedente. Hoje a energia elétrica é considerada como um subproduto da usina (SANTOS, 2012).

A maioria das usinas operam 5.563 horas por ano, período da safra (CENBIO, 2011). No setor sucroalcooleiro a produção de energia elétrica baseia-se em uma central termelétrica, que é basicamente a conversão de energia térmica em energia mecânica e desta em energia elétrica. A queima da biomassa gera energia térmica, quando queimado o bagaço (biomassa) aquece a água que está disponibilizada na

caldeira até gerar o vapor (em alta pressão), esse vapor é transferido para uma turbina. O vapor se expande quando a pressão baixa na turbina (descompressão do vapor), o que promove o acionamento mecânico de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina a vapor, produzindo energia elétrica (SOUZA, 2003).

O vapor de escape, que é o vapor que sai da turbina, é destinado ao processo de fabricação de açúcar e álcool. Se houver sobra o vapor vai para o condensador no qual o calor é retirado e se obtém afluentes líquidos. Os efluentes são bombeados de volta a caldeira, fechando o ciclo (SOUZA, 2003).

A Figura 8 apresenta o processo de geração de energia elétrica e vapor em uma usina sucroalcooleira.

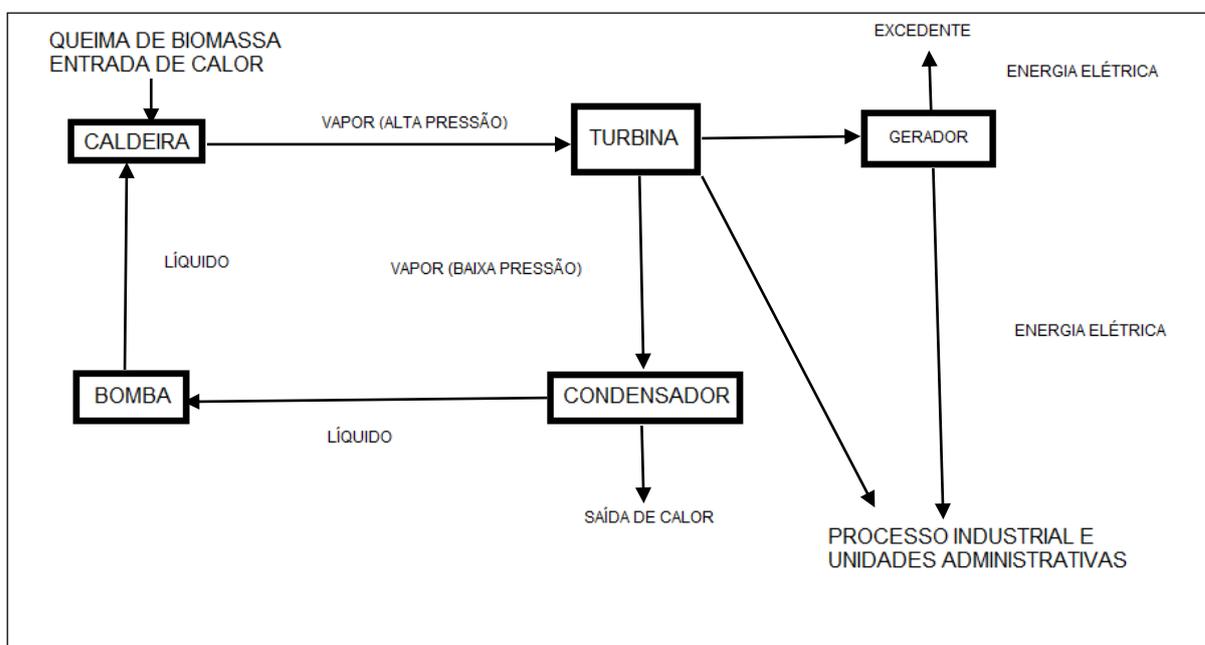


Figura 8: Processo de Geração de Energia Elétrica e Vapor em uma Usina Sucroalcooleira
Fonte: Adaptado de SANTOS 2012

O vapor alcança as turbinas, que podem ser de simples ou múltiplos estágios, quando alcança as turbinas esse vapor é transformado em energia mecânica, que promoverá a movimentação das moendas de cana-de-açúcar. Quando a energia mecânica passa pelos geradores ela é transformada em energia elétrica. O vapor de alta pressão, que é de aproximadamente 2,2 kg de vapor por kg de bagaço, produzido pela queima do bagaço em caldeiras é expandido até cerca de 1,5 kgf.cm⁻¹ em turbinas, para conversão termomecânica. Parte das turbinas movimentam equipamentos como turbo bombas, preparo e moagem de cana, e outra parte,

movimenta geradores, produzindo energia elétrica (consome-se aproximadamente 13 KgV para a produção de 1 kWh em turbinas de múltiplo estágio). O vapor de baixa pressão, por sua vez, é utilizado em processos térmicos na produção de álcool e açúcar (400 a 500 KgV.TC⁻¹) (ALVES, 2006).

De acordo com Pellegrini (2002) há duas tecnologias bastante empregadas nas indústrias de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica, o ciclo Rankine e o ciclo Brayton.

No ciclo Rankine a biomassa é queimada em uma caldeira, gerando vapor, este vapor movimenta uma turbina que aciona um turbogerador através de uma ligação mecânica, produzindo energia elétrica. Após passar pela turbina o vapor é condensado cedendo calor à água do resfriamento, que retorna a caldeira. A queima do bagaço resulta em gases que pré-aquecem o ar de combustão e separa os sistemas de remoção de particulados e posteriormente são emitidos pela chaminé (MENEGUELLO, 2006).

E no ciclo Brayton é um processo de gaseificação integrada com ciclo combinado (BIG STIG), nesse processo a biomassa é picada e seca e posteriormente alimenta o gaseificador, onde é queimada por meio de reação com o ar e oxigênio ou ar enriquecido. Para a geração de energia elétrica o gás é queimado em uma turbina acoplada a um gerador, que opera segundo o ciclo combinado Brayton. Posteriormente os gases de exaustão são conduzidos a uma caldeira de recuperação, onde são queimados para a geração de vapor que irá expandir em uma turbina que opera em ciclo Rankine (convencional), acoplada a outro gerador produzindo energia elétrica adicional. Os gases são lançados na atmosfera após passarem pela coleta de material particulado e pela chaminé (MENEGUELLO, 2006).

Usinas que utilizam a tecnologia de contrapressão, com pressão de operação de 22 bar/300°C, operam somente durante a safra e geram energia elétrica excedente de no máximo 10 kWh.tonelada⁻¹ de cana-de-açúcar. Tecnologia de contrapressão com pressão de operação de 80 bar/480°C, opera também somente durante a safra e geram 40 kWh/tonelada de cana-de-açúcar de energia elétrica (LAMONICA, 2007).

A tecnologia convencional de condensação com pressão de operação de 80bar/480°C, as usinas que utilizam essa tecnologia operam durante todo o ano, gerando 100 kWh.tonelada⁻¹ de cana-de-açúcar de energia elétrica excedente (LAMONICA, 2007).

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em 10 usinas sucroalcooleiras localizadas no estado do Paraná, conforma a Figura 9. O Paraná ocupa uma área de 199.880 km², situa-se na Região Sul do País, faz divisa com os estados de São Paulo, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul e é fronteira da Argentina e do Paraguai e limite com o Oceano Atlântico (IPARDES, 2014).

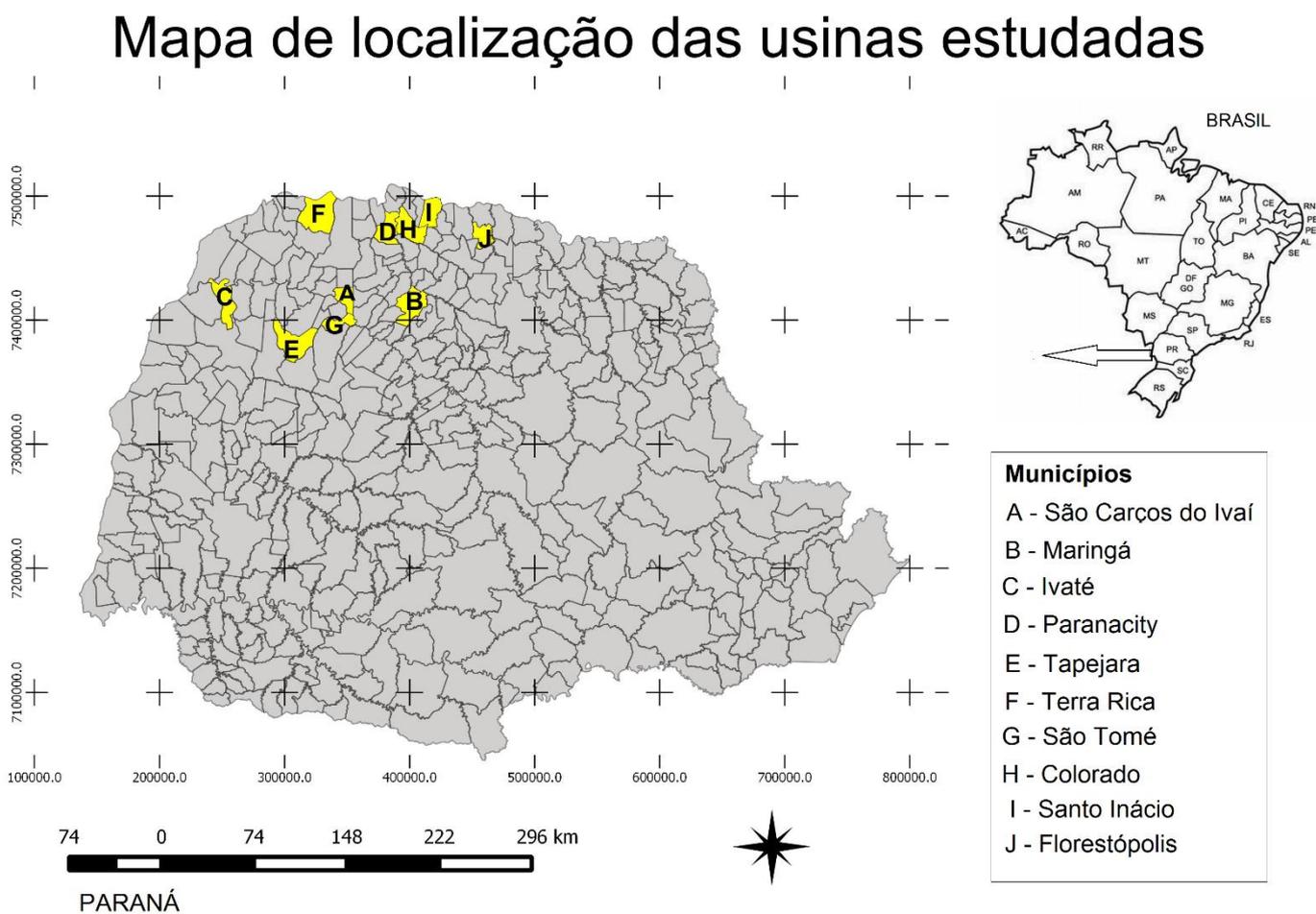


Figura 9: Mapa de localização das usinas

4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DOS DADOS

Com o intuito de obter dados a respeito do total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013, o procedimento de coleta dos mesmos consistiu em estabelecer contato com as usinas, e os dados foram fornecidos via e-mail.

4.3 PROCEDIMENTO PARA QUANTIFICAR O BAGAÇO GERADO, A QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA E A CLASSIFICAÇÃO DAS USINAS

4.3.1 Cálculo para estimar a quantidade de bagaço

Através do total de cana-de-açúcar moída, verificou-se o total de bagaço de cana-de-açúcar gerado.

Para quantificar o bagaço gerado pelas usinas sucroalcooleiras considerou-se, segundo Paoliello (2006), que 1 tonelada de cana-de-açúcar gera em média 250 kg de bagaço, utilizando a Equação 1 (SILVA, 2013):

$$B_t = M.C. * 0,25 \quad (1)$$

Onde,

B.t.: Bagaço total gerado, pela usina (tonelada);

M.C.: Moagem de cana-de-açúcar (tonelada), e

0,25: Coeficiente de bagaço gerado por tonelada de cana.

4.3.2 Cálculo para estimar a quantidade de energia elétrica

Para calcular a energia elétrica que as usinas paranaenses em estudo podem gerar com o processamento de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013, foi considerado, que as usinas utilizam equipamentos modernos e eficientes, produzindo 96 kWh por tonelada de cana-de-açúcar, e que o sistema opere somente durante a safra, totalizando 5.563 horas de operação por ano.

Para a realização da estimativa foi usada a Equação 2, de acordo com (KITAYAMA, 2008):

$$E.E. (kWh. ano^{-1}) = (T_c * 96 kWh.ton^{-1}) \quad (2)$$

Onde,

E.E.: Energia Elétrica gerada (kilowatts hora por ano);

T.c.: Tonelada de cana-de-açúcar.

4.3.3 Procedimento para classificação das usinas quanto ao total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013

As usinas foram classificadas quanto ao total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação das usinas sucroalcooleira quanto ao total de cana-de-açúcar processada.

Classificação	Cana-de-açúcar Processada (toneladas)
Muito Grande	Moagem acima de 5 milhões de toneladas
Grande	Moagem entre 4 e 5 milhões de toneladas
Média Alta	Moagem entre 3 e 4 milhões de toneladas
Média	Moagem entre 2 e 3 milhões de toneladas
Pequena	Moagem entre 1 e 2 milhões de toneladas
Muito Pequena	Moagem abaixo de 1 milhão de toneladas

Fonte: Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DO TOTAL DE CANA-DE-AÇÚCAR PROCESSADA

O setor sucroalcooleiro no Paraná começou a se fortalecer por volta de 1933 através de incentivos do governo, desde então o estado está entre os maiores produtores de cana-de-açúcar do país.

A Tabela 2 apresenta o total de cana-de-açúcar processada nas 10 usinas estudadas na safra 2012/2013.

Tabela 2: Total de cana-de-açúcar processada nas 10 usinas na safra 2012/2013

Usina	Município	Cana-de-açúcar processada (toneladas)
A	São Carlos do Ivaí – Paraná	3.100.000
B	Iguatemi – Paraná	1.650.166
C	Ivaté – Paraná	3.634.000
D	Paranacity – Paraná	2.500.000
E	Tapejara – Paraná	3.091.000
F	Terra Rica – Paraná	1.720.000
G	São Tomé – Paraná	965.548
H	Colorado – Paraná	3.677.300
I	Santo Inácio - Paraná	3.001.095
J	Florestópolis – Paraná	1.136.719
Total		24.475.828

O total de cana processada pelas usinas em estudo foi 24.475.828 toneladas e representou aproximadamente 4,15% do total de cana-de-açúcar processada no Brasil, na mesma safra, que foi 588.478.000 toneladas de cana-de-açúcar.

O valor do total de cana-de-açúcar processada nas usinas quando comparado com a moagem do Estado de São Paulo na mesma época, se torna inferior, pois segundo a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (2014) o estado processou 329.923.000 toneladas de cana-de-açúcar, ficando em primeiro lugar no *Ranking* de produção, seguido pelo Estado de Goiás que ocupa o segundo lugar com 52.727.000

toneladas de cana-de-açúcar processada e em terceiro lugar aparece o Estado de Minas Gerais com 51.759.000 toneladas de cana-de-açúcar processada.

O total de cana-de-açúcar processada pelas 10 usinas paranaenses se aproxima do total de cana-de-açúcar processada nos estados de Goiás e Minas Gerais, mas comparado com o estado de São Paulo apresenta-se muito inferior, conforme Figura 10.

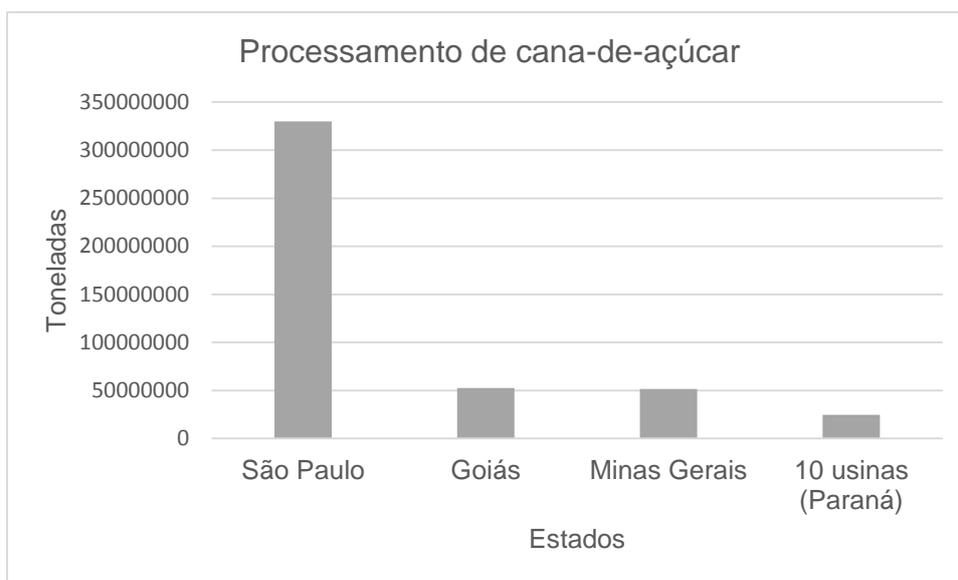


Figura 10: Gráfico de Comparação do total de cana-de-açúcar processada, na safra 2012/2013, entre os estados que mais produziram e as usinas paranaenses em estudo.
Fonte: Adaptado União da Indústria de Cana-de-Açúcar, 2014.

Em relação a produtividade da cana-de-açúcar a Companhia Nacional de Abastecimento (2013) mostra que a média brasileira na safra 2012/2013 foi aproximadamente 69.407 kg de cana-de-açúcar por hectare.

A área plantada de cana-de-açúcar pelo Estado do Paraná na safra 2012/2013 foi de 610.830 hectares (CONAB, 2013). De acordo com a produtividade média estima-se que a área plantada de cana-de-açúcar pelas usinas em estudo foi de aproximadamente 352.642 hectares, o que corresponde a 57,7% da área de cana-de-açúcar plantada pelo estado.

A área destinada ao setor sucroalcooleiro no Brasil no mesmo período foi de 8.485.000 hectares, São Paulo como maior produtor aparece com 52,07% (4.419,48 mil hectares), em segundo lugar aparece o estado de Goiás com 8,55% (725,91 mil hectares) e em terceiro lugar Minas Gerais com 8,51% (721,88 mil hectares) (CONAB,

2013). As usinas em estudo tiveram uma participação de aproximadamente 4,15% dessa área nacional, resultado que está próximo de Goiás e Minas Gérias.

5.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O bagaço de cana-de-açúcar que já foi um considerado um resíduo industrial que ocupava bastante espaço, atualmente é considerado matéria-prima valiosa para produção de energia elétrica. Dentro da matriz energética a biomassa tem maior representatividade com o bagaço de cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos através da equação 1 e 2, que teve como objetivo quantificar o total de bagaço de cana-de-açúcar (toneladas) gerado nas usinas em estudo e estimar o total de energia elétrica gerada, em $MWh.ano^{-1}$, na safra 2012/2013, estão na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativa da quantidade de bagaço de cana-de-açúcar gerado e energia elétrica produzida nas usinas na safra 2012/2013

Usina	Município	Bagaço (toneladas)	Energia Elétrica (MWh.ano ⁻¹)
A	São Carlos do Ivaí – Paraná	775.000	297.600
B	Iguatemi – Paraná	412.542	158.416
C	Ivaté – Paraná	908.500	348.864
D	Paranacity – Paraná	625.000	240.000
E	Tapejara – Paraná	772.750	296.736
F	Terra Rica – Paraná	430.000	165.120
G	São Tomé - Paraná	241.387	92.693
H	Colorado – Paraná	919.325	353.021
I	Santo Inácio - Paraná	750.274	288.105
J	Florestópolis – Paraná	284.180	109.125
Total		6.118.958	2.349.679

Estima-se que as usinas avaliadas produziram 6.118.958 toneladas de bagaço de cana-de-açúcar. Considerando o total de cana-de-açúcar processada pelo Brasil, o bagaço gerado pelas usinas representariam aproximadamente 4,04% do bagaço gerado por todo o país, que foi cerca de 147.119.500 toneladas (UNICA, 2014).

A estimativa realizada do total de energia elétrica produzida pelas usinas somou 2.349.679 MWh.ano⁻¹. Segundo a Aneel (2014) a potência instalada e verificadas das usinas foram as seguintes, a usina A 50.000 kW, a usinas B 3.400 kW, a usina C 9.000 kW, a usinas D 46.000 kW, a usina E 50.000 kW, a usina F 16.500 kW, a usina G 4.000 kW, a usina H 30.000 kW, a usina I 70.000 kW e a J não está cadastrada na Aneel.

Ao realizar um comparativo o Brasil produziu na mesma safra 56.536.608 MWh.ano⁻¹ de energia elétrica, o Estado de São Paulo apareceria com 31.672.608 MWh.ano⁻¹ dessa produção, Goiás com 5.061.792 MWh.ano⁻¹ e Minas Gerais com 4.968.864 MWh.ano⁻¹. O Estado de São Paulo é o maior produtor de energia elétrica, utilizando o bagaço da cana-de-açúcar.

Segundo Kitayama (2008) as usinas podem produzir 80 kWh.ton⁻¹ de cana-de-açúcar para exportação, ou seja, para possível venda. Desse modo verifica-se na Tabela 4 o total de energia elétrica produzida pelas usinas para exportação.

Tabela 4: Estimativa da quantidade energia elétrica produzida pelas usinas para exportação na safra 2012/2013

Usina	Município	Energia Elétrica (MWh.ano ⁻¹)	*Energia Elétrica Exportação (MWh.ano ⁻¹)
A	São Carlos do Ivaí – Paraná	297.600	248.000
B	Iguatemi – Paraná	158.416	132.000
C	Ivaté – Paraná	348.864	290.720
D	Paranacity – Paraná	240.000	200.000
E	Tapejara – Paraná	296.736	247.280
F	Terra Rica – Paraná	165.120	137.600
G	São Tomé - Paraná	92.693	77.244
H	Colorado – Paraná	353.021	294.184
I	Santo Inácio - Paraná	288.105	240.088
J	Florestópolis – Paraná	109.125	90.938
Total		2.349.679	1.958.066

*Estimativa realizada considerando que as usinas utilizam equipamentos com capacidade para produzir 96 kwh por tonelada de cana-de-açúcar, com 5.563 horas por ano.

O total de energia elétrica estimada para a safra 2012/2013 foi de 2.349.679 MWh.ano⁻¹, desse total 1.958.006 MWh.ano⁻¹ poderão ser considerados energia excedente, ou seja, vendida as concessionárias, já que das 10 usinas 9 estão cadastradas na Aneel, 5 estão cadastradas como Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE), 3 estão cadastradas como Auto Produtoras de Energia Elétrica (APE) e 1 é cadastrada como Registro (REG).

O consumo residencial de eletricidade em 2012 no estado do Paraná conforme o Balanço Energético Nacional (2013) foi de 6.654.000 MWh, considerando a estimativa da produção de energia elétrica para exportação das 10 usinas analisadas, as mesmas poderiam contribuir com 1.958.006 MWh.ano⁻¹, aproximadamente 29% do consumo residencial, isso mostra o quanto a geração de energia elétrica do setor sucroalcooleiro é importante na matriz elétrica do Paraná.

O consumo total de energia elétrica no Brasil foi de 27.790.000 MWh no ano de 2012, conforme o Anuário Estatístico da Energia Elétrica (2013).

Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (2013), atualmente existem 420 usinas no Brasil que produzem bioeletricidade, mas apenas 170 exportam para a rede, o restante só produz para autoconsumo. Em 2012 a energia disponibilizada para o sistema elétrico por essas 170 usinas foi de 12.264. MWh.ano⁻¹. No ano anterior, 2011, o setor comercializou 9.925.000 MWh.ano⁻¹ junto ao Sistema Integrado Nacional, total equivalente a 2,3% do consumo brasileiro total de energia elétrica, podendo abastecer 5,3 milhões de residências durante o ano inteiro (UNICA, 2012).

O Mato Grosso do Sul, que ocupou o quinto lugar no Ranking de produção na safra 2012/2013, exportou 1.292.000 MWh.ano⁻¹ (BOISUL, 2013), a estimativa de energia elétrica exportada pelas usinas apresenta-se superior a do estado do Mato Grosso do Sul, mas deve-se ressaltar que considerou-se que as usinas estudadas utilizaram equipamentos modernos.

5.3 CLASSIFICAÇÃO DAS USINAS

As usinas podem ser classificadas quanto ao total de cana-de-açúcar processada, a Companhia Nacional de Abastecimento classifica as usinas do estado de São Paulo, e faz uma classificação geral por região, a Tabela 5 apresenta a classificação das 10 usinas paranaenses que estão sendo estudadas.

Tabela 5: Classificação das usinas em estudo na safra 2012/2013

Usina	Município	Classificação
A	São Carlos do Ivaí – Paraná	Média Alta
B	Iguatemi – Paraná	Pequena
C	Ivaté – Paraná	Média Alta
D	Paranacity – Paraná	Média
E	Tapejara – Paraná	Média Alta
F	Terra Rica – Paraná	Pequena
G	São Tomé – Paraná	Muito Pequena
H	Colorado – Paraná	Média Alta
T	Santo Inácio - Paraná	Média Alta
J	Florestópolis – Paraná	Pequena

Verifica-se na Tabela 5 que do total de 10 usinas 5 usinas são classificadas como Média Alta, 1 como Média, 3 como Pequena e 1 como Muito Pequena. A Tabela 6 apresenta a comparação das usinas paranaenses analisadas com as usinas do estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar.

Tabela 6: Comparação entre as 10 usinas do Estado do Paraná com as usinas do estado de São Paulo

Classificação	10 Usinas Paranaenses*	Total de Usinas São Paulo**
Muito Grande	-	9
Grande	-	10
Média Alta	5	18
Média	1	38
Pequena	3	62
Muito Pequena	1	33
Total	10	170

*Classificação das usinas sucroalcooleiras quanto ao total de cana-de-açúcar processada na safra 2012/2013.

** Classificação das usinas sucroalcooleiras quanto ao total de cana-de-açúcar processada na safra 2009/2010.

Fonte: Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

Das 5 usinas paranaenses classificadas como média alta 4 estão cadastradas na Aneel como PIE e 1 como APE, a usinas que foi classificada como média está

cadastrada como PIE. Das 3 usinas classificadas como pequena uma está cadastrada como REG, 1 como APE e uma não está cadastrada na Aneel e a usina classificada como muito pequena está cadastrada como APE.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2011) a região Centro-Sul, exceto o estado de São Paulo, apresenta 1 usina classificada como muito grande, 3 como grande, 7 como média alta, 16 como média, 50 como pequena e 62 como muito pequena. Todas as usinas classificadas como muito grande e grande vende energia elétrica, das usinas classificadas como média alta 71,4% vendem energia elétrica, das classificadas como média 37,5% vendem energia elétrica, das classificadas como pequena 20% vendem energia elétrica e das classificadas como muito pequena 9,7% vendem energia elétrica (CONAB, 2011).

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a moagem de cana-de-açúcar processada nas 10 usinas em estudo se aproxima de 25 milhões de toneladas na safra 2012/2013, representando aproximadamente 4,15% do total de cana-de-açúcar processada no Brasil. E a estimativa do bagaço de cana-de-açúcar gerado passa de 6 milhões de toneladas.

A estimativa da produção de energia elétrica chegou a quase 2,5 milhões de MWh.ano⁻¹, sendo que aproximadamente 2 milhões podem ser vendidos para concessionárias, se todas as usinas tivessem com o mesmo parque tecnológico. Considerando o consumo de energia elétrica residencial no estado do Paraná em 2012, desse modo a estimativa da energia elétrica para exportação contribuiria com aproximadamente 29% nesse consumo residencial, ressaltando a importância da produção de energia elétrica no setor sucroalcooleiro paranaense.

A classificação quanto o total de cana-de-açúcar processada, mostra que 5 das 10 usinas analisada foram classificadas como média alta. Uma classificação realizada pela Companhia Nacional de Abastecimento da região Centro-Sul, exceto o estado de São Paulo, na safra 2009/2010 apresenta 7 usinas classificadas como média alta, o que prova o quanto o estado do Paraná é representativo na produção de cana-de-açúcar no país.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/operacaocapacidadebrasil.asp>> Acesso em: 27 jul. 2013.

ALVES, Josias M. **Paradigma tecnico e co-geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar em Goiás**. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural 2006. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás - Coord. Saneamento Ambiental. 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200021&script=sci_arttext> Acesso em: 03 fev. 2014.

ALVES, Lucilio A. A. **Transmissão de preços entre produtores do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo**. 2012. 107 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queros". Piracicaba, São Paulo, 2012.

Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (ALCOPAR). **Histórico de Produção Paraná**. 2014. Disponível em: <http://www.alcopar.org.br/estatisticas/hist_prod_pr.php> Acesso em: 15 jan. 2014.

Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (ALCOPAR). **Mapa de Localização das Unidades Produtoras de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná**. 2013. Disponível em: <<http://www.alcopar.org.br/associados/mapa.php>> Acesso em: 01 ago. 2013.

BASQUEROTTO, Cláudio H. C. C. **COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMPRESSADO (BRIQUETE)**. 2010. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2010. Disponível em: <<http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO%2017701020004.pdf>> Acesso em: 02 de jul. 2013.

BIOSUL – Associação de Produtores de Bioenergia do Mato Grosso do Sul. **Produção do mix cana-de-açúcar na safra 2012/13**. 2014. Disponível em: <<http://www.biosulms.com.br/>> Acesso em: 10 fev. 2014.

Brasil. Decreto Nº 2.003, de 10 de Setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. **Presidência da República - Casa Civil**. Brasília, DF, 1996. Disponível

em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2003.htm> Acesso em: 08 jan. 2014.

Brasil. Decreto nº 2.655, de 2 de julho de 1998. Regulamenta o Mercado Atacadista de Energia Elétrica, define as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico, de que trata a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e dá outras providências. **Presidência da República - Casa Civil**. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2655.htm> Acesso em: 08 jan. 2014.

Brasil. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. **Presidência da República - Casa Civil**. Brasília, DF, 1995. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm> Acesso em: 08 jan. 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira – Cana-de-Açúcar, safra 2012/2013**. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_30_34_boletim_cana_portugues_abril_2013_4o_lev.pdf> Acesso em 15 fev. 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira. 2013. Disponível em:** <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_30_34_boletim_cana_portugues_abril_2013_4o_lev.pdf> Acesso em: 10 jan. 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil - Análise do Desempenho da Safra 2009-2010**. 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_o_termo_baixa_res..pdf> Acesso em: 27 jan. 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).. **Cana-de-Açúcar – Acompanhamento da safra brasileira**. 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf> Acesso em: 27 jan. 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Safra 2012/13**. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_30_34_boletim_cana_portugues_abril_2013_4o_lev.pdf> Acesso em: 13 set. 2013.

COOPERSUCAR. **Produção do Açúcar e do Etanol**. Disponível em: <<http://www.copersucar.com.br/>> Acesso em: 23 nov. 2013.

CORRÊA, Vicente N.; RAMON, Dan. **Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-geração no Setor Sucro-Alcooleiro**. SETAP – Sustainable Energy Technology Assistance Program. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bim_CorreaNeto_OpcoesCogeracao.pdf> Acesso em: 15 jan. 2014.

DANTAS, Djolse N. **Uso da biomassa da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica: análise energética, exergética e ambiental de sistemas de cogeração em sucroalcooleiras do interior paulista**. 2010, D192u. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

DIAS, Marina O. S.; ENSINAS, Adriano V.; NEBRA, Silvia A.; MACIEL, Rubens F.; ROSSELL, Carlos E. V.; MACIEL, Maria R. W. Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process. **Chemical Engineering Research & Design**, Campinas, v. 87, p. 1206-1216, 2009.

ENERGISA. **Sobre a Bioeletricidade**. 2013. Disponível em: <<http://www.grupoenergisa.com.br/Geracao/biomassa/sobrebioeletricidade.aspx>> Acesso em: 14 set. 2013.

FELIPE, Danielle C. **PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) SUBMETIDA A DIFERENTES ÉPOCAS DE PLANTIO E A ADUBAÇÃO MINERAL**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008. Disponível em: <<http://www.cca.ufpb.br/ppga/pdf/mestrado/DanielleFelipe-ms08.pdf>> Acesso em: 09 set. 2013.

GENOVESE, Alex L.; UDAETA, Miguel E. M.; GALVÃO, Luiz C. R. **Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo**. CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 2006, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100021&script=sci_arttext> Acesso em: 07 jan. 2014.

GONZAGA, Giordano B. M. **AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR, VARIEDADE RB 867515, SOB O EFEITO DE BACTÉRIAS**

ENDOFÍTICAS. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012. Disponível em:
<<http://www.ufal.edu.br/unidadeacademica/ceca/pos-graduacao/agronomia/arquivos-dissertacoes-1/2012/giordano-bruno>> Acesso em 20 nov. 2013.

INNOCENTE, Andréia F. **COGERAÇÃO APARTIR DA BIOMASSA RESIDUAL DE CANA-DE-AÇÚCAR – ESTUDO DE CASO**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

Instituto de Eletrotécnica e Energia e Centro Nacional de Referência em Biomassa. **ATLAS DE BIOENERGIA. Metodologias de cálculo da conversão energética das biomassas selecionadas**. Disponível em:
<<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2014.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Paraná em númeos**. 2014. Disponível em:
<http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1> Acesso em: 20 jan. 2014.

KITAYAMA, Onorio. Bioeletricidade: perspectivas e desafios. In: III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

LAMONICA, Helcio M. **PRODUÇÃO DE VAPOR E ELETRICIDADE – A EVOLUÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**. Workshop de Gestão de Energia e Resíduos na Agroindústria Sucroalcooleira. FZEA – USP, Pirassununga, 12 de junho de 2007. Disponível em:
<http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/workshop_gestao_energia_residuos/files/dia12/4-Helcio-Lamonica.pdf> Acesso em 04 fev. 2014.

LELLIS, Mauro. M. **Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Contexto da Matriz Energética Brasileira: meio ambiente, mercado e aspectos jurídicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da energia, Universidade Federal de Itajubá, 2007. Disponível em:
<<http://juno.unifei.edu.br/bim/0031363.pdf>> Acesso em: 01 jul. 2013.

MACHADO, Raphael. **Sistemas orgânicos de produção para a soca da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), consorciado com milho (*Zec mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e mandioca (*Manihot esculenta*)**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras,

2008. Disponível em:

<http://orgprints.org/22752/1/SistemasOrganicosDeProdu%C3%A7%C3%A3oPara_11578-1.pdf> Acesso em: 05 jul. 2013.

MAGRO, Fábio J.; TAKAO, Guilherme.; CAMARGO, Pedro E.; TAKAMATSU, Stanley Y. **BIOMETRIA EM CANA-DE-AÇÚCAR**. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queros”. Piracicaba, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv0684/Biometria%20em%20cana-de-acucar%20exemplo%20de%20texto%20aluno.pdf>> Acesso em: 07 jan. 2014.

MEIRA, Roberta B. **BANGÜÊS, ENGENHOS CENTRAIS E USINAS: O DESENVOLVIMENTO DA ECONOMIA AÇUCAREIRA EM SÃO PAULO E A SUA CORRELAÇÃO COM AS POLÍTICAS ESTATAIS (1875 – 1941)**. 2007. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em História Econômica, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MELO, Cármem O. **EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE PRODUTORES INDEPENDENTES DO ESTADO DO PARANÁ**. 2010. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0557.pdf>> Acesso em: 08 jan. 2014.

MENEGUELLO, Luiz A. **O SETOR SUCROALCOOLEIRO E A UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA**. 2006. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2006.

Ministério da Agricultura. **Cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>> Acesso em: 10 nov. 2013.

Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de produção e agroenergia. Departamento da Cana-de-Açúcar e Agroenergia. **Evolução da Produtividade e da Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil por Ano-Safra**. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/SETEMBRO_2012/08_%20area_prodt_brasil.pdf> Acesso em: 10 jan. 2014.

Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico de energia elétrica 2013**. 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf> Acesso em: 18 fev. 2014.

MIISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomassa**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa>> Acesso em: 25 jul. 2013.

NEVES, M.F. **Sistema agroindustrial da cana-de-açúcar**. São Paulo: Atlas, 2009.

Nova Cana. **Resumo das exportações de etanol e açúcar em 2013**.

PAOLIELLO, José M. M. **ASPECTOS AMBIENTAIS E POTENCIAL ENERGÉTICO NO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**. 2006. 180 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2006. Disponível em: <http://www.udop.com.br/ebiblio/pagina/arquivos/tese_mestrado_jose_maria.pdf> Acesso em: 25 jan. 2014.

PELLEGRINI, Maria C. **Inserção de centrais cogeneradoras a bagaço de cana no parque energético do estado de São Paulo: Exemplo de aplicação de metodologia para análise dos aspectos locacionais e de integração energética**. 2002. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PENHABEL, Laurence A. Vinhaça: **Bio-fertirrigação e impacto ambiental**. 2010. 8f. Dissertação (Pós graduação MBA em Gestão Sucroalcooleira) – Programa de Pós Graduação MBA em gestão sucroalcooleira, Universidade de Lins, Lins, SP, 2008.

PEROSA, B.; FREDO, C. E.; BELIK, W. **Protocolo Agroambiental Risco e Oportunidades**. Mercado e Negócios Outubro de 2012. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/alcscens/articles/ArtigoProtocoloAgroambientalAgroanalysis.pdf>>. Acesso em 27 de janeiro de 2014.

SANTOS, Diego H.; TIRITAN, Carlos S.; FOLONI, José S. S.; FABRIS, Luciana B. **PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB ADUBAÇÃO COM TORTA DE FILTRO ENRIQUECIDA COM FOSFATO SOLÚVEL**¹. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SANTOS, Fernando A. **Análise de Aplicação da Biomassa da Cana como Fonte de Energia Elétrica: Usina de Açúcar, Etanol e Bioeletricidade**. 2012. 115 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia e Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2012.

SEABRA, J. E. A. **Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da cana no Brasil.** 2008. 274 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2008.

SILVA, Matheus R.R. **QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR, ÁLCOOL E ENERGIA EXCEDENTE EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA ATRAVÉS DA FERRAMENTA QUANTIFICA.** 66 p. 2013. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005835.pdf>> Acesso em: 14 fev. 2014.

SILVA, Wilson D. **A COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA INSERIDA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2009.

SOUZA, Zilmar J. **A CO-GERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO: DESENVOLVIMENTO E SITUAÇÃO ATUAL.** 2002. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100001&script=sci_arttext> Acesso em: 15 fev. 2014.

SOUZA, Zilmar J. **GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EXCEDENTE NO SETOR SUCROALCOOLEIRO: ENTRAVES ESTRUTURAIS E CUSTOS DE TRANSAÇÃO.** 2003. 278 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção – Área de Concentração: Gestão da Produção, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, São Carlos, 2003.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Área Plantada com cana-de-açúcar, 2011 – 2011.** 2013. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5&acao=visualizar&idTabela=1360&produto=%C3%81rea+Plantada&anoIni=2011&anoFim=2011&estado=PR>> Acesso em: 04 dez. 2013.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **BIOELETRICIDADE: O QUE FALTA PARA ESTA ALTERNATIVA ENERGÉTICA DESLANCHAR.** 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/colunas/470156692036979688/bioeletricidade-por-cento3A-o-que-falta-para-esta-alternativa/>> Acesso em: 14 fev. 2014.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Histórico de exportação mensal de açúcar pelo Brasil, por região.** 2013. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=65>> Acesso em: 01 jul. 2013.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Histórico de exportação mensal de etanol pelo Brasil, por região.** 2013. Disponível em:

<<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=65>> Acesso em: 01 jul. 2013.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol - safra2012/2013.** Disponível em:

<<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1492&safra=2012%2F2013&estado=PR>> Acesso em: 04 dez. 2013.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol - safra2012/2013.** 2014. Disponível em:

<<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1492&safra=2012%2F2013&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CR>> Acesso em: 12 fev. 2014.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Produção de Açúcar, 2005/2006 - 2011/2012.** Disponível em:

<<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2&acao=visualizar&idTabela=1491&produto=acucar&safralni=2005%2F2006&safraFim=2011%2F2012&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>> Acesso em: 08 jan. 2014.

União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Produção de Etanol Total, 2005/2006 - 2011/2012.** Disponível em:

<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2&acao=visualizar&idTabela=1491&produto=etanol_total&safralni=2005%2F2006&safraFim=2011%2F2012&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR> Acesso em: 08 jan. 2014

União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **SETOR SUCROALCOOLEIRO PODERÁ GERAR ENERGIA DE TRÊS BELO MONTE.** 2013. Disponível em:

<<http://www.unica.com.br/unica-na-midia/6338422920317494047/setor-sucroalcooleiro-podera-gerar-energia-de-tres-belo-monte-por-cento0D-por-cento0A/>> Acesso em: 14 fev. 2014.

União dos Produtores de Bioenergia (UDOP). **Uma breve história sobre a cultura da cana no Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=991#nc>> Acesso em: 09 nov. 2013

UNICAcana. **Conheça a Produção de Açúcar no Brasil – vídeo**. 2012. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=z1XMK314NWQ>> Acesso em: 14 set. 2013.

VEIGA, Alceu de A. F.; RAMOS, Pedro. **PRÓALCOOL E EVIDÊNCIAS DE CONCENTRAÇÃO NA PRODUÇÃO E PROCESSAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 36, n. 7, 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/tec4-0706.pdf>> Acesso em: 07 jan. 2014.