

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR DENTRO E FORA DAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS

Ana Carolina de Souza

Fernanda Izaias Fugita

Angélica Helena de Sousa

Daniele Cristina dos Santos Bofo

RESUMO

Sabe-se que o bagaço de cana-de-açúcar constitui um dos mais significativos resíduos sólidos gerados pela agroindústria sucroalcooleira, em virtude da quantidade gerada. A fim de identificar qual o principal destino dado ao bagaço dentro e fora das unidades produtoras de açúcar e etanol foi realizado o presente trabalho. Utilizou-se, como metodologia, a consulta direta as indústrias sucroalcooleiras da região de Votuporanga-SP e Ourinhos-SP por meio de formulário e também realizou-se um estudo bibliográfico de trabalhos científicos. Informações relevantes foram trazidas para a possibilidade de redução de custos para as usinas sucroalcooleiras e conseqüentemente diminuição do impacto ambiental com a transformação de um resíduo em subproduto. Assim as principais formas de utilização do bagaço, discutidas no trabalho, foram: a cogeração de energia, o álcool de segunda geração, o uso das cinzas na construção civil, o uso como substrato para mudas e o uso na dieta animal. Pode-se perceber que existe um grande potencial de trabalhos e pesquisas voltados ao bagaço da cana. Porém o principal destino dado a este importante

1 Química, Bolsista Mestrado CAPES, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 km 380, CEP: 86051-990, Londrina - PR, (14) 99607-7557, acscarolina@yahoo.com.br

2 Eng. Química, Centro Universitário de Votuporanga, Av. Nasser Marão nº 3069, Marginal da Rodovia Euclides da Cunha, CEP: 15500-006, Votuporanga - SP, Brasil, (17) 99611-0741, fer.fugita@gmail.com

3 Farmácia, Centro Universitário de Votuporanga, Rua Pernambuco nº 4196, Centro, CEP:15500-006, Votuporanga – SP, Brasil, (17) 99731-3940, angelica_hsousa@hotmail.com

4 Engenheira Bioquímica, Professora Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, Centro Universitário de Votuporanga, Av. Nasser Marão nº 3069, Marginal da Rodovia Euclides da Cunha, CEP: 15500-006, Votuporanga - SP, Brasil, (17) 99605-4918, danibofo@ig.com.br

subproduto ainda é a cogeração de energia elétrica que abastece todo o processo de transformação da cana-de-açúcar.

ABSTRACT

It is known that the bagasse sugar cane is one of most significant solid waste generated by sugarcane agroindustry, due to the quantity generated. In order to identify the main destination of the bagasse inside and outside the units producing sugar and ethanol was carried out this work. It was used as a methodology, the directly query the sugar and alcohol industries in the region of Votuporanga / SP and Ourinhos / SP through form and also carried out a bibliographic review of scientific papers. Relevant information has been brought into the possibility of reducing costs for sugarcane mills and consequently reducing the environmental impact with the processing of waste in a byproduct. Thus the main ways of using bagasse, treated at work, were: cogeneration of energy, second generation alcohol, use of ashes in construction, using as a substrate for use in plants and animal diet. It can be noticed there is great potential of works and research focused on the sugarcane bagasse. But the main destination of this important byproduct is still the cogeneration of electric power that supplies the whole process of transformation of sugarcane.

Keywords: Bagasse. Sugarcane. Lignin. Cellulose.

1.INTRODUÇÃO

A quantidade de bagaço de cana-de-açúcar seco corresponde a 280 kg para cada tonelada de cana-de-açúcar processada. Atualmente, o bagaço de cana de açúcar é em sua maioria queimado para gerar energia para as usinas, mas uma quantidade considerável é ainda desperdiçada (CERQUEIRA et al, 2010). A sobra de bagaço é preocupante, pois toma espaço e polui, assim deve ser encontrada uma forma de utilizá-la (CASTRO, 2008).

O bagaço final é a matéria fibrosa sólida gerada na saída da última moenda, após a extração do caldo (PAOLIELLO, 2006). É constituído por celulose, um polímero da glicose formado por seis carbonos, as hexoses; por hemicelulose, composta por açúcares de cinco carbonos, chamados de pentoses; e pela lignina, um material estrutural da planta, associado à parede vegetal celular, responsável pela rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques aos tecidos vegetais (MARQUES, 2009). "In natura" é composto por 45% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade, 2 a 3% de sólidos insolúveis e 2 a 3% de sólidos solúveis em água (ICIDCA/GEPLACEA/PNUD, 1990). A importância de se discutir o aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar está na possibilidade de redução de custos para as usinas sucroalcooleiras e,

concomitantemente, diminuir o impacto ambiental (COSTA, 2010). Desta forma, propõe-se, através desta pesquisa, o levantamento das várias formas de utilização do bagaço da cana-de-açúcar dentro e fora das indústrias sucroalcooleiras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cogeração de energia elétrica

Uma percepção comum é considerar o carvão como único combustível sólido economicamente significativo. No entanto existe uma grande variedade de biomassa sólida combustível, seja na forma de madeira, ou na de resíduos sólidos de processamento (bagaço de cana, cascas de árvores, resíduos agrícolas, lixo urbano), que tem sido empregada principalmente em sistemas de geração de vapor industrial ou de cogeração (PRIETO, 2003). Os sistemas de cogeração são aqueles onde se faz, simultaneamente e em sequência, geração de energia elétrica e térmica a partir de combustíveis como os derivados do petróleo, o gás natural, o carvão ou a biomassa (RIBEIRO, 1997).

De acordo com Rabello e Yoneya (2008), até o início da década de 90, o bagaço era considerado um problema e muitas vezes ofertado sem valor algum, porém atualmente é o principal insumo para assegurar a autossuficiência energética das usinas, com usos na geração da bioeletricidade e venda de créditos de carbono.

O bagaço tem sido usado historicamente como combustível na indústria açucareira, embora seu valor calórico seja relativamente baixo, ao ser comparado com outros combustíveis fósseis tradicionais. Mas, sem dúvida, constitui um valioso potencial energético, sobretudo para aqueles países que não têm disponibilidades significativas de combustível e são grandes produtores de açúcar de cana (ICIDCA, 1999).

A cogeração através do bagaço dá-se pela queima em caldeiras produzindo vapor que posteriormente é transformado em energia elétrica garantindo a autossuficiência das usinas. O excedente pode ser enviado ao mercado e abastecer cidades com vantagens econômicas e ambientais. Assim com um investimento modesto e rentável qualquer usina pode agregar a fabricação de energia ao processo produtivo (PIRES, 2007). Pesquisas mostram que, em 2013, no Brasil, a oferta de bioeletricidade chegou a 2,3 milhões de MWh, e estima-se que a oferta chegou 25% acima do total de 2012 e equivalente à demanda anual de oito milhões de residências brasileiras, ou mais de 12% do consumo residencial do país. (UNICA, 2014). De 2010 a 2014, a geração de bioeletricidade para a rede elétrica dobrou, de 10.414 GWh

para 20.815 GWh, equivalente ao atendimento de consumo anual de 11 milhões de residências (UNICA, 2015).

2.2. Álcool de segunda geração

O etanol se destaca dos demais biocombustíveis devido às suas diversas vantagens. Sua produção é dividida em dois tipos: primeira geração, etanol obtido a partir da sacarose da biomassa, e o de segunda geração, obtido a partir da celulose de matérias-primas lignocelulósicas, chamado também de etanol lignocelulósico (SILVA et al, 2010).

O bagaço de cana-de-açúcar, para a maior parte dos países tropicais, é um dos principais materiais lignocelulósicos utilizados para a bioconversão em etanol, uma vez que apresenta alta concentração de carboidratos, baixo conteúdo relativo de lignina, fácil utilização, baixo custo de colheita, de transporte e de armazenamento, além de melhor custo/efetividade para a redução das emissões de gases de efeito estufa (IEA, 2005; PANDEY & SOCCOL, 2000).

Os açúcares do bagaço, assim como aqueles de qualquer outro material lignocelulósico, encontram-se na forma de polímeros (celulose e hemicelulose) associados entre si e cobertos por uma macromolécula aromática complexa (lignina), formando a microfibrila celulósica. Esta, por sua vez, constitui a parede celular (fibra) vegetal, uma estrutura recalcitrante difícil de ser desestruturada e convertida em monossacarídeos fermentescíveis (CANILHA et. al, 2010).

Para uma eficiente hidrólise enzimática, é necessário primeiramente submeter o material lignocelulósico a um pré-tratamento, para disponibilizar a celulose ao ataque enzimático. Os processos de pré-tratamentos de materiais lignocelulósicos podem ser térmicos, químicos, físicos, biológicos ou uma combinação de todos esses, o que dependerá do grau de separação requerido e do fim proposto (ROSA; GARCIA, 2009).

O pré-tratamento proporciona uma mudança na estrutura morfológica da biomassa, tornando a celulose mais acessível ao ataque das enzimas ou dos reagentes químicos para a produção de açúcares fermentescíveis (SAAD, 2010; McMILLAN, 1994).

Após o pré-tratamento o material lignocelulósico está mais susceptível ao processo de hidrólise para a obtenção de açúcares fermentescíveis. Vários processos para hidrolisar a celulose em glicose têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Os processos mais usuais utilizam ácido sulfúrico concentrado ou diluído ou enzimas celolíticas como catalisadores (MOSIER et al., 2005).

A hidrólise enzimática da celulose é catalisada por enzimas

altamente específicas que são chamadas de celulases. Na realidade, trata-se de um complexo enzimático composto por pelo menos três grandes grupos de celulases: endoglucanases, que clivam randomicamente as ligações internas da região amorfa, liberando oligossacarídeos com terminações redutoras e não redutoras livres; exoglucanases, subdivididas em celobiohidrolases, que são responsáveis pela hidrólise dos terminais redutores (CBHs do tipo I) e não redutores (CBHs do tipo II), e glucanohidrolases (GHs), que são capazes de liberar moléculas de glicose diretamente dos terminais do polímero; e β -glucosidases, que hidrolisam a celobiose e oligossacarídeos solúveis de baixo grau de polimerização (menor que sete) a glicose (ARANTES & SADDLER, 2010).

Gonçalves et al. (2009) obtiveram bioetanol a partir de bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado por via enzimática e fermentado utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Antes da hidrólise o bagaço foi deslignificado com hidróxido de sódio (10% p/p base seca) a 110 °C e pressão de 1,2 atm por 80 minutos. A hidrólise enzimática da solução deslignificada foi realizada com enzimas comerciais NS50013 (celulase), NS50010 (β -glucosidase), NS50030 (xilanase), NS22002 (hemicelulase) e NS50012 (complexos multicomponentes). Após o processo enzimático adicionou-se 7,5 g de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) diluída em água para proporcionar a fermentação alcoólica. Após um período de 72 horas, o mosto fermentado foi destilado para obtenção de etanol. De acordo com o autor a percentagem de etanol foi determinada pelo volume de destilado obtido por medição em alcoômetro e convertido em peso. O rendimento de obtenção de etanol foi de 16,42% (p/p).

Santos & Gouveia (2009) também obtiveram etanol a partir de bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado por enzimas e fermentado utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Os autores avaliaram a produção de bioetanol a partir da hidrólise enzimática do bagaço pré-tratado por explosão a vapor e deslignificado com NaOH ou não deslignificado. A deslignificação do bagaço pré-tratado foi realizada com 500 g do bagaço, 10 L de água destilada e 100 g de NaOH. A mistura permaneceu a 100° C, durante 1 hora, sob agitação de 100 rpm. Para realizar a hidrólise os autores utilizaram a enzima Celluclast. As eficiências das hidrólises enzimáticas alcançaram 44%, independente do material utilizado. Entretanto, a hidrólise com o material deslignificado foi 30% mais rápida. A deslignificação aumentou em 10% o rendimento de bioetanol em relação à glicose e em 96% em relação ao bagaço.

Pietrobon et al. (2011) quantificaram açúcares fermentescíveis a partir da hidrólise enzimática do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado com ácido ou base. As seguintes enzimas comerciais foram utiliza-

das HPL, CL, P1 e P4 E9 e E10. A quantidade de açúcares depois do tratamento com ácido (ácido sulfúrico 0,5%) e enzima encontra-se entre 5,734 e 6,527 mg mL⁻¹ enquanto que nas amostras tratadas com enzima e base (hidróxido de cálcio 3%) os açúcares totais encontram-se entre 2,103 e 4,363 mg mL⁻¹. A ação conjunta do pré-tratamento ácido com hidrólise enzimática exibiram valores 2,7 – 1,5 vezes superior à ação da base com enzimas.

Martín et al. (2002) trataram o bagaço da cana-de-açúcar com explosão a vapor a 205°C e 215 °C durante 10 minutos. O bagaço tratado foi hidrolisado com enzimas celulolíticas e fermentado utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Antes da fermentação os hidrolisados foram submetidos à deslignificação enzimática com lacase fenoloxidase (10% p/p) por 12 horas ou deslignificação química com CaOH (20% v/v) por 1 hora. Nos hidrolisados deslignificados, a glicose foi prontamente fermentada, enquanto que nos hidrolisados não deslignificados, essa molécula ainda permaneceu após 12 horas. A taxa de formação de etanol foi ligeiramente maior para os hidrolisados tratados com CaOH do que para os tratados com lacase. Os autores afirmam que tanto o tratamento com lacase quanto com óxido de cálcio provou ser eficiente para a deslignificação do bagaço hidrolisado.

Pitarelo (2013) produziu etanol a partir do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado por explosão a vapor, por 7,5 min à 180°C, obtendo o maior rendimento no estudo de 97,4%. O menor rendimento obtido foi de 74%, indicando que o aumento do tempo de exposição do material no reator e a presença de catalisador ácido pode causar degradação do bagaço de cana e aumento na concentração de subprodutos associados a reações de hidrólise e desidratação de pentoses e hexoses.

Martín et al. (2006) trataram o bagaço de cana-de-açúcar por oxidação úmida a 195°C por 15 minutos sob condições alcalinas, neutras ou ácidas e por explosão a vapor a 205 °C durante 10 minutos. Os autores afirmam que a oxidação sob condições alcalinas foi mais favorável para a hidrólise enzimática obtendo um rendimento de 792 g Kg⁻¹ de glicose após 48 horas.

Paula et al. (2009) avaliaram a influência da hidrólise enzimática ácida com várias concentrações de ácido sulfúrico, temperatura e pré-tratamentos da celulose de sisal. A concentração de ácido foi variada entre 5% e 30% (v/v) em temperaturas no intervalo de 60°C a 100°C utilizando celulose nativa e tratada com solução de 20% de NaOH por 1, 2 e 3 horas. Os resultados obtidos mostram que o processo de pré-tratamento facilita a hidrólise ácida da celulose, aumentando a produção de glicose em quase 50%. Os autores relataram também que quanto maior a temperatura e maior a concentração de ácido sulfúrico, maior a taxa de clivagem das ligações glicosídicas da celulose

e maior a formação de glicose em um mesmo intervalo de tempo.

Martín et al. (2007) compararam dois pré-tratamentos do bagaço de cana-de-açúcar (temperaturas de 205°C e 215°C por 5 e 10 minutos e impregnação de com dióxido de enxofre e ácido sulfúrico) e depois realizaram a hidrólise enzimática deste bagaço pré-tratado. Foi verificado que o bagaço tratado com a 205°C por 10 minutos resultou na maior produção de etanol. Também verificaram que o bagaço impregnado com dióxido de enxofre, antes do tratamento térmico, elevou a produção de açúcar.

Medina (2013) produziu bioetanol a partir da hidrólise do bagaço da cana-de-açúcar, percolado com ácido sulfúrico 98% a 121°C por 20 minutos, obtendo ao final 130 L de hidrolisado. Posteriormente utilizou-se as leveduras *Scheffersomyces stipitis* e *Candida shehatae*. O processo foi conduzido em um fermentador agitado, de modo descontínuo, com capacidade de 2,4 litros e sensores de pH, temperatura e oxigênio dissolvido. A eficiência para extração dos açúcares contidos no bagaço foi de 61%. Observou-se o consumo de substrato de 62% em 60 horas de fermentação, com acúmulo de etanol de proximadamente 6 g/L, favorecendo o crescimento celular em detrimento da produção de etanol.

2.3. Uso da cinza do bagaço na construção civil

O setor da construção civil tem importante papel no processo de desenvolvimento de um país e na diminuição do desemprego. Segundo as fontes do IBGE e do Banco Central, o PIB da construção civil de 2008 foi de aproximadamente 6,9% do PIB Nacional, o que mostra que o setor tem um grande impacto na economia do país. Porém, tal atividade econômica pode acarretar efeitos nocivos ao meio ambiente, afetando de forma direta ou indireta para o esgotamento de recursos naturais. Portanto, a busca por alternativas como o aproveitamento de subprodutos gerados nas indústrias surge como uma solução para minimização do problema (MANSANEIRA, 2010).

O último resíduo gerado pela cadeia da cana-de-açúcar são as cinzas da queima do bagaço, geradas na ordem de 25 kg de cinza para cada tonelada de bagaço. Por suas características, esse resíduo apresenta possibilidade real de utilização como material de carga (inerte), substituindo a areia em produtos de natureza cimentícia, com fins de produzir materiais de construção (LIMA et al, 2009).

Souto et al. (2010) relata que existem estudos que mostram que a cinza residual do bagaço de cana apresenta composição química adequada ao emprego como adição mineral, principalmente no que se refere aos teores de dióxido de silício e perda ao fogo. Porém a granulometria variável da cinza, oriunda de um sistema de obtenção

sem qualquer classificação, mostra a necessidade de moagem para elevar a reatividade, pelo aumento da superfície específica das partículas e proporcionar maior homogeneidade ao material.

Uma pesquisa iniciada há quatro anos por uma equipe coordenada pelo engenheiro civil e professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Almir Sales, mostrou que a substituição de 30% a 50% em massa da areia natural pelas cinzas além de preservar as características físicas e mecânicas de um concreto de boa qualidade, também traz benefícios. Nessa faixa de substituição, o concreto feito com cinzas pode ter um ganho de resistência 20% superior ao concreto convencional. Este concreto, em princípio, deve ser empregado na fabricação de guias, sarjetas e bocas de lobo. Para aplicações especiais, como concretos estruturais de elevado desempenho, serão necessários mais estudos (SALES, 2010).

O reaproveitamento da cinza do bagaço de cana não só poderá contribuir para redução de impactos ambientais causados pela deposição do resíduo, como também para diminuir a necessidade de exploração de novas jazidas (LEAL & CASTRO, 2007).

2.4. Uso para produção de mudas

As características do meio utilizado para produção de mudas exercem grande influência na qualidade da planta produzida. As características físicas dos solos não são as desejáveis para um substrato. Por isso inúmeros materiais vêm sendo testados em sua substituição como lascas de madeira, vermiculita, argila calcinada, composto de lixo, bagaço-de-cana (BIASI et al, 1995).

O substrato deve ser uniforme em sua composição, ter baixa densidade, ser poroso, apresentar adequada capacidade de retenção de água e capacidade de troca catiônica (CTC) e ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes de plantas daninhas. Não se pode esquecer de que tais substratos devem ser acessíveis aos produtores rurais que, em geral, constituem um público de baixa renda (CUNHA et al, 2005). Do ponto de vista físico, o substrato deve permitir adequado crescimento das raízes, reter água, possibilitar aeração e agregação do sistema radicular. Quanto à composição química, deve fornecer todos os nutrientes necessários ao crescimento da planta em quantidade adequada e no momento que a planta apresenta a demanda (LIMA et al, 2006).

Geralmente, os substratos são compostos por misturas de diferentes materiais, pois dificilmente um material puro conseguirá apresentar todas as características adequadas para compor um bom substrato (GOMES & SILVA, 2004).

Biasi et al. (1995) estudaram a viabilidade da utilização de turfa e de bagaço de cana-de-açúcar como substrato para a produção de mudas de tomateiro e maracujá-amarelo. Os substratos consistiram de turfa (100%), bagaço de cana (100%) e suas misturas em proporções volumétricas de 25, 50 e 75%. As avaliações das mudas de tomateiro e maracujá-amarelo foram realizadas aos 36 e 57 dias após a semeadura, respectivamente. Segundo os autores, a maior quantidade de bagaço de cana conferiu maior porosidade e aeração ao substrato, favorecendo a emergência do tomateiro e desfavorecendo a do maracujá amarelo. A emergência do tomateiro ocorreu no 8º dia após a semeadura, encontrando-se a maior porcentagem de plantas emergidas (85%) no substrato formado por bagaço de cana puro, que foi superior à turfa pura, onde a emergência foi de apenas 38%. Ao contrário do tomateiro, o maracujá parece ser menos exigente em aeração para germinar e mais exigente em umidade. As misturas entre estes materiais foram mais favoráveis à produção de mudas, com destaque para o tratamento com turfa e bagaço de cana em proporções iguais, considerando a obtenção dos maiores valores de altura, número de folhas definitivas, peso fresco da parte aérea e raiz e peso seco da parte aérea e raiz.

Lima et al. (2006) avaliaram a composição de substratos utilizando misturas de solo, esterco bovino, casca de amendoim, mucilagem de sisal, bagaço de cana-de-açúcar e cama de frango. Cada tratamento foi composto por uma mistura em partes iguais (em volume) de solo e fontes de matéria orgânica, ou seja, nas misturas triplas misturou-se 33,3% de cada material e na mistura quádrupla misturou-se 25% de cada material. Os autores afirmam que os substratos contendo bagaço de cana não foram adequados para o crescimento da mamoneira, possivelmente porque a alta relação C/N induziu a carência de Nitrogênio no substrato. O substrato composto por solo, casca de amendoim, cama de frango e mucilagem de sisal foi o que propiciou o melhor crescimento das mudas.

Fernandes et al. (2002) analisaram a produção do tomateiro cultivado em quatro substratos, areia fina; metade areia fina e metade bagaço de cana-de-açúcar; metade areia fina e metade casca de amendoim moída e por último um terço areia fina, um terço bagaço de cana-de-açúcar e um terço de casca de amendoim moída. As plantas conduzidas no substrato metade areia fina e metade bagaço de cana-de-açúcar apresentaram altura semelhante àquelas conduzidas nos demais substratos até os 20 dias após o transplântio. Entretanto, o desenvolvimento foi insatisfatório aos 40 e 60 dias após o transplântio.

Meurer et al. (2008) testaram diferentes formulações de bagaço de cana-de-açúcar como substrato alternativo no cultivo de mudas

dos híbridos de orquídeas (*Vanda tecelata* x *Vanda gordon dillon* e *Cattleya drumbeat triumph* x BLC). Três substratos foram testados: cacos de cerâmica e bagaço de cana-de-açúcar; carvão e bagaço de cana-de-açúcar; casca de pinus e bagaço de cana-de-açúcar, e como controle utilizaram cacos de cerâmica e xaxim. Os autores concluíram que o substrato de bagaço de cana-de-açúcar pode ser considerado adequado para o cultivo de orquídeas, pois retém grande quantidade de água, conservando-se úmido por longo tempo.

Morgado et al. (2000) estudaram diferentes proporções de bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro de usinas e casca de coco, para produção de blocos prensados que são utilizados no cultivo de mudas de cana-de-açúcar. O experimento com *Saccharum* spp. foi conduzido, comparando-se estes blocos prensados com os blocos prensados de origem finlandesa que é constituído por turfa seca fertilizada e prensada. Os autores obtiveram bons resultados com os tratamentos contendo 70% de bagaço de cana + 30% de torta de filtro e blocos de origem finlandesa, que apresentaram as maiores médias de peso de matéria seca da raiz, não diferindo entre si. Estes tratamentos mantiveram-se superiores aos demais, confirmando no campo o comportamento observado no viveiro.

Spier et al. (2009) testaram o bagaço de cana-de-açúcar como substrato para o cultivo de flor-de-mel (*Lobularia maritima*). Para tanto foram utilizadas amostras de bagaço de cana em comparação com um substrato comercial à base de casca de pinus. Os autores concluíram que o bagaço de cana-de-açúcar com tamanho de partícula entre 9,6 e 4,75 mm e menor que 4,75 mm e tempo de deposição ao ar livre de 6, 12 ou 24 meses apresentam características químicas e físicas que permitem sua utilização para o cultivo de flor-de-mel, sendo o crescimento das plantas favorecido nos substratos com 12 e 24 meses de deposição e tamanho de partícula inferior a 4,75 mm, porém o florescimento é prejudicado em material com 24 meses.

Serrano et al. (2006) avaliou o uso de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira e o comparou com outros recomendados para a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Foram avaliados sete substratos: 1- Bagaço de cana + torta de filtro (3:2; v:v); 2- Bagaço de cana + torta de filtro (3:2; v:v) + pulverização foliar semanal com NPK; 3- Bagaço de cana + torta de filtro (3:2; v:v) + 7,3 kg m⁻³ de Osmocote® (14-14-14); 4- Plantmax®; 5- Plantmax® + pulverização foliar semanal com NPK; 6- Plantmax® + 7,3 kg m⁻³ Osmocote® (14-14-14), e 7- Areia + esterco bovino + vermiculita (1:1:1; v:v:v) + NPK. O substrato composto pela mistura de bagaço de cana + torta de filtro (3:2; v:v) e o substrato comercial, ambos fertilizados com adubo de liberação lenta, foram os que conferiram maior crescimento e

melhor estado nutricional às mudas de maracujazeiro amarelo.

Para uma melhor visualização dos artigos expostos neste trabalho, montou-se um gráfico para comparar a eficiência de cada substrato sobre o desenvolvimento da muda cultivada. Os artigos apresentados possuem diversos resultados de acordo com a composição do substrato. Portanto, para a montagem do Gráfico 1 foram escolhidos os resultados das mudas que obtiveram maior desenvolvimento.

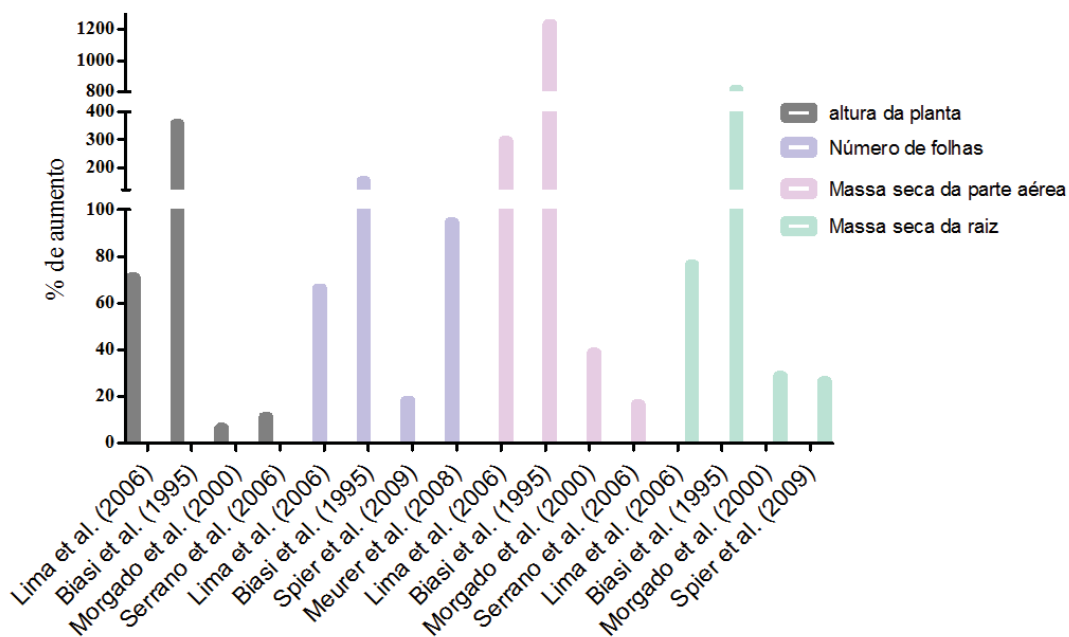


Gráfico 1 - Comparação entre os resultados dos artigos analisados

Analisando o gráfico do Gráfico 1 nota-se que o substrato utilizado por Biasi et al. (1995) (50% de turfa + 50% de bagaço de cana) foi o de maior relevância entre os analisados. Para calcular a porcentagem de aumento, dos parâmetros analisados para o tomateiro, foi considerado como substrato controle o tratamento contendo 100% de turfa.

Lima et al. (2006) também obtiveram bons resultados de altura e massa seca da muda de mamoneira utilizando cama de frango + solo + bagaço de cana, comparado com o controle (solo contendo 95% de areia grossa + areia fina).

Meurer et al. (2008) conseguiram 95% de aumento do número de folhas cultivando mudas de orquídeas em substrato contendo cerâmica + bagaço de cana se comparado com o controle contendo cerâmica + xaxim.

Morgado et al. (2000), Serrano et al. (2006) e Spier et al. (2009) não alcançaram resultados tão altos quanto os obtidos por Biasi et al. (1995),

Lima et al. (2006) e Meurer et al. (2008), como mostra o gráfico da Figura 1, utilizando bagaço de cana + torta de filtro; bagaço de cana + torta de filtro + fertilizante Osmocote e bagaço de cana-de-açúcar triturado, respectivamente.

2.5. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na dieta animal

O Brasil apresenta excelentes condições para a exploração de bovinos, caprinos e ovinos em pastagens, porém, em determinadas regiões, a dificuldade de se produzir alimentos volumosos, em épocas secas, tem sido a principal limitação imposta a muitos produtores (SARMENTO et al., 1999). Nas regiões tropicais do Brasil, a produção estacional de forragem é um fato concreto que tem causado enormes prejuízos à pecuária nacional, pois a maioria dos produtores não se prepara para suplementar os rebanhos no período de escassez de forragem de boa qualidade. Entre as opções existentes no momento, o aproveitamento de restos de culturas e subprodutos da agroindústria tem se mostrado interessante e viável (CÂNDIDO et al, 1999).

A cana-de-açúcar e seus coprodutos como volumoso na alimentação de ovinos tem grande importância, como opção para minimizar o custo das dietas, contribui para a produção de carcaças a um baixo custo, principalmente em regiões sucroalcooleiras (BRASIL, 2007). O bagaço de cana-de-açúcar tem sido utilizado como fonte alternativa na suplementação animal no período de escassez de forragens.

Porém, uma vez que, como outros alimentos fibrosos, é constituído de celulose, hemicelulose e lignina, sua utilização tem sido minimizada, por ser considerado volumoso de baixa qualidade (PIRES et al, 2006). No Brasil, dietas para confinamento tradicionalmente são balanceadas com altas proporções de volumosos, devido aos altos custos dos grãos e dos concentrados proteicos (BULLE et al, 1999).

O valor nutritivo desse resíduo lignocelulósico é baixo, devido às ligações que ocorrem na parede celular entre a celulose, a hemicelulose e a lignina. Porém, existem algumas maneiras práticas de melhorar o aproveitamento do bagaço na alimentação animal. Para isso, usam-se tratamentos químicos e físicos (TEIXEIRA et al, 2007).

Segundo Mattos (1985) citado por Sarmento et al (1999), o composto químico deve possuir certas características para que sua utilização possa ser recomendada em larga escala: deve promover aumento efetivo na digestibilidade e/ou consumo do material; o custo do tratamento deve ser viável; o produto químico deve ter alta disponibilidade no mercado; o resíduo químico, no material tratado, não pode ser tóxico ao animal; o composto químico deve ser nutriente exigido

pelo animal ou possuir valor fertilizante; o agente químico deve ter ação preservativa, no caso de conservação do material tratado; não deve ser tóxico e nem corrosivo ao homem; e é desejável que a reação química seja rápida.

Os tratamentos químicos e físicos utilizados para melhorar a qualidade do bagaço de cana-de-açúcar, visam eliminar ou diminuir os efeitos prejudiciais da lignina sobre a degradação de compostos celulósicos pelos microrganismos do rúmen, promovendo a ruptura das complexas ligações químicas daquele componente com a celulose e hemicelulose, disponibilizando o material, teoricamente, para adesão da população microbiana e ataque enzimático fibrolítica (VAN SOEST, 1994).

Bulle et al. (2002) testaram dietas com três níveis de bagaço in natura (BIN), (9, 15 e 21% de Matéria Seca (MS)) em tourinhos por 139 dias. Entre os três níveis crescentes de fibra estudados houve diferenças quanto ao ganho de peso vivo. Os animais do tratamento 15% de BIN na matéria seca apresentaram ganho maior (1,36 kg/dia) que os animais do tratamento 9% de BIN (1,20 kg/dia). Os animais que receberam dieta com 15% de BIN consumiram 7,93 kg MS/dia, consumo maior que os animais tratados com 9% de BIN na matéria seca que consumiram 6,85 kg MS/dia. Entre os três níveis de fibras, a eficiência de conversão alimentar foi a mesma, de 0,176; 0,172 e 0,169. Houve maior consumo para os animais recebendo dietas com maior teor de BIN.

Pires et al. (2004) utilizaram bagaço de cana-de-açúcar in natura e bagaço tratado com sulfeto de sódio e/ou amônia na alimentação de novilhas. Verificou-se efeito para ganho de peso diário e total, observando-se maiores ganhos para os tratamentos com NH₃. Os valores médios encontrados para ganho de peso no período foram de 40,0; 39,0; 58,5; e 57,3 kg e para ganho de peso diário, 702, 684, 1026 e 1005 g/cab, respectivamente, para o bagaço sem tratamento, tratado com Na₂S, tratado com NH₃ e tratado com NH₃ mais Na₂S. O consumo de MS em kg/dia foi maior para os animais que receberam bagaço tratado com NH₃ (6,81 kg/dia) e tratado com NH₃ mais Na₂S (6,38 kg/ dia). O consumo de MS, em função do peso metabólico, em função do peso vivo foi de 76,72; 82,46; 100,18; e 97,44 gMS/kg, para os respectivos tratamentos controle, Na₂S, NH₃ e NH₃ mais Na₂S, mostrando também a superioridade do material amonizado. Por sua vez, a conversão alimentar não foi influenciada pelos tratamentos, registrando-se valores de 7,26; 7,73; 6,69; e 6,33, respectivamente, para os tratamentos testemunha, Na₂S, NH₃ e NH₃ mais Na₂S.

Pereira et al. (2008) avaliaram o efeito da adição de 2, 4 e 6% de NaOH peso/ peso sobre a digestibilidade dos nutrientes do bagaço

de cana-de-açúcar em dietas para coelhos em crescimento. Observou-se que a adição de NaOH não afetou significativamente os valores do coeficiente de digestibilidade (CD) da MS do bagaço, que variaram de 23 a 28%. Comportamento semelhante foi observado para o CD da FDN, onde a adição de soda não foi eficaz no processo de deslignificação da fração fibrosa do bagaço. Entretanto, foi observada diferença significativa entre os CD da FDA nos diferentes tratamentos mostrando uma resposta linear negativa entre o teor de NaOH e o CD da FDA ($y = -2,7615x + 20,042$, $R^2 = 0,984$). Dessa maneira, o tratamento foi ineficaz e prejudicial, pois com o aumento da porcentagem de soda ocorreu uma piora na digestibilidade da fibra em detergente ácido.

Murta et al. (2009) avaliaram ganho de peso e as características da carcaça em ovinos alimentados com bagaço de cana hidrolisado com teores crescentes de CaO (0,75; 1,5 e 2,25% com base na matéria seca). Houve efeito linear crescente no ganho de peso durante o período de confinamento (GPP) e ganho de peso diário (GPD), com a utilização da pré-hidrólise com o CaO no bagaço de cana-de-açúcar. Não foi observado efeito dos tratamentos para as variáveis relacionadas com as características da carcaça.

Carvalho et al. (2007) notou que o tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia provoca melhoria na degradação ruminal da matéria seca, da fibra em detergente neutro, da fibra em detergente ácido e da hemicelulose.

3. METODOLOGIA

No intuito de analisar como é utilizado o bagaço de cana-de-açúcar pelas indústrias sucroalcooleiras foram enviados questionários às usinas da região de Votuporanga – SP e Ourinhos – SP. O questionário apresenta questões abertas, permitindo uma interpretação objetiva, sendo abordadas de forma clara, partindo de temas gerais para os mais específicos ao objetivo do trabalho. Tanto a análise quanto a síntese das respostas obtidas através dos questionários, foram realizadas de forma descritiva, possibilitando observar e descrever os resultados, através de correlações entre eles, com o intuito de exibir o que está sendo feito acerca do tema explorado dentro das sucroalcooleiras.

A participação das usinas ou destilarias no presente trabalho partiu da disponibilidade destas em responder ao questionário. Foram selecionadas 20 usinas ao redor de Ourinhos e Votuporanga, sendo que 50% se disponibilizaram em responder as questões. Dentro dos resultados obtidos das usinas analisadas, pode-se verificar que uma delas possui um projeto diferenciado para uso do bagaço. Foi então feita uma visita técnica detalhada, apresentada na discussão deste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as variáveis obtidas com o questionário, observou-se que o principal destino do bagaço dentro das usinas é a cogeração de energia. Todas utilizam o bagaço para produção de energia, sendo que a uma delas também possui um projeto de tratamento do bagaço remanescente para utilizá-lo na alimentação de ruminantes.

Com relação à produção de energia, 10% das usinas analisadas não possui matéria-prima suficiente para suprir suas próprias demandas de energia, ao passo que 60% das empresas possuem excedentes do bagaço, mesmo após sua utilização para cogeração de energia.

Na comercialização do bagaço in natura, observa-se que 50% realizam a venda dos excedentes do bagaço, seja entre as unidades da própria empresa, para concessionárias, ou também para outras empresas que fazem uso da matéria-prima, havendo excedentes para tanto mesmo após utilizar o bagaço para cogeração de energia. Verificou-se também que 30% das indústrias não possuem excedentes da matéria-prima. Uma das empresas que não possui excedentes do bagaço tem como projeto futuro, para a utilização do mesmo, a instalação de cogeração de energia na unidade para venda.

Das indústrias sucroalcooleiras analisadas, 50% geram em média 482 ton/dia de cinzas a partir do bagaço da cana-de-açúcar, sendo destinadas à área agrícola, ao adubo do solo da lavoura, ou destinadas ao pátio de compostagem juntamente com a torta de filtro.

O Gráfico 2 apresenta uma comparação entre as variáveis obtidas. Nota-se que o maior potencial de energia gerado foi de 2.160 MW por dia. Esta indústria não comercializa o bagaço, e o retorna para a caldeira para ser reaproveitado. As empresas que apresentaram baixo ou quase nenhum potencial de energia gerado foram mensuradas em KWh, e utilizam cogeração de energia suficiente para consumo próprio. Apenas uma destas não possui matéria-prima suficiente para suprir sua própria demanda.

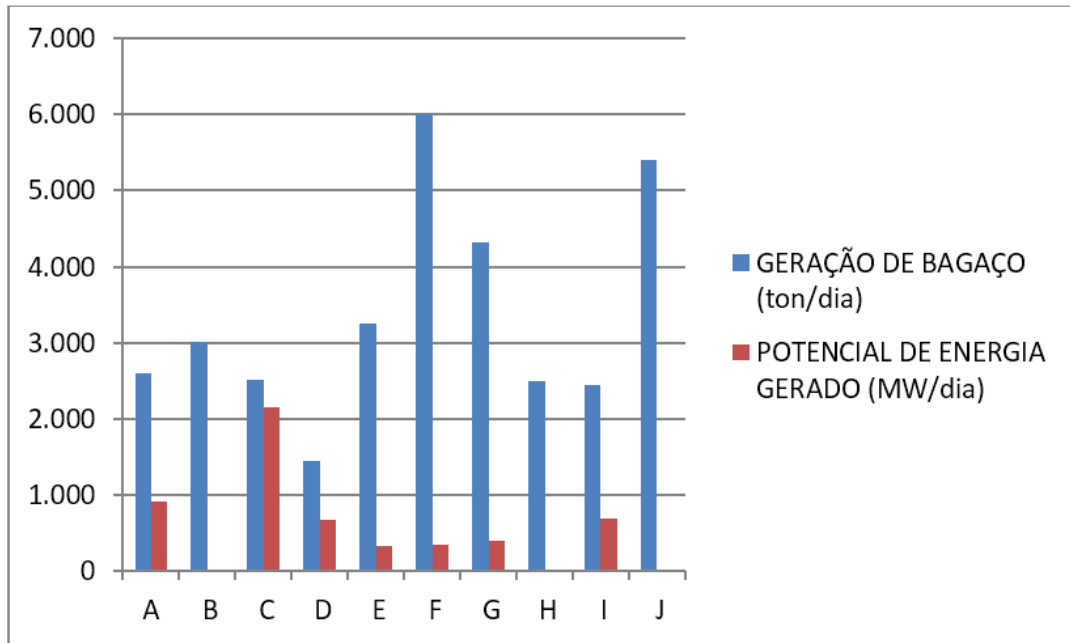


Gráfico 2 - Correlação entre geração de bagaço e potencial de energia gerado

A indústria D possui menor geração de bagaço e ainda assim produz mais energia que 50% das usinas. Provavelmente estas últimas não necessitam de tanta energia e por isso produzem menos, salvo a usina que não possui matéria-prima suficiente para seu próprio consumo de energia. O setor sucroalcooleiro utiliza a energia proveniente do bagaço da cana-de-açúcar para gerar eletricidade para seu próprio consumo. A queima do bagaço produz, em média, uma quantidade de energia igual a 4450 quilocalorias (kcal/kg) (BIZZO, 2007). A demanda por açúcar no mercado internacional tem sido crescente a cada ano, o mesmo pode se afirmar do álcool hidratado e anidro, devido à frota veicular nacional e internacional (Granato e Silva, 2002).

Considerando a safra de 2014/2015, o Brasil produziu 634,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em pouco mais de 9 milhões de hectares. A produtividade obtida na atual temporada da safra foi de 70.495 kg/ha. A produção total de cana-de-açúcar moída foi de 634,8 milhões de toneladas, com redução de 3,7% em relação à safra 2013/14, que foi de 658,8 milhões de toneladas, com um total de 53,8% provindo de São Paulo. Observou-se também produção de 35,56 milhões de toneladas de açúcar. Em relação ao etanol, obteve-se produção de 28,66 bilhões de litros, com incremento de 703,2 milhões de litros, verificando-se alta de 2,5%. Deste total, 11,73 bilhões de litros foram de etanol anidro e 16,93 bilhões de litros de etanol hidratado (CONAB, 2015).

A usina que possui a maior capacidade de moagem de cana-de-açúcar e notável geração de bagaço produz energia elétrica

suficiente para suprir suas necessidades e também possui um projeto para tratar o bagaço que não foi utilizado na cogeração de energia elétrica, para sua utilização como ração animal, que será discutido no item posterior.

4.1. Estudo de caso

Das seis usinas analisadas, uma possui, além de cogeração de energia, projeto para hidrolisar o bagaço tendo como finalidade o consumo animal.

A usina em estudo possui autossuficiência em energia elétrica resultando, ainda, disponibilidade de bagaço para ser hidrolisado. A hidrólise é realizada por via enzimática e o pré-tratamento utilizado é com pressão sob vapor a uma temperatura de 216 °C, sendo o tempo gasto no tratamento de 10 a 15 minutos.

O hidrolisador utilizado da marca Caldema tem capacidade de produção de 1.470 Kg/h. A Tabela 1 mostra as especificações do equipamento.



Figura 1 - Hidrolisador de bagaço

Tabela 1 - Especificação técnica do hidrolisador

Item	Especificação
Equipamento nº/ano fabricação	482/1986
Produção máxima contínua	1470 Kg/h
Máxima pressão de trabalho	17 Kgf / cm ²
Temperatura do vapor	216 °C
Matéria prima	Bagaço de cana de açúcar
Norma de fabricação	ASME VIII (american society of mechanical engineers)

De acordo com questionário respondido pela usina em questão os maiores desafios enfrentados durante o processo de hidrólise são apenas operacionais.

5. CONCLUSÃO

Constatou-se que existe um grande potencial de trabalhos e pesquisas voltados ao bagaço de cana-de-açúcar. Através da análise do questionário averiguou-se, porém, que o destino deste subproduto é, na maioria das usinas pesquisadas, somente para cogeração de energia. Dessas 20 empresas analisadas, apenas uma se utilizou de reaproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar para outros fins, verificando assim a importância de se realizar este estudo de caso. Diversos pesquisadores estão estudando a utilização do bagaço para produção etanol de segunda geração e estão obtendo bons resultados, quando o material celulósico é deslignificado antes da hidrólise. Conclui-se, portanto, que como a maioria das usinas estudadas apresentam excedente de bagaço e cogeração de energia suficiente, pode ser de interesse lucrativo e socioambiental a implantação de outras formas de utilização do bagaço, como na utilização para produção do etanol de segunda geração, utilização das cinzas do bagaço na construção civil, produção de mudas e dieta animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, V.; SADDLER, J. N. Access to cellulose limits the efficiency of enzymatic hydrolysis: the role of amorphogenesis. *Biotechnology for Biofuels*, v. 3, n. 4, p. 1-11, 2010.

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço de cana sobre a pro-

dução de mudas de maracujá e tomate. *Scientia. Agricola.*, v. 53, n. 2, p. 239 – 243, 1995.

BIZZO, W. A. Tecnologias da biomassa para conversão de energia. In: *DIVERSIFICAÇÃO energética: uma estratégia de desenvolvimento para o Rio Grande do Norte*. Natal: UFRN, 2007.

BULLE, M. L. M.; RIBEIRO, F. G.; LEME, P. R. Uso do bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso em dietas de alto teor de concentrado. 1. Desempenho. In: *REUNIÃO ANUAL DA*

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

BULLE, M. L. M.; RIBEIRO, F. G.; LEME, P. R.; TITTO, E. A. L.; LANA, D. P. D. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 1, p. 444-450, 2002 (suplemento).

CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M. N.; PIMENTEL, J. C. M. P.; VASCONSELOS, V. R.; SAMPAIO, E. M.; NETO, J. M. Avaliação do Valor Nutritivo do Bagaço de Cana-de-açúcar Amonizado com Ureia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 928-935, 1999.

CANILHA, L.; MILAGRES, A. M. F.; SILVA, S. S.; SILVA, J. B. A.; FELIPE, M. G. A.; ROCHA, G. J. M.; FERRAZ, A.; CARVALHO, W. Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia

de “desconstrução” da fibra vegetal. *Revista Analytica*, n. 44, p. 48-54, dez. 2009/jan. 2010.

CARRASCO, F. Thermo-mechano-chemical pretreatment of wood in a process development unit. *Wood Science and Technology*, v. 26, n. 6, p. 413-428, 1992.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; SILVA, R. R.; MENDES, F. B. L.; PINHEIRO, A. A.; SOUZA, D. R. Degradabilidade in situ da matéria seca e da fração fibrosa do bagaço de cana-de-açúcar tratado com ureia. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 3, p. 447-455, 2007.

CASTRO, L. B. N.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, R. F.; MURTA, R. M.; Bagaço da cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. *Pubvet*, v. 2, n. 30, 2008.

CERQUEIRA, D. A.; FILHO, G. R.; CARVALHO, R. A.; VALENTE, A. J. M.; Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por 1H-RMN. *Polímeros*, vol. 20, n. 2, p. 85-91, 2010.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 1 – Safra 2014/2015, n.4. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br>>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia, 2007. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 28/06/2013.

COSTA, P. R. O.; DUARTE, F. S.; A utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte de energia renovável aplicada no setor sucroalcooleiro. Revista de Administração da Fatea, v. 3, n. 3, p. 2-107, 2010.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de tabebuia impetiginosa (mart. ex d.c.) standl. Revista Árvore, v. 29, n. 4, p. 507 – 516, 2005.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

FERRAZ, A.; MENDONÇA, R.; COTRIM, A. R.; SILVA, F. T. The use of white-rot decaying as a pretreatment for organosolv delignification of Eucalyptus grandis wood. Workshop on Applications of Biotechnology in Bioenergy Systems, Anais...Ottawa, Canadá, 1994.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. Viçosa: UFV, 2004, p. 190-225.

GONÇALVES, D. M.; BELLONI, D. F.; FRANCO, J. M.; ARAÚJO, J. H. B. Produção de bioetanol por conversão enzimática. OLAM – Ciência & Tecnologia, ISSN 1982-7784 – n. 2, n. especial, p. 106 – 124, 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/article/viewArticle/2833>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

GRANATO, E. F.; SILVA, C. L. Geração de energia elétrica a partir do resíduo de vinhaça. An. 4. Encontro energia no meio rural, 2002.

ICIDCA-GEPLACEA-PNUD. Manual de los derivados de La caña de azúcar. 2.ed. México: Geplacea, 1990. 447p.

ICIDCA. Manual dos derivados da cana de açúcar. Brasília: ABIPTI, 1999. 474p.

IEA. International Energy Agency 2005. World Energy Outlook. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org>>. Acesso em: 05 de nov. de 2015.

LEAL, C. L. D.; CASTRO, P. F. Aproveitamento da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como fíler em concreto asfáltico. *Vértices*, v. 9, n. 1/3, p. 9-20, 2007.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S. S.; SILVA, M. I. L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. *Ciência e agrotecnologia*, v. 30, n. 3, p. 474-479, 2006.

LIMA, S. A.; SALES, A.; MORETTI, J. P.; SANTOS, T. J.; Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo. *Revista Tecnológica*, v. Ed. Esp, p. 87-97, 2009.

MANSANEIRA, E. C., Verificação da pontencialidade do uso da cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição parcial ao cimento portland. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MARQUES, R.; O alvo é o bagaço. Subproduto abundante da indústria da cana dá vantagem competitiva ao brasil na busca do etanol de segunda geração. *Pesquisa Fapesp*, 163, set. 2009. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=3934&bd=1&pg=1&lg=>>. Acesso em: 24 ago. 2011

MARTÍN, C.; ALMAZÁN, O.; MARCET, M.; JÖNSSON, L.J. A study of three strategies for improving the fermentability of sugarcane bagasse hydrolysates for fuel ethanol production. *International Sugar Journal*, v. 109, n. 1267, p. 33-39, 2007.

MARTÍN, C.; GALBE, M.; WAHLBOM, C. F.; HAHN-HÄGERDAL, B.; JÖNSSON, L. J. Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 31, n. 3, p. 274-282, 2002.

MARTÍN, C.; GONZÁLEZ, Y.; FERNANDEZ, T.; THOMSEN, A. B. Investigation of cellulose convertibility and ethanolic fermentation of sugarcane bagasse pretreated by wet oxidation and steam explosion. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 81, p. 1669–1677, 2006.

MATTOS, W. R. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1985, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1985, p.53.

McMILLAN, J. D. Pretreatment of lignocellulosic biomass. In: HIMMEL, M. E.; BAKER, J. O.; OVEREND, R. P. Enzymatic conversion of biomass for fuels production. v. 566, ACS, Washington (EUA), 1994, p. 294-324, ACS Symposium Series.

MEDINA, K. J. D. Produção de bioetanol a partir de hidrolisado hemi-celulósico de bagaço de cana-de-açúcar empregando as leveduras *Scheffersomyces (Pichia) stipites* NRRL Y-8001 e *Candida shehatae* UFMG HM 52.2 visando a aplicação em bioprocessos com campo eletromagnético. Tese de pós-graduação – Universidade de São Paulo. Lorena, 2013.

MEURER, F. M.; BARBOSA, C.; ZONETTI, P. C.; MUNHOZ, R. E. F.; Avaliação do Uso de Bagaço De Cana-de-Açúcar como Substrato no Cultivo de Mudanças de Orquídeas. *SaBios: Revista de Saúde e Biologia*, v.3, n.2, p.45-50, 2008.

MURTA, R. M.; CHAVES, M. A.; SILVA, F. V.; BUTERI, C. B.; FERNANDES, O. W. B.; SANTOS, L. X. Ganho em peso e características da carcaça de ovinos confinados alimentados com bagaço de cana hidrolisado com óxido de cálcio. *Ciência Animal Brasileira*, v. 10, n. 2, p. 438-445, 2009.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, v. 57, n. 4, p. 709-712, 2000.

MOSIER, N.; WYMAN, C.; DALE, B.; ELANDER, R.; LEE, Y. Y.; HOLT-ZAPPLE, M. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, v. 96, p. 673–686, 2005.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R. Economic utilization of crop residues for value addition: a futuristic approach. *Journal of Scientific & Industrial Research*, v. 59, p. 12–22, 2000.

PAOLIELLO, J. M. M.; Aspectos ambientais e potencial energético no Aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira. 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Estadual Paulista, Bauru.

PAULA, M. P.; LACERDA, T. M.; ZAMBON, M. D.; FROLLINI, E. Hidrólise ácida de celulose de sisal: estudos visando obtenção de nanofibras e de bioetanol. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 10., 2009, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2009.

PEREIRA, R. A. N.; FERREIRA, W. M.; GARCIA, S. K.; PEREIRA, M. N.; BERTECHINI, A. G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio em dietas para coelhos em crescimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 2, p. 573-577, 2008.

PEREIRA Jr., N.; COUTO, M. A. P. G.; SANTA ANNA, L. M. M. Biomass of lignocellulosic composition for fuel ethanol production and the context of biorefinery. In Series on Biotechnology, Rio de Janeiro: Ed. Amiga Digital UFRJ, v.2, 2008, 45 p.

PERES, L. Governo estuda como fazer cortes em residências. O Estado de São Paulo, São Paulo, 20 maio 2001. Economia & Negócios, p. B1.

PIETROBON, V. C.; MONTEIRO, R. T. R.; POMPEU, G. P.; BORGES, E. P.; LOPES, M. L.; AMORIM, H. V.; CRUZ, S. H.; VIÉGAS, E. K. D. Enzymatic Hydrolysis of Sugarcane Bagasse Pretreated with Acid or Alkali. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 54, n. 2, p. 229-233, 2011.

PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; SILVA, P. A.; VELOSO, C. M. Novilhas Alimentadas com Bagaço de Cana-de-Açúcar Tratado com Amônia Anidra e, ou, Sulfeto de Sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

PIRES, A. J. V.; REIS, R. A.; CARVALHO, G. G. P.; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (suplemento).

PIRES, L. Bagaço da cana gera energia. Correio Braziliense, Brasília, 2007. Disponível em:<<http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/44087.html>>. Acesso em: 07 jul. 2008.

PITARELO, A. P. Produção de etanol celulósico a partir do bagaço de cana pré-tratado por explosão a vapor. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

PRIETO, M. G. S.; Alternativas de cogeração na indústria sucroAlcooleira, estudo de caso. 2003. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.

RABELLO, T.; YONEYA, F.. Bagaço de cana, resíduo cada vez mais lucrativo. O Estado de São Paulo, São Paulo, 09 set. 2008. Disponível em:<<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=98820>>. Acesso em: 09 set. 2008.

RIBEIRO, S. K. O álcool e o aquecimento global. Rio de Janeiro: CNI, COOPERSUCAR, 1997. 112p.

RODRIGUES, A.; SANTOS, R. F.; AVACI, A. B.; ROSA, H. A.; CHAVES, L. I.; GASPARIN, E. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da vinhaça. Acta Iguazu, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 80-93, 2012.

ROSA, S. E. S.; GARCIA, J. L. F. O etanol de segunda geração: limites e oportunidades. *Revista do BNDES*, n. 32, p. 117-156, 2009.

SAAD, M. B. W. Avaliação técnica e econômica preliminar da produção de etanol via hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar. 2010. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena.

SALES, A. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de artefatos para infraestrutura urbana: caracterização do resíduo e avaliação de argamassas e concretos – nº 08/06486-4. Pesquisa FAPESP. 2010

SANCHEZ, O. J.; CARDONA, C. A. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. *Bioresource Technology*, n. 99, p. 5270 – 5295, 2008.

SANTOS, J. R. A., GOUVEIA, E. R. Produção de bioetanol de bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 1, p. 27-33, 2009.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; NASCIMENTO, A. S. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, p.1203-1208, 1999.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, C. M. M.; OGLIARI, J.; CARVALHO, A. J. C.; MARINHO, C. S.; DETMANN, E. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, n. 3, p. 487-491, 2006.

SILVA, M. G. E. da SILVA JÚNIOR, J. L. da PINTO JÚNIOR, C. R. T. Produção de Etanol de Segunda Geração: Uma Revisão. *Revista Científica da UNIFAE*, v.4, n.2, p. 59 – 71, 2010.

SOUTO, J. M. F. Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concreto. 2010. 105 f. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SPIER, M.; SILVA, D. S.; SCHÄFER, G.; SOUZA, P. V. D. Cultivo de flor-de-mel em substrato de bagaço de cana-de-açúcar. *Scientia Agraria*, v. 10, n. 3, p. 251-255, 2009.

SUN, Y., CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, 83:1–11, 2002.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A. V.; NASCIMENTO, P. V. N. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 8, n. 6, vantagens 2007. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>>. Acesso em: 22 de jan. de 2012.

UNICA - União da indústria de cana-de-açúcar. A Indústria da cana-de-açúcar: etanol, açúcar, bioeletricidade. São Paulo, SP: UNICA, 2015. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/multimedia/>>. Acesso em: 05 nov. 2015. VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 1994, 476 p.

VIAN, C. E. F. Energia elétrica. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CON-TAG01_131_22122006154842.html> Acesso: 05 de nov. de 2015.