

## FORMAS DE GESTÃO E APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A REVIEW OF THE FORMS OF WASTE MANAGEMENT AND APPLICATION OF CANE  
SUGAR IN ORDER TO REDUCE ENVIRONMENTAL IMPACTS

Cristina Fernanda Schneider<sup>1\*</sup>, Deisnara Giane Schulz<sup>2</sup>, Paulo Ricardo Lima<sup>3</sup>, Affonso Celso Gonçalves Júnior<sup>4</sup>

**Resumo:** A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma gramínea originária da Ásia e Índia e introduzida no Brasil na época colonial, constituindo-se como um dos principais segmentos da economia brasileira, sendo grande geradora de emprego e renda. A alta produção da cana-de-açúcar e consequente expansão industrial e agrícola são também formadores de grande quantidade de resíduos e consequentemente grandes poluidores. Diante do exposto esta revisão objetivou apresentar uma breve fundamentação teórica, e conceitual quanto aos temas e conceitos ligados a gestão e aplicação dos resíduos da cana-de-açúcar, visando redução dos impactos ambientais. Dentre as propostas para um sistema agroindustrial mais sustentável a correta gestão dos resíduos sólidos pode transformar um resíduo de uma atividade a insumo de outra. Sendo assim são importantes as ações voltadas à gestão correta dos resíduos gerados pela agricultura e indústria da cana-de-açúcar, possibilitando uma produção responsável e comprometida com o conceito de desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** palha, vinhaça, bagaço, *Saccharum spp.*

**Abstract:** The sugar cane (*Saccharum spp.*) is a grass native to Asia and India and introduced in Brazil in colonial times, becoming one of the main segments of the Brazilian economy, with major generator of employment and income. The high production of cane sugar and consequent expansion of industry and agriculture are also forming large amount of waste and consequently large polluters. For the foregoing this review aimed to present a brief theoretical and conceptual about the themes and concepts related to waste management and application of cane sugar in order to reduce environmental impacts. Among the proposals for a more sustainable agribusiness system to correct solid waste management can transform a residue from one activity to another input. So important are the actions for correct management of waste generated by agriculture and industry of cane sugar production enabling a responsible and committed to the concept of sustainable development.

**Keywords:** straw, vinasse, bagasse, *Saccharum spp.*

### INTRODUÇÃO

A grande expansão agroindustrial, paralela à utilização dos recursos ambientais tem mobilizado vários segmentos da sociedade para a correta gestão ambiental destes, e assim tem-se aplicado políticas ambientais, a fim de diminuir impactos negativos a natureza. Constantes revisões têm ocorrido nas resoluções ligadas a resíduos, tais como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e o CONAMA que classificam e propõem metas de redução, reutilização e reciclagem. Enfim, o século 21 está preocupado principalmente como o meio ambiente e a sustentabilidade do planeta (PELIZER et al., 2007).

O termo resíduo, geralmente, é associado à lixo, porém, sabe-se hoje que os resíduos sólidos são considerados como aqueles que possuem valor econômico agregado, por possibilitarem seu reaproveitamento, sendo

os resíduos da biomassa transformados em matéria prima para diversos outros processos (SILVA et al., 2011).

Dos resíduos produzidos, grandes partes provem da área agrícola e industrial, e Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil as estimativas da geração de resíduos oriundos das agroindústrias associadas à agricultura representaram em torno de 290.838.411 toneladas de resíduos para o ano de 2009. Destes, os resíduos que mais contribuíram com estes valores, cerca de 69 % foram o bagaço e a torta de filtro oriundos da cana-de-açúcar, gerados em sua maioria na região Sudeste do país (BRASIL, 2011).

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma gramínea cultivada inicialmente na Ásia e Índia e introduzida no Brasil na época colonial, sendo hoje muito cultivada em regiões tropicais e subtropicais do país. A cultura da cana-de-açúcar assumiu grande importância nos últimos anos

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 11/09/2012; aprovado em 19/12/2012

1\* Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: tina.schneider@hotmail.com

2 Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: deisi\_gs@hotmail.com

3 Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: paulorikardoo@hotmail.com

4 Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: affonso133@hotmail.com

devido a alta produção alcançada, e em consequência disseminou-se por todos os estados brasileiros, tendo sido conduzida nas mais diferentes condições climáticas, solo, técnicas e tratos culturais (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2009).

Com expansão na produção da cana-de-açúcar houve a necessidade da busca por novas cultivares e espécies diferenciadas quanto ao conteúdo de fibras e açúcares. Desta forma estão sendo conduzidos diversos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, com o objetivo de obter cultivares que elevem a produtividade de energia, na forma de etanol, fibra, entre outros (MARQUES et al., 2008).

Paralelamente ao aumento na produção ocorre o aumento na produção de resíduos advindos desta cultura. Destacam-se, entre os resíduos gerados, a água de lavagem da cana, o bagaço, as cinzas de caldeira, a torta de filtro e a vinhaça (CÓ JUNIOR et al., 2008). Diante do exposto esta revisão objetivou apresentar uma breve fundamentação teórica e conceitual quanto aos temas e conceitos ligados a gestão e aplicação dos resíduos da cana-de-açúcar, visando redução dos impactos ambientais.

### **A cultura da cana-de-açúcar**

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) apresenta importância no cenário agrícola brasileiro devido a sua grande versatilidade, sendo ela utilizada desde a forma mais simples como ração animal, até a mais nobre como o açúcar. De todas as estruturas da cana, podem ser obtidos algum recurso, sendo o caldo obtém-se matéria prima para o açúcar, a cachaça, o álcool, a rapadura e outros; do bagaço, obtém o papel, a ração, o adubo ou o combustível; das folhas a cobertura morta ou ração animal. Desta forma, a agroindústria da cana-de-açúcar envolve atividades agrícolas e industriais, além da geração de emprego e renda (VASCONCELOS, 2002; STRAPASSON et al., 2007).

A hipótese mais aceita sobre a origem e expansão da cana-de-açúcar é que ela tenha sido originária de regiões quentes e tropicais da Ásia, se difundindo para vários lugares do Oceano Pacífico, Golfo de Bengala, aparecendo como planta produtora de açúcar na Índia tropical (RIPOLI et al., 2007).

A partir das características rústicas, várias modificações genéticas foram sendo alcançadas e aliadas aos elevados valores resultantes de comercialização, faz do Brasil o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia e Austrália. Em 2006, a produção de álcool atingiu 35,4% do total de 48 bilhões de litros produzido no mundo, evidenciando aumento de 4,35% em relação a 2005, este aumento é reflexo principalmente da demanda por combustíveis renováveis (BRASIL, 2005).

A elevada produção e desenvolvimento da cana-de-açúcar têm raízes históricas, que abrange principalmente a busca de tecnologias adequadas para os processos de produção sustentável. Para tanto as organizações estão sendo cada vez mais pressionadas a demonstrar um

gerenciamento adequado no seu sistema de gestão ambiental. No tocante à gestão ambiental privada, a família de normas ISO 14000 apresenta as formas de gerenciamento para o controle de seus aspectos ambientais e para a melhoria de seu desempenho ambiental, oferecendo diversos benefícios econômicos, que estão associados a benefícios ambientais (POMBO & MAGRINI, 2008).

Porém, os avanços na produção aliados as adequações das indústrias as normas ambientais se contradizem quando se observa a prática da colheita da cana-de-açúcar, que segundo Ribeiro & Pesquero (2010) da produção brasileira de cana-de-açúcar, só 25% têm colheita mecanizada e o restante é queimado antes da colheita manual, devido aos custos agregados a colheita e também a menor produtividade dos cortadores na colheita da cana verde. As mesmas autoras destacam ainda que foi aprovada, no Estado de São Paulo, a Lei n.11.241, que dispõe sobre a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar e estabelece um cronograma do ano 2002 a 2031, evidenciando os impactos ambientais causados por essa prática.

A colheita inadequada não permite a adequada aplicação e aproveitamento dos resíduos, sendo outro agravante no sistema de produção da cana-de-açúcar. Pois segundo Guedes et al. (2010), na produção do álcool combustível, por exemplo, produz-se em média a cada tonelada de cana-de-açúcar, 140 kg de bagaço e 140 kg de palha como resíduo.

Adicionalmente, grande parte dos resíduos gerados nos processos de produção industrial da cana-de-açúcar pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais e atender à crescente demanda por tecnologias e fontes alternativas mais eficientes, econômicas e sustentáveis (SAVASTANO JR. & WARDEN, 2003).

Segundo Dias et al. (2009) as fontes que tem se destacado como a biomassa da cana-de-açúcar para produção de energia são o bagaço e a palha da cana, assim como a maioria dos resíduos de biomassa obtidos nas atividades agrícolas e industriais, possuem elevados teores de materiais lignocelulósicos fazendo com que se tornem matérias-primas capazes de produzir energia.

Esta elevada disponibilidade de biomassa residual resultante do processo de colheita, e industrialização da cana-de-açúcar tem papel importante na produção de energia utilizando fontes renováveis, sendo de grande viabilidade econômica e ambiental da produção de biocombustíveis por processos de termoconversão, além disso, a otimização deste reaproveitamento agrega valor aos resíduos agroindustriais e florestais (GUEDES et al., 2010).

A tendência de estudos, como já foi reportado por Vásquez et al. (2007), é desenvolver processos biotecnológicos que permitam a utilização de biomassas residuais de cana-de-açúcar que são abundantemente geradas nos setores agrícolas e florestais, para a produção de bioetanol e bioenergia.

Os processos de reutilização e reaproveitamento de resíduos como os da cana-de-açúcar, economizam recursos naturais e reduzem os impactos ambientais ao serem utilizados em seu processo produtivo, quando comparados aos processos que utilizam matérias-primas virgens (RIBEIRO & MORELLI, 2009).

### Palha da cana-de-açúcar

Na colheita da cana-de-açúcar sem a realização da queimada, permanece sobre o solo uma espessa camada de resíduo que pode superar 20 t ha<sup>-1</sup>. Esses resíduos culturais na superfície do solo alteram as condições como a umidade, luminosidade e temperatura do solo (CORREIA & DURIGAN, 2004).

O tipo de colheita então, pode influenciar a produção e longevidade da cultura devido a influência das queimadas na degradação do meio ambiente, Souza et al. (2005) reportam que no sistema de colheita mecanizada sem queima, palhas, bainhas, ponteiro, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal denominada palha ou palhada.

Além dos benefícios ambientais devido à menor emissão de gás carbônico na atmosfera, Souza et al. (2005) evidenciaram que o sistema de colheita de cana-de-açúcar sem queima e com incorporação parcial dos resíduos culturais melhoram as condições físicas do solo e aumentam o potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Correia & Durigan (2004) estudaram os efeitos da cobertura do solo com palha de cana-de-açúcar sobre a emergência de *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Sida spinosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* e observaram que no sistema de colheita da cana crua, com a manutenção da palha de cana na superfície do solo ocorre uma redução na densidade populacional de *B. decumbens*, *S. spinosa* e *D. horizontalis*, em quantidades de palha iguais ou superiores a 10 t ha<sup>-1</sup>. No entanto estes mesmos autores, observaram que para as espécies *I. grandifolia* e *I. hederifolia* tendem a manter-se como plantas-problema, enquanto *I. quamoclit* deverá aumentar a sua densidade populacional.

Outra comprovação da eficiência da palha na cobertura do solo foi observada por Monquero et al. (2007) que destacaram que os herbicidas não mostraram controle satisfatório de *E. heterophylla* quando foi utilizada quantidade de palha superior a 15 t ha<sup>-1</sup> porém, nesta quantidade, a própria camada de palha pode ser utilizada como fator de supressão desta espécie daninha.

Além da utilização como cobertura do solo, Dias et al. (2009) reportam que o bagaço e a palha da cana, que eram considerados como resíduos industriais têm sido hoje utilizados também como produtores de energia térmica e elétrica em sistemas de cogeração instalados na maioria das sucroalcooleiras distribuídas pelo Brasil e estão com potencialidade em estudo para produção do etanol

celulósico, mais conhecido como etanol de segunda geração.

### Bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço da cana-de-açúcar é um subproduto resultante da extração do caldo da cana-de-açúcar em usinas ou destilarias na produção de álcool etílico e açúcar. Pode ser considerado atualmente como o principal resíduo agrícola brasileiro, devido à expansão na produção de álcool. A maior parte do bagaço produzido é utilizada na própria usina na geração de vapor para o suprimento de energia de seu parque industrial (LORA & NASCIMENTO, 2004).

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).

Carvalho et al. (2006), relataram que a amonização do bagaço de cana-de-açúcar com uréia proporciona melhoria no seu valor nutritivo, comprovada pela elevação do teor de proteína bruta e pela redução do conteúdo de fibra em detergente neutro. A amonização aumenta a digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar, em decorrência de alterações observadas nos constituintes da parede celular.

O tratamento do bagaço da cana-de-açúcar com amônia anidra também apresentou melhoria na degradabilidade da matéria seca, da fibra detergente neutra e da fibra detergente ácida (PIRES et al., 2004).

O bagaço também pode ser utilizado como ração de ruminantes, isso pode ser demonstrado por Pelizer et al. (2007), que após cultivarem o bagaço da cana-de-açúcar em meio com *Spirulina platensis* verificaram que houve um incremento proteico, pois este inicialmente era de 2,3% e após o cultivo foi de 7,2%.

Outra forma de aproveitar o resíduo do bagaço da cana-de-açúcar é realizando compostagem, que pode ser definida como um processo biológico aeróbio de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos, resultando na formação de composto estável. No processo de compostagem, a matéria orgânica é decomposta principalmente pela ação de microrganismos e enzimas, resultando na fragmentação gradual e oxidação de detritos (BUDZIAK et al., 2004).

Magalhães et al. (2006), verificaram que o bagaço de cana-de-açúcar triturado, utilizado como filtro de água residuária de suinocultura pode ser tratado pelo processo de compostagem e utilizado para adubação agrícola sem oferecer risco sanitário de manipulação quanto ao *Streptococcus fecalis*. E ainda apresentando características físicas, químicas e biológicas que atendem a legislação pertinente ao composto orgânico utilizado na agricultura.

A briquetagem é outra opção para utilizar o bagaço da cana-de-açúcar, este é um processo no qual, resíduos

lignocelulósicos, como serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, entre outros, são compactados, possibilitando seu aproveitamento como matéria-prima na substituição da lenha por um produto equivalente (SCHUTZ et al., 2010). Sendo assim, os briquetes podem dar um destino viável econômico e ambiental aos resíduos (PAULA et al., 2011).

Na maioria das vezes os briquetes são produzidos pelo uso de temperatura e pressão. O aumento da temperatura faz com que a lignina se torne plástica e atue como lignina natural das partículas durante a compactação (CHEN et al., 2009). Com o bagaço de cana-de-açúcar também é possível produzir briquetes, pois possuem resistência mecânica e combustão desejáveis (PAULA et al., 2011).

### **Cinzas**

Da queima do bagaço de cana-de-açúcar, para fins de geração de energia nas indústrias sucro-alcooleiras, produz-se cinza como material residual, cuja disposição não obedece, na maior parte dos casos, a práticas propícias, podendo-se configurar em sério problema ambiental. Constituída, basicamente, de sílica, SiO<sub>2</sub>, a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) tem potencial para ser utilizada como adição mineral, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos (CORDEIRO et al., 2008).

A utilização pela construção civil de resíduos gerados em outros setores da economia é vantajosa não apenas em virtude do aumento da atividade industrial e, conseqüentemente, de subprodutos, mas, sobretudo, devido à redução da disponibilidade de matérias-primas não renováveis, tão necessárias às atividades da construção civil convencional (PAULA et al., 2009).

Lima et al. (2009), confeccionaram argamassas utilizando cinzas do bagaço da cana-de-açúcar em substituição a areia natural e verificaram que as cinzas apresentaram características físicas semelhantes a areia, assim como apresentaram resultados satisfatórios relacionados a resistência à compressão e repressão por secagem.

A adição de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em argamassas de cimento Portland, proporcionaram argamassas mais porosas com maior absorção de água, e resultados de compressão indicaram viabilidade de substituição de até 20% de cimento pelas cinzas sem prejuízo de resistência (PAULA et al., 2009).

### **Águas residuais geradas pelos processos nas indústrias sucroalcooleiras**

A água de lavagem da cana-de-açúcar é outro resíduo gerado pela agroindústria sucroalcooleira. Estima-se que uma usina média, que mói em torno de um milhão de toneladas de cana por safra, capte, dos mananciais locais,

o mesmo que uma cidade de 50 mil habitantes. Em razão das diferenças de rendimentos, apresentadas pelos equipamentos utilizados em cada usina, pode-se considerar que a produção média atual de água condensada no processo esteja em torno de 1 mil m<sup>3</sup> para cada 5 mil sacas de açúcar produzido (GONÇALVES et al., 2008).

Além do consumo elevado, o destino final da água utilizada na lavagem da cana também representa uma potencial ameaça à qualidade dos mananciais, uma vez que o processo gera um efluente poluído, que, hoje só pode ser descartado no meio após a redução de sua carga orgânica e da recuperação da transparência, através de tratamentos regulados por legislação específica e fiscalizados pelo Estado (GONÇALVES et al., 2008).

Apesar de ser um resíduo de grande importância, e que representa ameaça ao meio ambiente, existe uma grande carência de trabalhos científicos que demonstrem alternativas de utilização deste resíduo.

### **Torta de filtro**

A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar. O lodo formado passa por um processo de filtração a vácuo, recebendo, então, a denominação de torta de filtro (FRAVET et al., 2010). Para cada tonelada de cana moída, são produzidos de 30 a 40 kg de torta de filtro (SANTOS et al., 2010). Para Figueiredo & Scala Junior (2011), a cada tonelada de cana processada, são produzidos de 18 a 30 kg de torta de filtro.

A torta de filtro é também uma fonte potencialmente poluidora, pois, assim como a vinhaça, se usada de forma inadequada, pode causar danos ambientais graves como a contaminação dos cursos d'água e do solo. Como se trata de um composto orgânico rico em cálcio, nitrogênio e potássio, torna-se interessante o seu uso como fertilizante (ROSSETO, 2004). Segundo Demattê et al. (2005) a torta de filtro tem um papel importante devido a sua composição de nutrientes, o que a torna muito importante como uma possível fonte de nutrientes para as plantas.

A aplicação eficiente dos próprios resíduos como fertilizantes, em especial da vinhaça e da torta de filtro, apresenta duas vantagens ambientais, onde possibilitam diminuir consideravelmente o uso de adubos sintéticos e evitam que estes efluentes sejam depositados diretamente em corpos d'água (ROSSETO, 2004). Segundo Anjos et al. (2007) é viável a substituição da adubação química pela orgânica sem perdas na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos de colmos e de açúcar mascavo artesanal.

Este resíduo tem composição química variável, dependendo da variedade, época de maturação, tipo de solo, processo de clarificação, entre outros (ALMEIDA JUNIOR et al., 2011). Um exemplo da composição da torta de filtro está representada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Torta de filtro obtida junto à Destilaria Alvorada do Oeste, no município de Santo Anastácio (SP)

pH (65°C)	Umidade (%)	MO	N P		K	Ca	Mg	S	Cu Mn Zn Fe (mol l <sup>-1</sup> )			
			g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>			
5,4	79,7%	57,25	9,5	3,3	4,6	9,1	2,5	7,2	124	758	282	23808

Fonte: Santos et al., (2010)

A torta de filtro apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio e magnésio, com composição variável, dependendo da variedade da cana e da sua maturação (NUNES JUNIOR, 2005; SANTOS et al., 2010).

A grande quantidade de cálcio é resultante da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento para a fabricação do açúcar, já o fósforo, provém da adição de produtos auxiliares de floculação das impurezas do caldo (NUNES JUNIOR, 2008).

Uma dose de 20 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro na base úmida ou 5 Mg ha<sup>-1</sup> na base seca, pode fornecer 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 50% de magnésio, para a cultura da cana-de-açúcar, podendo ser aplicada em área total em pré-plantio, no sulco ou nas entrelinhas de plantio (NUNES JUNIOR, 2005).

Características deste resíduo como, ausência de alumínio, altos teores de potássio e acidez fraca (pH 6,0), permitem que a torta de filtro seja usada para práticas de correção do solo, sendo considerado um resíduo que promove condições químicas ideais para a estabilização da matéria orgânica do solo (BUSATO et al., 2010).

Nunes Júnior (2008) relata que a torta de filtro é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos de baixa fertilidade, pois, sai da filtragem com 75-80% de umidade, e sua composição química média apresenta altos teores de matéria orgânica e fósforo, sendo, também, rica em nitrogênio e cálcio, além de teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes.

A matéria orgânica da torta de filtro, mesmo quando aplicada na entrelinha, reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, disponibilizando esse elemento às raízes. Além disso, a reação da matéria orgânica da torta, por permitir maior estabilidade de agregados, potencializa a absorção de nutrientes (NUNES JUNIOR, 2005).

Conforme Nunes Júnior (2008), o fósforo existente na torta de filtro é orgânico, sendo que a liberação do mesmo e do nitrogênio se dão gradativamente, por mineralização e por ataque de micro-organismos no solo. Esse fósforo pode ser adicionado juntamente com os produtos auxiliares utilizados para floculação das impurezas do caldo.

Santos et al. (2012) avaliou a rebrota da cana-de-açúcar em função da adubação com torta de filtro enriquecida com fontes solúveis de fósforo, realizada no plantio, onde verificou que as doses de fósforo associada à

torta de filtro, aplicadas no plantio da cana-de-açúcar, favorecem a brotação da primeira soqueira.

Santos et al. (2005) verificaram o uso potencial do composto orgânico, torta de filtro, como substrato para a produção de mudas de hortaliças (pepino, tomate e repolho), onde o substrato torta de filtro apresentou melhores resultados em relação aos outros dois substratos comerciais, podendo então, ser uma alternativa viável à sua utilização na produção de mudas olerícolas.

Almeida Junior et al. (2011) trabalharam com diferentes doses de fertilizantes orgânico e mineral na cultura da cana-de-açúcar e nos atributos químicos do solo, onde evidenciaram que a aplicação de torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo em virtude de aumentar seus teores de macro e micronutrientes e reduzir os teores de Alumínio, promovendo, desta forma, uma ação corretiva da acidez do solo enquanto os fertilizantes minerais promoveram a acidificação.

Ainda segundo Almeida Junior et al. (2011) as plantas de cana-de-açúcar responderam favoravelmente à adubação com torta de filtro, a qual aumentou o acúmulo de fósforo, potássio e cobre na parte aérea das plantas. Desta forma, recomendaram o uso de torta de filtro associada à adubação mineral, como maneira de maximizar o efeito sobre a produtividade e reduzir custos com fertilizantes minerais.

### Vinhaça

A vinhaça é um líquido poluente, resultante da fermentação do caldo de cana de açúcar ou melaço e devido a sua riqueza principalmente em potássio e matéria orgânica, passou a ser aplicada na cultura da cana-de-açúcar, com objetivo minimizar o impacto ambiental e incorporar nutrientes ao solo (AZANIA et al., 2004; SILVA et al., 2007).

A quantidade despejada pelas destilarias pode variar de 10 a 18 litros de vinhaça por litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria (SILVA et al., 2007). Em média, sua produção é de 13 litros por litro de álcool produzido (PAULINO et al., 2011).

A vinhaça constitui-se no principal resíduo da industrialização da cana e apresenta um alto potencial poluidor quando lançada em cursos d'água, em função da sua alta demanda bioquímica por oxigênio, alta concentração de sais, particularmente potássio, e alta carga de matéria orgânica (JUNQUEIRA et al, 2009).

Ainda segundo Junqueira et al. (2009) em muitos casos, a disposição da vinhaça produzida ocorreu sem critérios definidos, causando impactos na qualidade do solo e das águas subterrâneas.

A vinhaça é produzida em muitos países do mundo como subproduto da produção de álcool. Tendo em vista

ser a matéria prima diferente (cana-de-açúcar na América do Sul, beterraba na Europa, entre outros), a vinhaça apresenta diferentes propriedades (MACEDO 2005; SILVA et al., 2007). Um exemplo da composição da vinhaça é representada da Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização físico-química da vinhaça *in natura* da Usina Petribu, Lagoa de Itaenga, PE

Variáveis	Valores
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	4,45
SDT (mg L <sup>-1</sup> )	4.072
CE (mg L <sup>-1</sup> )	9,65
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	48.860
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	20.720
K (mg L <sup>-1</sup> )	1.318
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	728
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	112
Na (mg L <sup>-1</sup> )	292

SDT: sólidos dissolvidos totais; CE: condutividade elétrica; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio

Fonte: (BRITO & ROLIM, 2005)

A sua utilização como fertilizante na lavoura de cana de açúcar, ocorre, visando agregar valor a biomassa e mitigar riscos ambientais, pois é considerado como um grave contaminante ambiental, quando utilizado sem prévio tratamento e/ ou de forma inadequada (SMEETS, 2008).

Ainda conforme Smeets (2008), seu lançamento ao solo sem tratamento, apresenta como consequência a contaminação de lençóis freáticos, afeta todo o bioma, destrói lavouras e lava à morte a vida aquática e ainda, propicia a rápida decomposição microbiana da matéria orgânica, que conduz a proliferação de moscas, tornando o ambiente insalubre e desequilibrando o ecossistema.

Pesquisas que possam consolidar a utilização da vinhaça na fertirrigação da cana-de-açúcar, como práticas viável e, ambientalmente seguras, são fundamentais para o aperfeiçoamento do sistema de produção sucroalcooleiro, no entanto, sua aplicação no solo, deve ser controlada com um monitoramento contínuo (PAULINO et al., 2011).

As quantidades aplicadas, não devem ultrapassar a capacidade de retenção de íons, isto é, as dosagens devem ser mensuradas de acordo com as características de cada solo (Silva et al., 2007) e, também de acordo com a origem da vinhaça, devido a variações na sua composição química, não sendo recomendada uma dose fixa de aplicação (OLIVEIRA et al., 2009).

A fertirrigação com vinhaça é bastante difundida nas regiões canavieiras, com resultados satisfatórios em relação às alterações químicas no solo, como o aumento de matéria orgânica, pH, teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis (BEBÉ et al., 2009).

As mudanças nas propriedades químicas do solo, promovidas pela aplicação da vinhaça, também podem alterar a estabilidade de agregados, a dispersão de argila e a densidade do solo (CAMIOTTI et al., 2006; SILVA, 2006), as adições de resíduos orgânicos resultam no incremento do teor de matéria orgânica, alterando seus atributos físicos, como a agregação de partículas (CANELLAS et al., 2003).

A manutenção dos cátions trocáveis decorrentes da adição da vinhaça ao solo, associado a uma futura eliminação da queima da cana por ocasião da colheita, que promoverá um retorno orgânico melhor ao solo com restos culturais, provavelmente contribuirá para a manutenção da qualidade do solo em prol do bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2006).

Segundo Tasso et al., (2007) a importância da vinhaça está também na economia de insumos que se obtêm com a prática de seu aproveitamento na forma de fertilizante e/ou como condicionadora de solos, em sua maioria, cultivados com cana-de-açúcar.

Brito & Rolim (2005), avaliando o comportamento da vinhaça utilizada na fertirrigação da cana-de-açúcar quanto aos seus efeitos no solo e na qualidade da água do lixiviado, constataram que a aplicação de vinhaça ao solo foi favorável sob os aspectos da fertilidade do solo bem como ambiental, onde, o solo teve um bom desempenho como redutor das variáveis analisadas em comparação com as existentes na vinhaça *in-natura*, obtendo um acréscimo nas concentrações de alguns elementos químicos.

Silva et al. (2012) trabalharam com parâmetros de transporte do sódio e potássio via vinhaça, a velocidade da

água nos poros, o fator de retardamento, a dispersividade e o coeficiente de dispersão. Onde os resultados para os parâmetros de transporte evidenciaram positivamente os efeitos de adsorção e de deslocamento dos íons sódio e potássio presentes na vinhaça, sendo que o íon potássio foi retido no solo com maior intensidade do que o sódio.

Silva (2006) destaca a fertirrigação com vinhaça sendo uma prática muito comum entre as usinas e destilarias do Brasil trazendo resultados positivos para a produtividade da agricultura, gerando economia com fertilizantes e repondo alguns nutrientes no solo, no entanto, sua aplicação tem que ser controlada, para que ao invés de contribuir não traga resultados negativos.

A legislação ambiental pertinente às esferas federal, estadual e municipal, proíbe o descarte deste efluente diretamente nos cursos de rios, lagos, oceanos, e até mesmo em solos e ar aleatoriamente, sem os devidos cuidados quanto ao previsto nas leis. Para o descarte ideal, é necessário o tratamento físico-químico e a normalização do produto, para ocorrer a perfeita adequação à capacidade de absorção de solos, evitando, assim, a contaminação de cursos d'água e mananciais subterrâneos (ROSSETO, 2004).

De acordo com Ribas (2006), o tratamento dessa água residuária, seja por processos físico-químicos, biológicos, ou até mesmo associações entre eles, ainda é muito pouco utilizado no Brasil. Apesar de todas as legislações restritivas, este efluente ainda é frequentemente lançado *in natura* no solo, como fertilizante, sem qualquer tratamento prévio.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. É de grande importância a preservação do meio ambiente, e os resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira são considerados de grande proporção. A cada ano que se passa a produção de subprodutos da cana-de-açúcar vem aumentando, conseqüentemente, os resíduos gerados também crescem, e com isso são necessárias iniciativas para a reutilização desses resíduos, caso contrário, só contribuem para a poluição do meio ambiente.

2. Existem algumas iniciativas para a utilização desses resíduos, tanto que em alguns casos já são utilizados em escala industrial e comercial, porém verifica-se uma carência de estudos relacionados a alguns desses resíduos, sendo que, são desconhecidos estudos relacionados, desta forma verifica-se a necessidade de pesquisas, para que futuramente estes não venham a comprometer o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B., NASCIMENTO, C. W. A., SOBRAL, M. F., SILVA, F. B. V., GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. Revista Brasileira de

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

ANJOS, I. A., ANDRADE, L. A. B., GARCIA, J. C., FIGUEIREDO, P. A. M., CARVALHO, G. J. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.31, n.1, p.59-63, 2007.

AZANIA, A. A. P. M., AZANIA, C. A. M., MARQUES, M.O., PAVANI, M. C. M. D. Emergência e desenvolvimento de guaxuma (*Sida rhombifolia*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) influenciados por subprodutos da destilação do álcool. Planta Daninha, Viçosa-MG, v.22, n.3, p.331-336, 2004.

BEBÉ, F. V., ROLIM, M. M., PEDROSA, E. M. R., SILVA, G. B., OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solo sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.6, p.781-187, 2009.

BRASIL, Governo Federal Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão preliminar para consulta. Brasília, 2011. 102 p.

BRASIL. Grupo de Trabalho Interministerial do Setor Sucroalcooleiro da Região Nordeste (Decreto de 21 de outubro de 2004). Casa Civil da Presidência da República, 2005, 100p.

BRITO, F. L., ROLIM, M.M. Comportamento do efluente e do solo fertirrigado com vinhaça. Agropecuária Técnica, Areia-PB, v.26, n.1, p.60-67, 2005.

BUDZIAK, C. R., MAIA, C. M. B. F., MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. Química Nova, v.27, n.3, p.339-403, 2004.

BUSATO, J. G., ZANDONADI, D. B., DOBBSS, L. B., FAÇANHA, A. R., Canellas, L. P. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. Scientia Agricola, Piracicaba, v.67, n.2, p.206-212, 2010.

CAMILOTTI, F., ANDRIOLI, I., MARQUES, M. O., SILVA, A. R., TASSO JÚNIOR, L. C., NOBILE, F. O. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.3, p.738-747, 2006.

CANELLAS, L. P., VELLOSO, A. C. X., MARCIANO, C. R., RAMALHO, J. F. G. P., RUMJANEK, V. M.,

- REZENDE, C. E., SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhço e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.5, p.935-944, 2003.
- CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J., VELOSO, C. M., MAGALHÃES, A. F., FREIRE, M. A. L., SILVA, F. F., SILVA, R. R., CARVALHO, B. M. A. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.1, p.125-132, 2006.
- CHEN, L. J., XING, L., HANA, L. Renewable energy from agro-residues in China: Solid biofuels and biomass briquetting technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.13, n.9, p.2689-2695, 2009.
- CÓ JÚNIOR, C., MARQUES, M. O., TASSO JÚNIOR, L. C. Efeito residual de quatro aplicações anuais de lodo de esgoto e vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.1, p.196-203, 2008.
- CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R.; TAVARES, L. M. M. Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. *Cement & Concrete Composites*, v.30, n.5, p.410-418, 2008.
- CORREIA, N. M., DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v.22, n.1, p.11-17, 2004.
- DEMATTE, J. A. M., SILVA, M. L. S., ROCHA, G. C., CARVALHO, L. A., FORMAGGIO, A.R., FIRME, L. P. Variações espectrais em solos submetidos à aplicação de torta de filtro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.317-326, 2005.
- DIAS, M. O. S., ENSINAS, A. V., NEBRA, S. A., FILHO, R. M., ROSELL, C. E. V., MACIEL, M. R. W. Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process. *Chemical Engineering Research & Design*, v.87, p.1206-1216, 2009.
- FIGUEIREDO, E. B., SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.141, n.1/2, p.77-85, 2011.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. 2009. Cana-de-açúcar. In: FNP Consultoria & Comércio. *Agrianual 2009: anuário da agricultura brasileira*. 14. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. p.235-258, 2009.
- FRAVET, P. R. F., SOARES, R. A. B., LANA, R. M. Q., LANA, Â. M. Q., KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.3, p.618-624, 2010.
- GONÇALVES D. B., FERRAZ, J. M., SZMRECSÁNYI, T. Agroindústria e meio-ambiente. In: ALVES, F.; FERRAZ, J. M. G.; PINTO, L. F. G.; SZMRECSÁNYI, T. *Certificação ambiental para a agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro*. Piracicaba, SP, São Carlos: ed. UFSCar. 2008. 300p.
- GUEDES, C. L. B., ADÃO, D. C., QUESSADA, T. P., BORSATO, D., GALÃO, O. F. Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. *Química Nova*, v.33, n.4, p.781-786, 2010.
- JUNQUEIRA, C. A. R., MOLINA JUNIOR, V. E., LOSSARDO, L. F., FELICIO, B. C., MOREIRA JUNIOR, O., FOSCHINI, R. C., MENDES, R. M., LORANDI, R. Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo-SP, v.39, n.3, p.507-518, 2009.
- 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. Edição Especial ENTECA*, p.87-97, 2009.
- LORA, E. E. S., NASCIMENTO, M. A. R. *Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2 vol., 2004, 1296p.
- MACEDO, I. C. *Biomass as a Source of Energy*. Unpublished paper commissioned for the InterAcademy Council study report, *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future*, IAC, Amsterdam, 2005.
- MAGALHÃES, M. A., MATOS A. T., Denículi, W., Tinoco, I. F. F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.466-471, 2006.
- MARQUES, M. O.; MACIEL, B. F.; FIGUEIREDO, I. C.; MARQUES, T. A., Considerações sobre a qualidade da matéria-prima. In: Marques M. O., Mutton, M. A., Nogueira T. A. R., Tasso Júnior, L. C., Nogueira, G. A., Bernardi, J. H. *Tecnologias Na Agroindústria Canavieira*. Editora: FCAV p.9-16. 2008, 319p.
- MONQUERO, P. A., AMARAL, L. R., SILVA, A. C., SILVA, P.V., BINHA, D. P. Eficácia de herbicidas em

- diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. Planta Daninha, v.25, n.3, p.613-619, 2007.
- NUNES JÚNIOR, D. O insumo torta de filtro. Idea News, Ribeirão Preto, 2005.
- NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. Idea News, v.8, p.22-30, 2008.
- OLIVEIRA, E. L., ANDRADE, L. A. B., FARIA, M. A. EVANGELISTA, A. W. P., Morais, A. R. Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Campina Grande-PB, v.44, n.6, p.1398-1403, 2009.
- PAULINO, J., ZOLIN, C. A., BERTONHA, A., FREITAS, P. S. L., FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II. Características da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.15, n.3, p.244-249, 2011.
- PAULA, L. E. R., TRUGILHO, P. F., REZENDE, R. N., ASSIS, C. O., BALIZA, A. E. R. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo-PR, v.31, n.66, p.103-112, 2011.
- PAULA, M. O., TINÔCO, I. F. F., RODRIGUES, C. S., SILVA, E. N., SOUZA, C. F. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.3, p.353-357, 2009.
- PELIZER, L. H., PONTIERI, M. H., MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. Journal of Technology Management & Innovation, v.2, n.1, p.118-127, 2007.
- PIRES, A. J. V., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S. C., PEREIRA, O. G., CECON, P. R., SILVA, F. F., SILVA, P. A., ITAVO, L. C. V. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.4, p.1071-1077, 2004.
- PIRES, A. J. V., REIS, R. A., CARVALHO, G. G. P., SIQUEIRA, G. R.; BERDARDES, T. F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.953-957, 2006.
- POMBO F. R., MAGRINI, A. Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. Gestão & Produção, v.15, n.1, p.1-10, 2008.
- Ribas, M.M.F. Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio operado em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada sob condições termofílicas e mesofílicas. São Carlos: Universidade de São Paulo, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, 2006. 175 p. Tese de Doutorado.
- RIBEIRO, H., PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. Estudos avançados. São Paulo, v.24, n.68, p.255-271, 2010.
- RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. Resíduos Sólidos: Problema ou Oportunidade? 1ª ed., Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009, 158 p.
- RIPOLI, T. C. C., RIPOLI, M. L. C., CASAGRANDI, D. V., IDE, B. Y. Plantio de cana-de-açúcar: Estado da arte. 2. ed. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2007, 198p.
- ROSSETO, R. A cultura da cana, da degradação à conservação. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.1, n.1 p.80-85, 2004.
- SANTOS, D. H., TIRITAN, C. S., FOLONI, J. S. S., FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.40, n.4, p.454-46, 2010.
- SANTOS, D. H., TIRITAN, C. S., FOLONI, J. S. S. Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. Agrarian, Dourados, v.5, n.15, p.1-6, 2012.
- SANTOS, A. C. P., BALDOTTO, P. V., MARQUES, P. A. A., DOMINGUES, W. L., PEREIRA, H. L. Utilização de torta de filtro como substrato para produção de mudas de hortaliças. Colloquium Agrariae, v.1, n.2, p.1-5, 2005.
- SAVASTANO, JR., WARDEN, P. G. Special theme issue: natural fibre reinforced cement composites. Cement & Concrete Composites, v.25, n.5, p.517-624, 2003.
- SCHULTZ, F. C. A.; ANAMI, M. H.; TRAVESSINI, R. Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos lignocelulósicos da agroindústria. Inovação e Tecnologia, v.1, n.1, p.3-8, 2010.
- SILVA, J. V. H., BITTAR, A. P., SERRA, J. C. V., JUNIOR, J. C. Z. Diagnóstico do reaproveitamento de resíduos com potencial energético no município de Palmas-TO. Engenharia Ambiental, v.8, n.2, p.226-233, 2011.
- SILVA, A. J. N., CABECA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis

de umidade. *Revista Brasileira de Ciências do solo*, v.30, n.6, p.921-930, 2006.

SILVA, M. A. S., GRIEBELER, N. P., BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, N. F., NETO, L. J. A., TEIXEIRA, M. B., CUNHA, F. N., MIRANDA, J. H., COELHO, D. C. Distribuição de solutos em colunas de solo com vinhaça. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial: p.340 – 350, 2012.

SMEETS, E., JUNGINGER, M., FAAIJ, A., WALTER, A., DOLZAN, P., TURKENBURG, W. The sustainability of Brazilian ethanol – An assessment of the possibilities of certified production. *Biomass and Bioenergy*, v.32, n.8, p.781-813, 2008.

SOUZA, Z. M., PRADO, R. M., PAIXÃO, A. C. S., CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

STRAPASSON, A. B., BRESSAN FILHO, A., CASTRO, C., ABREU, F. R., VIEIRA, J. N., JOB, L. C. M. A., GIULIANI, T. Q. Balanço Nacional de cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília, DF: MAPA, Secretaria de Produção e Agroenergia, – Brasília, 2007, 139 p.

TASSO JÚNIOR, L. C., MARQUES, M. O., FRANCO, A., NOGUEIRA, G. A., NOBILE, F. O., CAMILOTTI, F., SILVA, A. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.1, p.276-283, 2007.

VASCONCELOS, J. N. Derivados da cana-de-açúcar. *STAB: açúcar, álcool e subprodutos*, v.20, n.3, p.16-18, 2002.

VÁSQUEZ, M. P., DA SILVA, J. N. C., DE SOUZA JR., M. B., PEREIRA JR., N. Enzymatic hydrolysis optimization to ethanol production by Simultaneous Saccharification and Fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v.12, p.137-140, 2007.