

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA: GESTÃO DE SUBPRODUTOS

NÁDIA HORTENSE TORRES<sup>1\*</sup>; SÉRGIO BIRELLO SARTORI<sup>2</sup>;

JULIANA HELOISA PINÊ AMÉRICO<sup>3</sup> e LUIZ FERNANDO ROMANHOLO FERREIRA<sup>4</sup>

Recebido em 24.09.2012 e aceito em 05.12.2012

<sup>1</sup> Laboratório de Ecotoxicologia, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Avenida Centenário, 303, CEP: 13416-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil. \*E-mail autor correspondente: nadihortense@gmail.com

<sup>2</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias, 11, CEP: 13.418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup> Centro de Aquicultura da Unesp. Rua Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP: 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup> Laboratório de Ecologia Aplicada, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Avenida Centenário, 303, CEP: 13416-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

---

**RESUMO:** O setor da indústria sucroalcooleira constitui um dos principais segmentos da economia brasileira, com importância tanto para o abastecimento interno quanto para a exportação. Com o aumento da demanda, ocorre, conseqüentemente, aumento na produção e no volume de subprodutos gerados (folhas e ponteiros de cana-de-açúcar, bagaço, torta de filtro, levedura, vinhaça e melaço), os quais se não forem devidamente reutilizados ou tratados, representam desperdícios para o setor produtivo e oferecem riscos ao ambiente e à sociedade. Portanto, este trabalho teve por objetivos realizar uma revisão bibliográfica sobre a gestão adequada de subprodutos advindos da produção sucroalcooleira, buscando soluções para minimizar o potencial poluidor destes passivos ambientais, as quais foram: ponteiros de cana (utilizada na ração animal), palha e bagaço (utilizados como combustível, eletricidade, entre outros), torta de filtro (fertilizante, ração animal, entre outros), levedura (ração animal e exportação), vinhaça (fertilização, lavagem da cana, entre outros) e melaço (indústria de alimentos e bebidas, ração animal, produção de álcool). A correta gestão dos mesmos contribui com a conservação ambiental e para amenizar a problemática que as indústrias sucroalcooleiras enfrentam com sua disposição final.

**Termos para indexação:** Cana-de-açúcar, etanol, reaproveitamento, resíduos agroindustriais.

SUGAR ALCOHOL INDUSTRY: MANAGEMENT OF BYPRODUCTS

**ABSTRACT:** Agroindustrial sector is a major segment of the Brazilian economy, important for both domestic supply and for exportation. With increase in demand occur, consequently, there has be an increased production and the volume of by-products generated (tipped sugarcane, straw, bagasse, filter cake, yeast, molasses and vinasse), which if not properly reused, represent wastes to productive sector and pose risks to the environment and society. Therefore, this study aimed to review literature on the proper management of sugarcane byproducts arising from the production, seeking solutions in literature to minimize potential pollution of these environmental liabilities, which were tipped cane (used in animal feed) , straw and bagasse (used as fuel, electricity, etc.), filter cake (fertilizer, animal feed, among others), yeast (animal feed and export), vinasse (fertigation, washing sugarcane and molasses (food and beverage industry, animal feed, alcohol production, among others). Proper management of these byproducts contributes to environmental conservation and problems with sugar and alcohol industries are faced with their final disposal.

**Index terms:** Sugarcane, ethanol, reuse, agroindustrial residues.

---

## INTRODUÇÃO

O setor da indústria sucroalcooleira constitui um dos principais segmentos da economia brasileira, com importância tanto no abastecimento interno quanto para a exportação. Com a definição de processos cada vez mais direcionados para a obtenção de maior volume de açúcar e álcool, a indústria começou a descartar, conseqüentemente, maiores quantidades de resíduos agroindustriais, os quais passaram a ser conhecidos como subprodutos, sendo um dos principais problemas enfrentados pelas indústrias sucroalcooleiras devido ao grande volume gerado. Sabe-se, também, que se não forem devidamente aproveitados, esses subprodutos representam desperdícios para o setor produtivo e oferecem riscos para o ambiente e a sociedade, pois é conhecido o potencial de alguns resíduos da indústria sucroalcooleira para fins de energia (Cortez et al., 1992), mas, no entanto, se não forem reutilizados, são considerados produtos de alto risco ao ambiente.

Entretanto, durante a década de 90, houve um gradativo incremento na demanda por sustentabilidade da agricultura, fomentado pelos movimentos ambientalistas, por meio da busca pela preservação dos recursos naturais. Neste contexto, sistemas de qualidade, de responsabilidade social e de gestão ambiental estão sendo crescentemente implantados nas unidades sucroalcooleiras de todo o Brasil. Contudo, em alguns Estados, a área da lavoura ainda está em expansão e, constantemente, há a implantação de novas usinas durante as safras.

Por se tratar de um setor tradicional e economicamente importante do País, a agroindústria canavieira tem se modernizado e acompanhado novas tendências gerenciais, pois o papel desse setor no processo do desenvolvimento (sustentável) e na utilização racional dos recursos naturais sempre foi um assunto polêmico (Rodrigues, 2009).

A fim de alavancar suas exportações de açúcar e álcool, consolidando ainda a posição de maior produtor e exportador destas *commodities*, a agroindústria canavieira nacional passa uma imagem de que está contribuindo para o desenvolvimento sustentável, através de uma produção limpa e renovável.

Vários processos biotecnológicos estão sendo desenvolvidos para utilizar estes materiais na produção industrial, gerando produtos de grande valor econômico. Para tanto, a estratégia

consiste em transformar a matéria-prima em bens úteis sem causar danos ao ambiente, colocando os subprodutos e emissões como insumos para outros produtos (Israel, 2005).

As usinas açucareiras e destilarias brasileiras produzem como resíduos o ponteiro de cana-de-açúcar, palha, bagaço, torta de filtro, levedura, vinhaça e melaço, os quais são gerados em grande quantidade (Paoliello, 2006). O processamento de 1000 t de cana-de-açúcar rende, nas usinas, em média, 280 t de bagaço (Aguar et al., 2010), 35 t de torta de filtro (EMBRAPA, 2007); para cada tonelada de cana-de-açúcar processada, são gerados cerca de 140 kg de palha em base seca (Santos et al., 2012) e 700 a 800 L de vinhaça (Ferreira, 2009).

De acordo com Szmrecsányi (1994), a ampliação dos canais para a produção de álcool acarretou a intensificação de pelo menos dois grandes problemas ambientais: a degradação de ecossistemas e poluição atmosférica provocada pelas queimadas, e a poluição de cursos d'água e águas subterrâneas provocada pela aplicação excessiva da vinhaça *in natura*.

Contudo, a correta gestão destes subprodutos contribui com a conservação ambiental e com a problemática que as indústrias sucroalcooleiras têm que enfrentar com a disposição final destes subprodutos (Cortez et al., 1992).

Portanto, considerando a importância deste assunto no âmbito da tecnologia ambiental, este trabalho teve por objetivos realizar uma revisão bibliográfica sobre a gestão de subprodutos advindos da produção sucroalcooleira e citar alguns métodos encontrados na literatura que minimizem os impactos ambientais causados por estes subprodutos.

## DESENVOLVIMENTO

### CANA-DE-AÇÚCAR

Proveniente do sudeste asiático, a cana-de-açúcar (*Saccharum L.*) é cultivada em uma vasta área territorial, revelando maiores rendimentos em climas tropicais. Pertencente à família das gramíneas (*Poaceae*), ela tem sua estrutura formada por raízes, folhas, colmos, e casualmente, flores. As condições ideais para seu desenvolvimento são divididas

em duas fases: a primeira apresenta-se quente e úmida a fim de proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo. A segunda fase é fria e seca, para promover maturação e, assim, o acúmulo de sacarose (Ferreira, 2009). A melhor época para o plantio da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil é entre janeiro e março, enquanto que na região Norte-Nordeste é entre maio e julho (MAPA, 2007).

Pertencente à família das gramíneas (*Poaceae*), a cana-de-açúcar tem sua estrutura formada por raízes, folhas, colmos, e casualmente, flores. Cana é o termo designado para referir os colmos industrializáveis da mesma, uma vez que são cortados na base, rente ao solo, despontados no último entrenó maduro, livres de impurezas oriundas da própria cana como plantas daninhas, terra, folhas, ponteiros, entre outras. Sua composição altera conforme as condições em que estão submetidas, como por exemplo, variedade, fatores edafoclimáticos e adubação (Valderrama, 2005).

O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais do produto *per capita*. Cada brasileiro consome entre 51 e 55 kg de açúcar por ano, enquanto a média mundial por habitante corresponde a 21 kg/ano. Apesar do alto consumo *per capita*, o mercado brasileiro de açúcar ainda pode se expandir com o aumento do consumo pelo processo de industrialização de produtos alimentícios, que, comparado ao de outros países, ainda é relativamente baixo. Na década de 2000, o Brasil exportou, em média, 30% da produção, destinou 42% ao consumidor final interno e 28%, ao segmento industrial (EMBRAPA, 2009).

Sob uma visão tecnológica, a cana é composta pelo caldo (sólidos solúveis) e pelos sólidos insolúveis, as fibras. No caldo contém sólidos solúveis totais, os chamados açúcares e não-açúcares (Brix) e água, tendo esta uma participação de 78% a 68%, respectivamente (Valderrama, 2005).

Contudo, o estudo do ambiente agrícola pode aperfeiçoar o manejo de plantio, uma vez que se busca a maximização da produção. O desenvolvimento da cana depende, sobretudo, da luz solar e da água que, ao se unirem aos minerais capturados nas raízes e, assim, realizar o processo fotossintético, formam a sacarose, onde permanece armazenada no colmo da cana (Ayarza, 2007).

O bagaço, a torta de filtro, a vinhaça e a levedura são subprodutos importantes advindos da cana-de-açúcar que, uma vez processados corretamente, poderão atuar como matéria-prima (Cortez et al., 1992).

### PRODUÇÃO SUCROALCOOLEIRA NO BRASIL

A cana-de-açúcar destaca-se por sua utilização na produção de recursos energéticos e de uso alimentar humano (açúcar, melado, garapa, etc.) e animal (ração, etc.), além de ser uma alternativa aos combustíveis fósseis. Devido à crise petrolífera, a cana-de-açúcar vem sendo utilizada exponencialmente para a produção de álcool combustível, em substituição aos derivados do petróleo utilizados como combustível.

Como resultante do processo de produção do álcool, tem-se a vinhaça, caracterizando-se por sua alta produção (cerca de 13 vezes o volume de álcool ou de aguardente). Por possuir características como alta capacidade de corrosão e putrefação, a vinhaça exige soluções que implicam em processos complexos envolvendo altos custos. Por isso, até a década de 1970, os produtores industriais optavam pela maneira mais barata e rápida para seu descarte, ou seja, o lançamento desses resíduos *in natura* em lagoas de acumulação ou rios, sem calcular os diversos impactos ambientais que isto resultaria.

O Brasil é o maior exportador de álcool do mundo (detém cerca de 60% do negócio internacional) e com uma produção de açúcar girando em torno de 25 milhões de toneladas anuais (dessas, 15 milhões são exportadas). A cana-de-açúcar, fonte de renda para o país desde os tempos de colônia, é ainda hoje grande expoente do agronegócio brasileiro. Além disso, as cerca de 250 usinas do ramo existentes no país atualmente necessitam de mão-de-obra qualificada para dar continuidade ao sucesso do negócio. No ano de 2012, o Brasil expandiu sua produção em cerca de 5,9% comparado a 2011 (o Brasil produziu 27.779.741 t a mais que em 2012) (IBGE, 2012).

### FUNCIONAMENTO DAS DESTILARIAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

O funcionamento das destilarias de açúcar e álcool ocorre da seguinte forma: a cana-de-açúcar chega à indústria, onde é pesada em balança própria, depois é descarregada por guinchos, sendo uma parte armazenada para ser moída, quando não há transporte, e a outra é descarrega diretamente na mesa alimentadora onde também é lavada para ser industrializada. A cana-de-açúcar lavada é transportada até a esteira, encaminhando-a até o picador e depois até o desfibrador, que irá abrir as camadas da cana-de-açúcar para facilitar a próxima etapa, que é a extração do caldo (Viana, 2006), solução impura contendo sacarose em solução, glicose, frutose e matéria nitrogenada.

Após ser submetido ao processo de clarificação, concentração e centrifugação do caldo de cana, obtém-se o açúcar e o melaço. Este último, depois de passar por um novo processo de cozimento para obtenção do “açúcar de segunda”, transforma-se em mel final, também chamado de mel pobre ou melaço (Freire & Cortez, 2000).

Deste processo, são gerados os subprodutos que compreendem o bagaço (resíduo do esmagamento da cana), torta de filtro (lama e resíduo sujo da clarificação do caldo) e o melaço (resíduo final da cristalização do açúcar). O bagaço é usado como combustível nas caldeiras, a lama prensada não tem aplicação industrial direta seguindo para a compostagem e o melaço, depois de diluído, dá origem ao mosto de melaço que é enviado às dornas de fermentação (Siqueira, 2008).

Todos os líquidos passíveis de sofrer fermentação são denominados mostos e, uma vez fermentados, os mostos passam a se chamar vinhos, os quais, depois de centrifugados com o objetivo de recuperar o fermento (reutilizado na fermentação), são encaminhados à destilação, resultando na produção de álcool hidratado e no resíduo que é a vinhaça (Siqueira, 2008).

A vinhaça, que é a parte aquosa do vinho, é um subproduto de alta importância para a lavoura, pois é rico em sais minerais, como o potássio, mas que também é um agente poluidor do ambiente. Se não for tratada e utilizada corretamente, pode poluir rios e o solo, causando danos à fauna e as populações que habitam estes ecossistemas (Ferreira, 2009). A produção de 1 L de álcool produz, aproximadamente, 14 L de vinhaça que, depois de depositadas em tanques construídos no solo (lagoas anaeróbias sem projeto), é enviada para a lavoura através de

canais, bombeada e distribuída por aspersores (Viana, 2006).

Após a destilação, obtém-se o álcool hidratado, produzido dentro das normas do "Conselho Nacional do Petróleo - Instituto do Açúcar e do Álcool (CNP-IAA)", isto é, com grau alcoólico entre 92,6° e 93,8° INPM, para ser utilizado como combustível (UNICA, 2005).

### PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL E AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a indústria sucroalcooleira brasileira. A agroindústria da cana envolve etapas, como: produção e abastecimento da indústria com matéria-prima; gerenciamento dos insumos, resíduos, subprodutos e da versatilidade da produção - de açúcar ou álcool; armazenamento e comercialização dos produtos finais. Estas etapas devem ser executadas com o emprego de técnicas eficientes de gerenciamento (Alcarde, 2005).

A colheita, carregamento, transporte, pesagem, pagamento da cana pela qualidade, descarregamento e lavagem são operações determinantes para um bom desempenho industrial no processamento da cana-de-açúcar. Estas etapas devem ser realizadas em sincronia com as operações industriais para que não ocorra sobre abastecimento, o que demanda armazenamento, com conseqüente queda na qualidade ou falta de cana para a moagem, ocasionando atrasos na produção (Alcarde, 2005). Na indústria, a cana pode ter dois destinos: produção de açúcar ou de álcool.

Para a produção de açúcar, as etapas industriais são lavagem da cana; preparo para moagem ou difusão; extração do caldo: moagem ou difusão; purificação do caldo: peneiragem e clarificação; evaporação do caldo; cozimento; cristalização da sacarose; centrifugação: separação entre cristais e massa cozida e secagem e estocagem do açúcar (Alcarde, 2005).

Já a produção de álcool envolve as seguintes etapas: lavagem da cana; preparo para moagem ou difusão; extração do caldo: moagem ou difusão; tratamento do caldo para produção de álcool; fermentação do caldo; destilação do vinho; retificação e desidratação (álcool anidro ou hidratado) (Cortez et al., 1992).

### SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

As atividades agroindustriais no Brasil evoluíram, rapidamente, na safra 2002/2003, porém, o estudo dos impactos causados pela geração de subprodutos por esta indústria sobre o ambiente é pouco abrangente, necessitando da implantação de um completo planejamento ambiental dessas atividades e das demais que as complementam (Ferreira, 2009).

Com a definição por processos cada vez mais direcionados para a obtenção de açúcar de alto padrão (sem impurezas e cristais uniformes), a indústria começou a gerar uma linha de descartes agroindustriais que passou a ser conhecida como subprodutos (Cortez et al., 1992). No Brasil, o etanol puro é utilizado como alternativa ao combustível fóssil, mas a quantidade de subprodutos gerada na produção de açúcar e álcool é grande. Portanto, considerando-se que, para cada tonelada de cana moída ou esmagada na unidade industrial, obtêm-se, em média, 120 kg de açúcar e 14 L de álcool, ou 80 litros de álcool no caso de destilarias e, que para essa tonelada de cana esmagada e essa obtenção de produtos, se tem de 100 a 400 kg de torta de filtro, 800 a 1000 L de vinhaça e 260 kg de bagaço de cana, reforça-se a ideia da necessidade de se destinarem adequadamente esses subprodutos (Ferreira, 2009).

Outros subprodutos gerados têm sua importância, mas em termos de quantidade apresentam menor demanda. Entre eles estão as águas residuárias, óleo fusel e levedura. Há a destinação inadequada da vinhaça que é misturada às águas residuárias, ação esta contrária à Norma P4.231/05 CETESB de 1982 sobre disposição correta da vinhaça (Ferreira, 2009).

Os resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais, sendo, na sua maioria, biomassa lignocelulósica, representam uma fonte abundante e renovável de substratos que podem ser biologicamente convertidos em biomassa microbiana de elevado valor nutricional (Ferreira, 2009). A torta de filtro, material orgânico sólido obtido da produção de açúcar, tem sido usada na adubação dos canaviais. O bagaço da cana, que já vinha sendo utilizado na geração de energia nas unidades industriais, permite que usinas e destilarias não consumam energia elétrica das redes de distribuição (Jendiroba, 2006).

A vinhaça, que antes era lançada diretamente nos rios, hoje é em grande parte aproveitada para irrigar e fertilizar lavouras de cana-de-açúcar. O que era problema ambiental passou a ser componente fundamental do sistema de custos de produção das empresas. Porém, vale notar que essa utilização também merece atenção quanto a possíveis problemas de degradação e contaminação do solo e da água (Ferreira, 2009).

Por meio desses exemplos observa-se que a gestão de resíduos pode ser complexa e ao mesmo tempo desafiadora. O resíduo industrial, por exemplo, se não for gerenciado de maneira adequada, pode se tornar um problema para o ambiente ou se bem utilizado pode ser uma oportunidade para a diminuição dos custos de produção e dos riscos ambientais. A adequada gestão dos resíduos pode representar melhoria da imagem da empresa e de oportunidades de negócio. Dentre os setores do agronegócio brasileiro estão envolvidas a produção agrícola e a industrial e, no setor sucroalcooleiro, tem sido considerada a integração das atividades para a correta gestão de resíduos. Assim, o que é resíduo de uma atividade passa a ser insumo de outra (Ferreira et al., 2011).

É claro que a gestão de resíduos vai muito além da reutilização destes insumos. Uma modificação no sistema de produção pode representar uma grande redução na produção de resíduos. Ao mesmo tempo é necessária a visão geral que identifique as possibilidades de integração e, de forma complementar, a visão especialista que permita o entendimento e a modificação dos sistemas de produção. Fica evidente a necessidade de formação e treinamento de recursos humanos para o país enfrentar os desafios da gestão de resíduos como parte do negócio, considerando os aspectos econômicos, ecológicos e sociais (Spadotto & Ribeiro, 2006). Para exemplificar, a Figura 1 ilustra os subprodutos da agroindústria canavieira e seus respectivos usos alternativos.

Em relação à vinhaça, praticamente todo o material passou a ser aproveitado nas lavouras de cana-de-açúcar, mas ainda é um passivo ambiental com sérias implicações no ambiente. Esse processo foi facilitado pelas características das unidades que têm em sua

área industrial e agrícola operando conjuntamente (Ferreira, 2009). Os ganhos em rendimento agrícola das lavouras foram registrados e, hoje, o uso do resíduo faz parte do programa de fertilização dos canaviais, sendo considerado um insumo agrícola de suma importância para a análise de custos de produção das empresas (Silva et al., 2007).

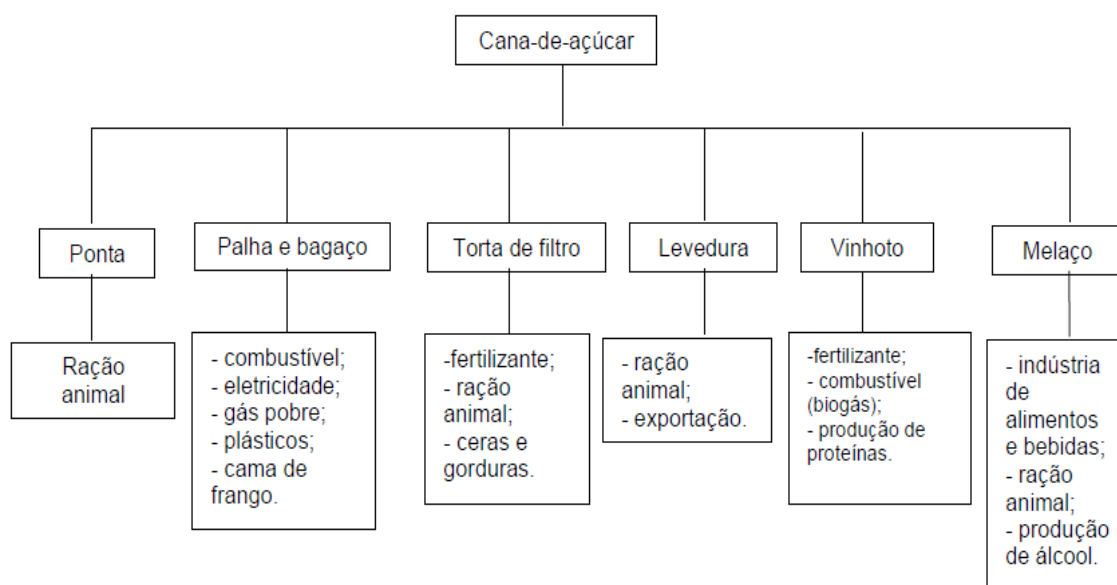
Para essa utilização econômica foram desenvolvidos métodos de cálculos que podem envolver a distância entre a lavoura e a unidade industrial, o tipo de caminhão e a capacidade de volume de vinhaça transportado e o custo do adubo mineral, como parâmetros para auxiliar a tomada de decisão sobre as áreas que receberão o efluente. Desta forma, chega-se à conclusão de que o maior valor no custo da aplicação da vinhaça são o frete e a distribuição no campo (Cortez et al., 1992).

Em relação à torta de filtro, esta tem sido utilizada na adubação de plantio dos canaviais, sendo distribuída ao longo dos sulcos de plantio em dosagens que variam entre aproximadamente 10 a 15 Mg ha<sup>-1</sup>. A concentração de fósforo tornou-a atrativa para o uso como fertilizante, além de constituir-se em um material orgânico devido à presença de resíduos da cana. Como a vinhaça, foi necessário desenvolver o seu uso, constituindo-se em um aproveitamento de subproduto que pode reduzir despesas em rela-

ção aos insumos para a produção da cana-de-açúcar.

Atualmente, toda a torta de filtro é integralmente utilizada, sendo, em alguns casos, enriquecida com outros produtos, como o fósforo, que aumenta sua adsorção quando aplicado em conjunto com a torta de filtro, sendo utilizados para nutrição de plantas (Alvarenga & Queiroz, 2009).

A fuligem gerada no processo da queima nas caldeiras é recolhida a partir de técnicas de lavagem e decantação, que se constituem, muitas vezes, em tecnologias de final de tubo em que não há possibilidades de redução de resíduo, sendo preciso adequar seu destino. Separado esse material, em suspensão ou misturado ao material sólido (solo ou torta de filtro), ele retorna à lavoura como fonte de partículas minerais com poucos nutrientes para a cultura da cana. O objetivo é aproveitar a estrutura de distribuição dos demais resíduos e destinar esses materiais nas áreas próximas às unidades industriais. A estrutura de distribuição é praticamente a mesma utilizada para a vinhaça, quando está em suspensão nas águas residuárias. Estas são transportadas por caminhões até a lavoura, quando estão misturadas ao material sólido (Spadotto & Ribeiro, 2006).



**Figura 1.** Subprodutos da agroindústria canaveira e seus respectivos usos alternativos.

Fonte: Adaptado de Cortez et al. (1992).

### FOLHAS E PONTEIROS DE CANA

As folhas ou palha e os ponteiros de cana, constituem biomassa produzida durante o crescimento da cana-de-açúcar, as quais não são valorizadas e são integralmente descartadas. A prática agrícola de despalha manual da cana-de-açúcar já foi praticamente abandonada devido ao baixo rendimento deste tipo de trabalho, cedendo lugar ao método de queima da palha antes do corte. Esta prática de queima ainda é utilizada, mas vem sendo abolida em alguns estados (como no Estado de São Paulo pela Lei nº 11.241/2002) devido à alta poluição atmosférica provocada. Assim, o ponteiro da cana é biomassa disponível quando a mesma é colhida sem queima e fica disponível no campo, podendo ser colhida e transportada até a usina, ou ser usada como um condicionador do solo. O aproveitamento da palha e ponteiro da planta é determinado pelo coeficiente de disponibilidade, que varia em função da condição de topologia da área plantada, do tipo de colheita, se mecanizada ou manual, sem queima e da disponibilidade de tecnologias e infra-estrutura de processamento e transporte (Cortez et al., 1992; Corrêa Neto, 2001).

A quantidade de palha de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> (Trivelin et al., 1995) e traz ao ambiente agrícola vantagens, pois propicia maior proteção ao solo contra a erosão, maior incorporação de matéria orgânica, maior atividade microbiana do solo, reduzindo a poluição ambiental e melhorando a qualidade da matéria-prima para a indústria. Além dessas vantagens, há maior retenção de umidade pela palha, diminuindo a necessidade de irrigação em locais com problemas de déficit hídrico. A palha deixada sobre o solo forma uma barreira física que reduz a incidência da luz e modifica o microclima local que pode afetar a brotação e o crescimento das plantas (Novo et al., 2007).

### BAGAÇO DE CANA

O bagaço da cana é gerado em grande quantidade e é utilizado para geração de energia das unidades industriais, permitindo que essas unidades não consumam energia elétrica das redes de distribuição durante o período de safra. Muitas usinas são auto-suficientes também nos períodos de entre safra, pois adquirem pellets de bagaço de cana de outras usinas. Várias empresas no estado de São Paulo desenvolveram seus projetos acoplando a unidade de co-geração em seus parques

industriais, contribuindo dessa forma para o aumento de geração de energia de fonte alternativa – e de origem vegetal (Spadotto & Ribeiro, 2006; Alvarenga & Queiroz, 2009).

Com a valorização do bagaço, seja via cogeração ou outra alternativa, pode-se torná-lo uma fonte de renda tão importante quanto o próprio açúcar ou o álcool. O mercado paga, atualmente, a tonelada do bagaço *in natura* o mesmo preço que a cana, como matéria-prima da indústria (Cortez et al., 1992).

Também há um grande potencial para o uso do bagaço da cana em olarias e padarias por meio de pellets ou briquetados (Cortez et al., 1992). A exportação alavancou a produção de pellets e briquetados para a Europa, grande consumidora deste produto.

Mendes et al. (2010), cita que o bagaço de cana é um substituto da madeira, apresentando-se como um dos melhores materiais para substituí-la, apresentando excelente resistência. Além disso, com a utilização do bagaço, o uso de resina é diminuído, representando um importante fator econômico e, com isto, torna-se possível fabricar estruturas de baixa densidade para a construção civil.

Entretanto, outra aplicação de grande interesse é a hidrólise do bagaço para ração animal. Para tanto, processa-se o bagaço elevando sua temperatura e pressão em autoclave e, no processo, celulose, hemicelulose e lignina são transformados em material digerível pelo animal. Nesse processo a digestibilidade do bagaço passa de 23% a 69% (Cortez et al., 1992).

Outro processo de aproveitamento do bagaço é sua mistura à levedura, constituindo ração animal. O bagaço chamado de "amadurecido" é colocado numa carreta forrageira sendo a ele adicionado levedura, sais minerais e uréia (Teixeira et al., 2007). Outros usos para o bagaço, que podem também servir para a palha de cana são: produção de papel, embalagens, cama de frango e na obtenção de etanol de 2ª geração (Aguilar Filho et al., 2010).

### TORTA DE FILTRO

A torta de filtro é proveniente do processo de clarificação do caldo e tem sido fonte de matéria orgânica intensamente utilizada em substituição ou associada aos adubos minerais. Para cada tonelada de cana

moída, são produzidos de 30 a 40 kg de torta de filtro (Cortez et al., 1992). A composição da torta de filtro varia de acordo com alguns fatores: variedade, solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo entre outros. Dentre os nutrientes principais, destacam-se a cal viva (CaO), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Com a expansão da cultura em solos de baixa fertilidade, a aplicação de torta de filtro nos sulcos tem sido realizada para que haja melhor aproveitamento da matéria orgânica pelo sistema radicular da cana (Cortez et al., 1992). Contudo, a aplicação deste subproduto *in natura* no solo é limitada a pequenas quantidades por área. Desta forma, para viabilizar técnica e que seja economicamente viável sua aplicação na lavoura, é necessário induzir a degradação desta matéria orgânica através da compostagem, elevando o custo unitário de produção.

A torta de filtro apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo e cálcio. 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 microorganismos no solo. A torta de filtro é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos exauridos ou de baixa fertilidade, que sai da filtragem com 75-80% de umidade e que 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. 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 microorganismos no solo. A torta de filtro quando incorporada ao solo, em doses elevadas, apresenta propriedades corretivas da acidez do solo, devido aos efeitos quelantes da matéria orgânica sobre o alumínio (Rossetto & Dias, 2005). Por ser um material orgânico, a torta de filtro mostra elevada capacidade de retenção de água a baixas tensões e esta propriedade contribui tanto para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, especialmente em regime não irrigado, como para assegurar melhor brotação em plantios realizados em épocas desfavoráveis (Santos et al., 2010).

### LEVEDURA

As destilarias de álcool brasileiras produzem leveduras *Saccharomyces cerevisiae* em seu processo de fabricação e, quando é gerado algum excedente, este é vendido para ser

usado em ração animal. Rica em proteínas, vitaminas e sais minerais, a levedura é produzida de modo a suprir as necessidades da própria unidade (Ferreira, 2009). A levedura é coletada das dornas de fermentação, entra líquida e sai seca, pronta para o consumo ou para ser embalada. Cada quilograma de levedura seca equivale a 3 kg de milho em valor protéico, além de ter uma digestibilidade maior que 88% em relação ao farelo de soja. A levedura seca pode ser utilizada para compor até 35% da alimentação animal (Araújo et al., 2009).

### VINHAÇA

A vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias, considerada altamente poluente e com alto valor fertilizante. Para produzir 1 L de álcool, produz-se, aproximadamente, de 10 a 18 L de vinhaça (Kumar et al., 2001; Wadt, 2008). O poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, elevada corrosividade, altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), elevada em nutrientes minerais como o potássio, cálcio e o enxofre, e possui uma concentração hidrogeniônica (pH) variando entre 3,7 e 5,0 (Freire & Cortez, 2000; Pérez et al., 2006; Naik, 2008; Mohana et al., 2009). É considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces (Gonçalves, 2000; Wilkie et al., 2000; Silva et al., 2007; Diniz, 2010).

Com o avanço destas tecnologias de resfriamento, a vinhaça passou a ser utilizada na lavoura de cana-de-açúcar em dosagens controladas, trazendo benefícios econômicos na substituição total ou parcial da adubação mineral, suprimindo o problema imediato da poluição hídrica superficial e, com isto, extinguindo as áreas de sacrifício (Leite, 1999; Viana, 2006; Silva et al., 2007; ANA, 2009). A vinhaça também causa problemas de insalubridade, podendo transferir para água características de toxicidade, turbidez e cor (Cruz, 1991).

Com o aumento substancial da produção de etanol no Brasil, existe também um aumento na necessidade do controle desse subproduto. Diversas tecnologias estão surgindo para o reaproveitamento e/ou tratamento da vinhaça uma vez que esse composto apresenta um grande potencial



poluidor na natureza (Mane, 2006; Silva et al., 2007). Desde 1986, há diversas pesquisas sendo desenvolvidas no país a fim de agregar valor aos produtos e subprodutos da agricultura (Pandey et al., 2000).

Uma forma de reaproveitamento da vinhaça é a sua utilização nos processos de lavagem da cana, irrigação da cultura e outras atividades intrínsecas ao processo industrial (Freire & Cortez, 2000; Medeiros et al., 2003).

Contudo, a prática da disposição de vinhaça nas lavouras de cana-de-açúcar, apesar de trazer, na maioria das vezes, bons retornos econômicos sob o aspecto de melhorias na produtividade, ocasiona sérios danos ambientais, principalmente em áreas nas quais a vinhaça é aplicada inadequadamente e sem controle. Portanto, uma preparação prévia adequada do efluente é necessária para a obtenção de uma boa distribuição uniforme no solo e minimizar os efeitos prejudiciais que comprometam a qualidade da cana, com a salinização do solo e a poluição do lençol freático (Gomes et al., 2001; Pires & Ferreira, 2008).

Para a concepção e o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias agroindustriais, deve-se definir, primeiramente, o objetivo do tratamento, o nível do tratamento que se quer alcançar e a destinação do efluente tratado. Caso pretenda-se lançar o efluente em corpo receptor, o sistema deve ser planejado de forma que se atenda à legislação ambiental, cuja exigência é de que o efluente atinja o padrão de lançamento (DBO de  $60 \text{ mg L}^{-1}$ ) ou que o sistema tenha eficiência de 85% na remoção de DBO e que o lançamento do efluente tratado não venha a alterar a classe de enquadramento dos cursos d'água. Entretanto, caso a opção final seja a disposição no solo, algumas etapas de tratamento podem ser eliminadas e o sistema de tratamento pode ser simplificado, porém, critérios agrônômicos de aplicação deverão ser considerados (Ribas, 2006).

A fertirrigação de vinhaça nos canaviais foi intensificada a partir das proibições, nas safras de 1979/80, de despejo desse subproduto nos cursos d'água. Além disso, essa prática de aplicação de vinhaça *in natura* ganhou espaço uma vez que requeria pouco investimento, baixo custo de manutenção, não envolvia uso de tecnologia complexa e possibilitava uma rápida eliminação de grandes quantidades desse material (Cortez et al., 1992; Pires & Ferreira, 2008; Gonzalo, 2009). Conforme Medeiros et al.

(2003), o uso da vinhaça na prática da fertirrigação não pode ser excessiva ou indiscriminada, uma vez que seu potencial poluidor compromete o ambiente e a qualidade do solo.

### MELAÇO

O melaço é várias vezes cozido e centrifugado e é denominado de melaço ou mel final. Depois disto é enviado para a destilaria para produção de álcool, ou comercializado como subproduto *in natura*. O melaço tem uma proporção entre 40 a 60 Mg t de cana processada (Piacente, 2005). Também é utilizado como matéria-prima para a produção de proteína, rações e levedura prensada para panificação (Alcarde, 2005; Piacente, 2005; ÚNICA, 2005).

### CONCLUSÃO

A atividade agroindustrial é fonte importante para o PIB brasileiro, sendo a contribuição da indústria sucroalcooleira muito significativa. Considerando que a crescente demanda energética mundial acarretou no aumento da produção do álcool como combustível proveniente de fonte renovável, o volume de subprodutos é um dos principais problemas enfrentados pela indústria sucroalcooleira. Por isto, através de pesquisa bibliográfica, foi possível identificar quais são os subprodutos gerados e suas possíveis utilizações de outras formas, minimizando os potenciais impactos ambientais causados pela cultura e colheita da cana-de-açúcar. Contudo, é necessário utilizar alternativas de aproveitamento que, neste caso, é possível realizar na própria indústria geradora, para tornar o processo mais limpo e viável economicamente, tornando esta indústria com processos produtivos sustentáveis. As usinas de processamento de cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool de maneira sustentável são chamadas de "biorefinarias" e são uma tendência forte neste tipo mercado.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR FILHO, M.M.; ROMANHOLO FERREIRA, L.F.; MONTEIRO, R.T.R. Use of vinasse and sugarcane bagasse for the production of enzymes by lignocellulolytic fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Paraná, v. 53, n. 5, p. 1245-1254, 2010.

ALCARDE, A.R. **Processamento de cana-de-açúcar Outros produtos, 2005**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_108\\_22121.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22121.html). Acesso em 15 fev. 2012.

ALVARENGA, R.P.; QUEIROZ, T.R. Produção mais limpa e aspectos ambientais na indústria sucroalcooleira. **2<sup>nd</sup> International Workshop Advances in Cleaner Production: Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change**, 2009, 9 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**. Brasília, DF, 2009.

ARAÚJO, L.F.; DIAS, M.V.C.; BRITO, E.A.; JÚNIOR, S.O. Enriquecimento protéico de alimentos por levedura em fermentação semissólida: alternativa na alimentação animal. **Revista Tecnologia & Ciências Agropecuárias**, João Pessoa, v.3, n.3, p.47-53, 2009.

AYARZA, J.A.C. **Alternativa para aumentar a produção mundial de etanol anidro combustível no curto prazo: O potencial dos méis da cana**. Dissertação: (Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

CORTEZ, L.; MAGALHÃE, P.; HAPPI, J. Principais sub-produtos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 2, n 2, p. 1-17, 1992.

CRUZ, R.L. **Efeito da aplicação de vinhaça sobre o solo e água subterrânea**. 1991. 121 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

DINIZ, K.M. **Subsídios para a gestão dos planos de aplicação de vinhaça (PAV): um estudo de caso da região de Piracicaba**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Açúcar. 2007. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_109\\_22122006154.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_109_22122006154.html). Acesso em: 03 dez. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Adubação – resíduos alternativos. 2009. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_39\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html). Acesso em: 04 dez. 2012.

FERREIRA, L.F.R. **Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial de cana-de-açúcar por fungos**. 2009. 135 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERREIRA; L.F.R.; AGUIAR FILHO, M.; MESSIAS, T.G.; POMPEU, G.B.; LOPEZ, A. M.Q.; SILVA, D.P.; MONTEIRO, R.T. Evaluation of sugar-cane vinasse treated with *Pleurotus sajor-caju* utilizing aquatic organisms as toxicological indicators. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.74, n. 1, p. 132-137, 2011.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. (Série Engenharia Agrícola, 1).

GOMES, T.C.A.; SILVA, J.A.M.E.; SILVA, M.S.L. **Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural**. Petrolina: Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 2001. (Boletim Técnico).

GONZALO, D.D.P. **Aplicação da vinhaça segundo os níveis de distribuição de potássio no solo**. 2009. 33 p. Monografia (Gerenciamento Ambiental) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cana-de-açúcar, café e laranja aumentam valor da safra em 2,9%. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201203.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201203.pdf). Acesso em: 02 dez. 2012.

ISRAEL, C.M. **Utilização do resíduo do processamento do palmito para a produção de enzimas hidrolíticas por fungos do gênero Polyporus**. 2005. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

JENDIROBA, E. **Aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira.** In: **Gestão de Resíduos da Agricultura e da Agroindústria.** Eds.: Claudio Spadotto, Wagner Ribeiro. FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais Ltda, Botucatu, 319 p., 2006.

KUMAR, S.; GOPAL, K. Impact of distillery effluent on physiological consequences in the freshwater teleost *Channa punctatus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 66, n. 5, p. 617-622, 2001.

LEITE, G.F. Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na Usina Monte Alegre Ltda. **Revista Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 5, n. 5, p. 189-191, 1999.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. **Balço Nacional da Cana-de-Açúcar e Agroenergia.** Secretaria de produção e Agroenergia, Brasília: MAPA/SPA. 2007.

MEDEIROS, S.C.L.; RIBEIRO, S.R.; CONEGLIAN, C.M.R.; BARROS, R.M.; BRITO, N.N.; SOBRINHO, G.D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Impactos da agroindústria canavieira sobre o meio ambiente In: III Fórum de Estudos Contábeis. **Resumos...** Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, 2003.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J.B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.

MOHANA, S.; ACHARYA, B.K.; MADAMWAR, D. Distillery spent wash: treatment technologies and potential applications. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v.163, n.1, p.12-25, 2009.

NAIK, N.M.; JAGADEESH, K.S.; ALAGAWADI, A.R. Microbial decolorization of spentwash: a review. **Indian Journal of Microbiology**, Nova Delhi, v.48, n.1, p.41-48, 2008.

NOVO, M.C.S.S.; RAMOS, N.P.; LAGO, A.A.; MARIN, G.C. Efeito da adição de palha de cana-de-açúcar e da aplicação de vinhaça ao solo no desenvolvimento inicial de três cultivares de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v.29, n.1, p.125-130, 2007.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, Essex, v. 74, n.1, p.69-80, 2000.

PAOLIELLO, J.M.M. **Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira.** 2006. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2006.

PÉREZ, S.R.; SAVÓN, R.C.B.; DIAZ, M.S.; KOUROUMA, A. Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* para la decoloración de efluentes industriales. **Revista Mexicana de Micología**, México, v.23, n.1, p.9-15, 2006.

PIRES, R.A.P.; FERREIRA, O.M. **Utilização da vinhaça na bio-fertiirrigação da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso em Goiás.** 2008. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

RIBAS, M.M.F. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio operado em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada sob condições termofílicas e mesofílicas.** 2006. 175 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

RODRIGUES, S.P. **Os desafios para o desenvolvimento sustentável do município de Goianésia - Goiás.** 2009. 134p. Dissertação (Mestrado Multidisciplinar em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Anápolis, Unievangélica, Anápolis, 2009.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.110, p.6-11, 2005.

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.454-461, 2010.

SANTOS, F.A.; QUEIRÓZ, J.H.; COLODETTE, J.L.; FERNANDES, S.A.; GUIMARÃES, V.M.; REZENDE, S.T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v.35, n.5, p.1004-1010, 2012.

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.

SIQUEIRA, L.M. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na Agricultura e Agroindústria**. Piracicaba: Livroceres, 2006, 316 p.

SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n.10, 1994.

TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.V.; NASCIMENTO, P.V. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Garça, v.3, n.6, p. 1-9, 2007.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C.S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15 N e uréia-15 N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.1375-1385, 1995.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR – ÚNICA. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>. Acesso em: 03 abr. 2012.

VALDERRAMA, P. **Avaliação de figuras de mérito em calibração multivariada na determinação de parâmetros de controle de qualidade em indústria alcooleira por espectroscopia no infravermelho próximo**. Dissertação de mestrado - Instituto de química. Campinas: Universidade Estadual de Campinas: 2005.

VIANA, B.A. **Tratamento anaeróbio de vinhaça em reator UASB operado em temperatura na faixa termofílica (55°C) e submetido ao aumento progressivo de carga orgânica**. 2006. 88p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

WADT, L.C. **Cultivo de *Pleurotus spp.* Em vinhaça visando à produção de biomassa e exopolissacarídeos**. 2008. 72 p. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

WILKIE, A.C.; RIEDESEL, K.J.; OWENS, J.M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. **Biomass and Bioenergy**, v.19, n.2, p.63-102, 2000.

