

IMPACTOS POSITIVOS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

Miriam Büchler Tarumoto¹; Alba Regina Azevedo Arana²; Tamires Esther Ferreira¹ e Marcelo de Almeida Silva¹

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal. Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, n°. 1780, Botucatu, SP. CEP: 18610-307. E-mail: miriamtarumoto@gmail.com, teferreira@fca.unesp.br, marcelosilva@fca.unesp.br.

²Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Rua José Bongiovani, 700 - Cidade Universitária, Presidente Prudente - SP, CEP: 19050-920. E-mail: alba@unoeste.br.

RESUMO: *A cultura da cana-de-açúcar por ser semiperene tem como característica permanecer por vários anos no mesmo local não necessitando de implantações anuais, apenas manejos de correção de solo, adubações e tratos fitossanitários, portanto, durante alguns anos não há revolvimento de solo, o que contribui para sua estabilidade. A cultura está em pleno crescimento no país, e entender os benefícios envolvidos, tais como a redução da emissão dos gases do efeito estufa, conservação do solo em áreas cultivadas, vantagens sociais como geração de emprego, qualidade de vida e qualificação profissional nos polos produtores, além de proporcionar matéria prima para a cogeração de energia é de extrema importância. Portanto, esta revisão aborda e avalia o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, apresentando as características da planta e o ciclo da produção, apontando as principais regiões do cultivo da cana-de-açúcar no país além de indicar as características do cultivo. Ainda, enfatiza vantagens da cultura para o meio ambiente e sugestões de melhoria em prol da redução dos impactos negativos. Com a vasta adoção de novos sistemas e tecnologias para produção, conscientização de produtores e trabalhadores e apoio governamental, a cultura da cana-de-açúcar pode proporcionar grandes avanços socioeconômicos e ambientais para o país.*

Palavras-chave: *Saccharum spp.*; ambiente; benefícios.

POSITIVE IMPACTS OF THE SUGARCANE CROP IN BRAZIL

ABSTRACT: *The culture of sugarcane is semi-perennial is characterized for remain for several years in the same location without the need for annual deployments, only managements of soil correction, fertilizers and plant protection treatment, so for a few years there is no soil disturbance, which contributes to its stability. The culture is growing in Brazil, and understand the benefits involved, such as reducing the emission of greenhouse gases, soil conservation in cultivated areas, social benefits such as job creation, quality of life and professional skills in producing poles as well as providing raw material for the cogeneration of energy is of utmost importance. Therefore, this review discusses and evaluates the sugarcane cultivation in Brazil, presenting the characteristics of the plant and the production cycle, pointing out the main areas of cultivation in the country and indicates the growing characteristics. Also emphasizes cultural benefits for the environment and suggestions for improvement for the purpose of reducing the negative impacts. With the wide adoption of new systems and technologies for the production, awareness of producers and workers and*

government support, the culture of sugarcane can provide great socioeconomic and environmental progress for the country.

Keywords: *Saccharum* spp.; environmental; benefits.

INTRODUÇÃO

Classificada como gramínea semiperene, a cana-de-açúcar perfilha abundantemente em início de desenvolvimento. Estabelecendo-se, a inibição do perfilhamento é induzida pelo auto sombreamento e ocorre a aceleração do crescimento do colmo principal, se estendendo em altura até que ocorra alguma limitação, como o suprimento de água, temperaturas baixas ou enfim o florescimento, sendo este processo indesejável em culturas comerciais (Magro et al., 2011). A produção de sacarose é considerada o componente mais valioso do rendimento econômico da cana-de-açúcar, além do melaço, originado de açúcares não redutores e a energia, gerada através da fibra (Toppa et al., 2010). A produção de álcool pode ser um dos caminhos do processamento industrial da cana para geração de combustível e então, toda a alcoolquímica (Rodrigues, 1995).

Desde o campo até os processos industriais incluindo seus derivados são considerados no impacto ambiental da cultura da cana-de-açúcar, incluindo a qualidade do ar e o clima global, o uso, a conservação e a biodiversidade do solo, os recursos hídricos e o uso de defensivos e fertilizantes como os prováveis efeitos dessa cultura. Os impactos não são somente negativos, a cadeia produtiva da cana abrange importantes resultados, como solos agrícolas recuperados e a mitigação de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil é considerado avançado quanto a legislação ambiental, que inclui restrições ao uso do solo, sendo eficiente na cultura da cana (Macedo e Carvalho, 2005; Rosa e Martins, 2013).

O conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável foi evidenciado com a questão ambiental no Brasil, o maior potencial de exploração de cogeração de energia no setor sucroalcooleiro está em São Paulo, onde 62% da produção nacional de cana-de-açúcar e 59% do bagaço disponível para fins energéticos estão concentrados (Coelho, 1999; Ramalho, 1999). O setor que gera mais de um milhão de empregos no país está inserido no sistema agroindustrial da cana-de-açúcar (Waack, 1998); portanto, imediatos impactos positivos, como geração de empregos e eletricidade oriundos de subprodutos da industrialização da cana-de-açúcar, são ponderados (Prado, 2007; Zaratini, 2013).

Esta revisão aborda e avalia o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, apresentando as características da planta e o ciclo da produção, principais regiões do cultivo da cana-de-açúcar no país além de indicar as características do cultivo que impactam positivamente o país, enfatizando a importância de tal cultivo, as vantagens da cultura para o meio ambiente e sugestões de melhoria em prol da mitigação de impactos negativos.

ATUAL CENÁRIO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

O Brasil compõe 45% da produção de etanol mundial, seguido pela Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2009). O etanol brasileiro é produzido em aproximadamente três milhões de hectares; e o açúcar em 3,2 milhões de hectares. O constante aumento de veículos movidos a etanol demandou incrementos em torno de 10% na sua produção (IBGE, 2008). O estado de São Paulo é responsável por um terço da produção nacional de etanol (Assunção et al., 2005; Goldemberg, 2008).

A necessidade de se avaliar comparativamente as características do processo de produção é imposta pela diversidade de matéria-prima utilizada na produção de etanol nos vários países produtores (Bermann, 2008).

A relação entre quantidade de energia fóssil gasta na cadeia produtiva do etanol e a quantidade de energia renovável obtida inclui um dos parâmetros a ser analisado, resultando na caracterização da substituição do combustível fóssil. A capacidade do uso do solo, produção de alimentos e de energia são importantes para determinação do parâmetro produtividade (Bermann, 2008).

O setor canavieiro apresenta crescimentos a taxas médias de 10, 4 e 5% para produção nacional, área colhida e rendimento médio, respectivamente, a cada ano produtivo, sendo beneficiado por renovação de canaviais e condições climáticas (IBGE, 2013).

Em 2011, as exportações do complexo sucroalcooleiro ultrapassaram as exportações de carnes, assumindo o papel de segundo produto mais exportado, ficando atrás, apenas, do complexo soja (Teixeira, 2012).

A Região Sudeste concentra 65,7% da produção nacional. O Estado de São Paulo, responsável por 54,8% da produção brasileira (404,7 milhões de toneladas), apresentou um incremento de 13,1% na produção em relação à obtida em 2012, devido à recuperação da produtividade dos canaviais (IBGE, 2013).

A produção nacional de cana-de-açúcar está localizada em regiões bastante distintas: Norte-Nordeste, onde o período safra abrange os meses de agosto a março, e Centro-Sul em que a safra, em geral, se estende de maio a dezembro (Guilhoto et al., 2001).

A produção de cana-de-açúcar deve apresentar expansão em todos os estados considerados, porém as expansões de produção mais expressivas devem ocorrer em Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso em áreas de outras lavouras e de pastagens. São Paulo, líder da produção nacional, deve ter um aumento de produção de cerca de 41,2% na próxima década (BRASIL, 2012).

Acredita-se que a expansão do cultivo de plantas para a produção de biocombustíveis deve ocorrer em áreas disponíveis, degradadas ou já desflorestadas (Bermann, 2008). Entretanto, na maioria dos casos, tais áreas necessitariam de investimentos para serem adaptados ao plantio. De acordo com informações da EMBRAPA (2014), a necessidade de investimentos para a recuperação dessas áreas tornaria mais vantajoso o desmatamento de novas áreas. Aliado às considerações relativas ao meio ambiente, no que diz respeito à soja e à mamona, essa informação coloca dúvidas em relação à capacidade do governo de articular o programa de modo que ele não se torne mais um vetor de desmatamento.

Segundo Bermann (2008), mais de 1 milhão de hectares de florestas foram convertidos em campos de soja na Amazônia nos últimos anos, portanto, é importante considerar se haverá um saldo positivo de emissões de gases de efeito estufa com a produção do biodiesel nessas regiões, em que poderá haver redução de áreas florestais.

Macedo e Carvalho (2005) afirmam que no setor canavieiro há expressiva sustentabilidade responsiva para a substituição dos combustíveis fósseis, atingindo a autossuficiência tanto em energia elétrica quanto térmica, sendo capaz de gerar 11,3 TWh de energia elétrica e mecânica, o que representa 3% da eletricidade gerada no país, e usando o bagaço como combustível 20,2 Mtep, o equivalente à soma de todo o gás natural (GN) e óleo combustível gastos no país, além disso conseguiu produzir o equivalente a aproximadamente 50% de toda a gasolina usada no país em 2004.

A expansão de área de soja e cana-de-açúcar pode ocorrer pela incorporação de novas áreas e também pela substituição de outras lavouras (BRASIL, 2012).

No Brasil, o uso de terras agrícolas é protagonista das emissões de gases do efeito estufa, compostas por queimadas principalmente na região do cerrado à floresta amazônica. Atualmente, o desmatamento das florestas do estado do Mato Grosso é causado principalmente por expansões da área plantada com soja, além de impactos ambientais, a expansão dessa monocultura pode ser a causa do deslocamento de populações para outras

regiões, devido à falta de emprego no campo, enquanto produção de soja dobrava, o corte no número de trabalhadores reduziu o contingente pela metade, portanto, o progresso do complexo soja é marcado pela redução de mão-de-obra, mecanização, uso de fertilizantes e de sementes geneticamente modificadas (Ortiz, 2005).

CANA-DE-AÇÚCAR: CARACTERÍSTICAS E CICLO PRODUTIVO

Características da planta e desenvolvimento da cultura

Cultivada em áreas subtropicais, entre 15° e 30° de latitude, a cana-de-açúcar é uma planta semiperene pertence à família Poaceae. Se desenvolve em forma de touceira, sendo a parte aérea formada por colmos, folhas, inflorescências, e a subterrânea formada por raízes e rizoma. A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula aberta, chamada de bandeira ou flecha (Thompson e Halse, 1964; Casagrande, 1991; Castro e Kluge, 2001; Mozambani et al., 2006; Cristofolletti Jr, 2012).

De cada nó uma folha é brotada a partir do meristema apical, posicionando-se oposta e alternadamente. A posição, idade e variedade da cana e disponibilidade hídrica do solo determinam sua coloração (Ramme, 2010). A interação planta-atmosfera é intermediada pela folha, onde os estômatos presentes realizam as trocas gasosas e de vapor de água e produzem parte dos carboidratos essenciais para o desenvolvimento (Hermann e Câmara, 1999; Dinardo-Miranda et al., 2008).

O mecanismo de concentração de CO₂ nas células do mesófilo movimenta as partículas do gás e as transporta na forma de composto orgânico com quatro carbonos para descarboxilação nas células da bainha vascular, devido seu metabolismo C₄ (Allen et al., 1985).

O número de colmos por planta, a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, podem sofrer influência do clima, manejo e práticas culturais, mas em geral são definidas pela variedade e também pelo ciclo fenológico, que pode variar sua duração, porém, é basicamente composto por três estádios básicos de desenvolvimento: fase inicial de crescimento lento, fase de rápido crescimento e desenvolvimento e fase final lenta, caracterizada principalmente por acúmulo de sacarose que são afetados pela intensidade e quantidade de luz, concentração de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura (Rodrigues, 1995; Robertson et al., 1996; Inman-Bamber et al., 2002; Oliveira et al., 2007; Tuta, 2013).

A propagação ocorre através da brotação de rizomas, colmos e/ou sementes, as quais, uma vez plantadas e sob condições favoráveis de temperatura (limitante abaixo de 21°C e acima de 44 °C) e umidade do solo, desenvolvem sistema radicular, que após sua formação inicial, emerge o broto que compõe a planta de cana-de-açúcar, esse processo ocorre entre 20 a 30 dias após o plantio ou corte da cana-soca e depende do cultivar, estado nutricional do tolete, dimensão do entrenó, umidade no tolete, no solo e no ar, temperatura e aeração do solo (Câmara, 1993; Castro, 2000; Mozambani et al., 2006; Dinardo-Miranda et al., 2008; Magro e Laca-Buendía, 2010).

Após a brotação, formam-se perfilhos 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário, em cana-planta ou soqueira, o aumento no número de perfilhos pode ocorrer até seis meses de idade, com posterior redução de cerca de 50% e se estabilizando a partir dos nove meses, o processo é afetado pelo desbalanço da luminosidade, induzindo a fotodestruição de auxinas sintetizadas no ápice da planta e a brotação de gemas laterais capazes de reduzir o alongamento e o perfilhamento (Gascho e Shih, 1983; Lucchesi, 2001; Silva et al., 2010).

Estabelecendo-se o perfilhamento, dá-se início o segundo estágio de crescimento, no qual se formam os colmos, e começa o amadurecimento, atingindo o tamanho final e constituindo-se em colmos industrializáveis, armazenando principalmente a sacarose pela fotossíntese (Ramme, 2010; Tuta, 2013). O acúmulo máximo de sacarose ocorre, quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento, sendo este processo comumente descrito como amadurecimento, devido a restrições térmicas e/ou hídricas; a taxa de crescimento é pouco intensa e os produtos da fotossíntese são destinados principalmente ao armazenamento da sacarose nos colmos. No entanto, ainda que a cana-de-açúcar esteja com alto teor de açúcar com apenas alguns meses de idade, não significa que esteja fisiologicamente madura, em ponto de colheita (Rodrigues, 1995; Benvenuti, 2005). A disponibilidade hídrica e a temperatura podem afetar o crescimento das culturas agrícolas e até se tornar a principal causa da redução da produtividade (Bachi e Souza, 1978; Pimentel, 2004; Flexas et al., 2006).

Ciclo produtivo

O ciclo produtivo da cana-de-açúcar, envolve prioritariamente o solo para direcionar a necessidade de adubação além da classificação do ambiente de produção que pode facilitar as escolhas de mudas e diversas operações.

As operações corretivas do solo e o controle de pragas são incorporadas e podem ser realizadas simultaneamente durante o preparo de solo já que esse manejo depende da composição química, da textura e da estrutura do solo. Em plantio convencional, o espaçamento pré-determinado geralmente em 1,5 m entre sulcos de 20 a 30 cm de profundidade onde aloca-se a densidade de mudas de variedades compatíveis ao ambiente de produção. Além de inserir em sulco a adubação de plantio, injetar o inseticida nos colmos e realizar a cobertura das mudas no sulco.

A densidade de 12 a 18 gemas m⁻¹ de mudas (propágulos) provenientes de canaviais de 12 a 18 meses, livres de pragas e doenças que após recebimento de tratamento preventivo com fungicida e inseticida (prática ideal, embora não adotada pela maioria dos produtores). Para a colheita mecânica, a adequação passa até pelo plantio em linhas duplas alternadas, com a finalidade de melhorar a eficiência da colhedora e prolongar a vida útil do canavial (CONAB, 2013).

A partir desta etapa, ocorre a aplicação de herbicidas, adubação de cobertura paralela à operação de cultivo, levantamentos e controle biológico e químico de pragas. Atingindo o pico de maturação, realiza-se a colheita, que ainda pode ocorrer manualmente, com a necessidade de despalha à fogo para otimizar o tempo do trabalhador rural, ou mecanizada que ocorre somente com máquinas, dependendo de fatores de colheitabilidade da área (Maule et al., 2001; Souza et al., 2005; Neves e Conejero, 2007).

O cultivo da cana-de-açúcar é complexo, podendo ser obtido de um único plantio de cinco a sete colheitas, e então altos investimentos são realizados para que a renovação do canavial proporcione boa produtividade da colheita seguinte (Machado e Habib, 2009). Durante a colheita são acumulados em torno de 12 toneladas de palha por hectare, compostos por cinco toneladas de carbono, que retornarão ao solo (Scala Jr., 2012).

IMPACTO AMBIENTAL DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

Segundo o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, impacto ambiental consiste em alterações de propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente a saúde, segurança, e bem-estar da população; atividades sociais e econômicas; biota; condições estéticas e sanitárias ambientais além da qualidade dos recursos ambientais. Dieffy (1975) define como a

diferença entre as condições ambientais que existiriam com a implantação de um projeto proposto e as condições ambientais que existiriam sem essa ação.

Portanto, a definição de impacto ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de um determinado empreendimento, podendo ser negativo ou positivo (Bitar e Ortega, 1998).

Os impactos ambientais podem ser: diretos e indiretos; temporários e permanentes; benéficos e adversos; imediatos e a médio e longo prazos; reversíveis e irreversíveis (CETESB, 2014).

Impactos do cultivo da cana-de-açúcar

A qualidade do ar e o clima global, uso, conservação e biodiversidade do solo, recursos hídricos e o uso de defensivos e fertilizantes nessa cultura, desde o campo, passando pelos processos industriais até seus derivados, são considerados os prováveis causadores dos efeitos no impacto ambiental da cultura da cana-de-açúcar, mas não necessariamente negativos (Macedo e Carvalho, 2005).

Impacto benéfico e indireto: Etanol

As atividades do setor canavieiro causam impactos no uso de recursos indicando uma situação e possibilidades positivas relacionados à geração de energia que passa a substituir a energia fóssil podendo tornar-se fornecedor de material de base renovável como plásticos e insumos químicos (Macedo e Carvalho, 2005).

Além de combustível renovável que serve como substituto do petróleo, o etanol apresenta benefícios em relação à gasolina, através da mitigação de CO₂, elevando a qualidade do ar em áreas metropolitanas (Szmrecsányi, 1994; Goldemberg, 2008; Gonçalves et al., 2008). A eliminação dos compostos de chumbo na gasolina; a minimização nas emissões de monóxido de carbono; a erradicação de enxofre e material particulado; emissões menos tóxicas e fotoquimicamente reativas de compostos orgânicos compõem os principais efeitos do uso do etanol (puro ou em mistura com gasolina) nos centros urbanos (Macedo e Carvalho, 2005).

Discussões relacionadas à necessidade de adoção de fontes renováveis de energia são ocasionadas devido às mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global, principalmente se tratando de combustíveis. Aliado à possibilidade de escassez do petróleo em um futuro próximo, alguns países propõem a combinação de etanol à gasolina, enquanto os Estados Unidos e Brasil já utilizam dessa tecnologia. Contudo, há ausência de adoção de

mercado global de produtores de etanol para que se conjecture fiéis consumidores, com fornecimento a preços competitivos garantidos (Teixeira, 2012).

Machado e Habib (2009) relatam que devido ao uso de etanol, o equivalente a sete milhões de toneladas de carbono deixaram de ser jogadas na atmosfera, compondo o balanço energético referente a safra brasileira nos anos de 2002-2003, que considera a análise de todo o ciclo de vida do álcool, da produção agrícola, das emissões veiculares, para quantificar os benefícios ambientais do combustível renovável, sempre em comparação ao uso do petróleo.

O contexto do álcool em relação ao petróleo tem como diferencial sua origem renovável, proveniente da biomassa da cana-de-açúcar, havendo reconhecido potencial de sequestrar carbono da atmosfera, conferindo essencialidade na mitigação global do efeito estufa, equivalente a 13% das emissões de todo o setor de energia no Brasil (Machado e Habib, 2009; Garcilasso et al., 2012).

Impacto benéfico e direto: Solo

A proteção do solo contra erosão proporcionada pela cultura da cana-de-açúcar através da cobertura do solo e da palhada remanescente na área no sistema de colheita sem queima, evita perda de solo e redução do carbono orgânico em superfície, visto que a área na posição mais elevada da encosta apresenta maior emissão de CO₂ e menor teor de carbono orgânico do solo (Brito, 2008).

Embora ocorra liberação de CO₂ do solo com a queima da cana-de-açúcar no caso do sistema de colheita manual, as emissões deste gás não são consideradas como uma emissão líquida ao longo do tempo, pois, no ciclo seguinte, a cultura reabsorve o equivalente ao CO₂ emitido (EMBRAPA, 2002).

A cultura da cana-de-açúcar tem se expandido em áreas de baixa fertilidade, principalmente “cerrados fortemente antropizados”, na sua maioria pastagens extensivas, ocasionando a recuperação destes solos, por adição de matéria orgânica e fertilização químico-orgânica, contribuindo para melhorar o seu condicionamento físico-químico e incorporando solos à área agriculturável brasileira (Macedo, 2007). A canavicultura no Brasil apresenta perda relativamente baixa de solo por erosão quando comparado à soja e milho, e esse fator se eleva com o aumento da colheita mecanizada e preparo reduzido, tornando-se semelhantes ao plantio direto em culturas anuais (Macedo e Carvalho, 2005).

A manutenção da biodiversidade em canaviais é favorecida por condições ambientais mais estáveis, eficiente recobrimento do solo pela vegetação e vasto volume de fitomassa

(Beecher et al., 2002; Miranda e Miranda, 2004a; Miranda e Miranda, 2004b; Miranda e Avellar, 2008).

Impacto benéfico indireto: Social

Considerando impactos socioeconômicos do setor, a geração de empregos e renda para uma ampla gama de capacitação da mão-de-obra, com versatilidade para adaptar-se às características locais, promove substancial economia de divisas, com redução na importação de petróleo, e o desenvolvimento tecnológico e empresarial de indústrias de equipamentos (Macedo e Carvalho, 2005).

Segundo Costa (2004), há cerca de 10 anos por volta de um milhão de empregos diretos são gerados pela agroindústria canavieira sendo metade responsável pelo campo, e o restante industrial, o que representa 6% dos empregos agroindustriais do país, equivalente a 14% dos empregos nacionais, isto compõe um investimento médio de US\$ 10 mil por emprego comparado a outros setores como a petroquímica que investe cerca de US\$ 200 mil e metalurgia US\$ 145 mil.

Os setores do complexo canavieiro, tendem a perder a importância na geração de empregos a longo prazo, elevando o grau de qualificação da mão-de-obra empregada adequando ao nível das economias modernas, ou seja, uma diminuição na participação das pessoas empregadas pelos setores primário e secundário e um aumento desta participação no setor terciário da economia (Guilhoto et al., 2001).

Segundo Sachs (2005), o desafio é aliar o desenvolvimento rural e a agricultura sustentável para garantir a eficiência na exploração de recursos naturais e a geração de emprego através da formação de cooperativas.

A mecanização da colheita da cana é o tema que abrange a crescente preocupação ambiental e a qualidade de vida de trabalhadores rurais da cadeia sucroalcooleira (Guilhoto et al., 2001). As ações dos agentes desse setor agroindustrial estão amparadas pela Lei nº 11.241/02 que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.

Estudos mostram que usinas mantêm mais de 600 escolas, 200 creches e 300 ambulatórios médicos, pouco menos do total das unidades avaliadas em São Paulo, proveem assistência médica, odontológica, transporte e seguro de vida; fornecem refeição e assistência farmacêutica, proporcionam ainda programa de participação nos lucros, hospedagens, refeitórios e creches. (UNICA, 2003; Macedo e Carvalho, 2005).

Impacto benéfico e indireto: Energia limpa

Apesar da recente implantação, o material renovável proveniente da cana-de-açúcar está em crescente produção no Brasil, incluindo a sacarose, a álcoolquímica além do elevado potencial de exploração de subprodutos, o que possibilita o cumprimento da sustentabilidade responsável (Macedo e Carvalho, 2005).

A biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira é o bagaço de cana-de-açúcar, responsável por suprir as energias térmica, mecânica e elétrica de unidades de produção de açúcar e etanol, por simultânea produção de calor e eletricidade através de sistemas de cogeração (Bermann, 2008).

Metade da matriz energética do Brasil é renovável, frente aos 12,7% correspondentes à oferta energética mundial. Contudo, usinas hidrelétricas são responsáveis por gerar 75% da energia elétrica do país, colaborando para significativos impactos ambientais, tais como alagamentos e a consequente perda da biodiversidade local, compondo problemas sociais como remoção de cerca de 250 mil famílias de áreas atingidas por empreendimentos hidrelétricos, sendo que menos de 10% receberam algum tipo de indenização (Brasil, 2007; Bermann, 2008).

A oferta energética nacional é composta em 12% de lenha e carvão vegetal, constado como recursos renováveis, ainda que não considerada a proporção relevante da lenha e do carvão vegetal obtidos da mata nativa, enquanto derivados da cana-de-açúcar correspondem a 15,7%, cujos problemas sociais e ambientais não podem ser desprezados (Bermann, 2008).

Impacto adverso direto: Queimada

A emissão de material particulado decorrente da queima da palha, antecedente à colheita da cana-de-açúcar, pode extrapolar a barreira nasal e depositar-se nos brônquios causando malefícios a saúde (Ferreira et al., 2009; Raupp, 2012; Pacheco e Santos, 2013).

Franco (1992) considera que durante a época das queimadas dos canaviais há uma piora na qualidade do ar na região, apesar de não ser o único fator de agravamento; a extensão da área plantada e da duração das queimadas propiciam descargas significativas de gases e outros poluentes na atmosfera, que atinge uma parte expressiva da população e a torna mais suscetível às doenças, onerando seus custos de vida, principalmente quando a queima é realizada em períodos secos (julho a setembro) em que há aumento de concentrações de monóxido de carbono (CO) e de ozônio (O₃), além de material particulado, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono (CO₂), este na proporção de 2,1 toneladas de CO₂ por hectare de cana queimada.

Uma importante estratégia na redução do aquecimento global está na utilização da biomassa para produção de energia, como o programa do etanol, que constitui, atualmente, o maior programa de mitigação no mundo, além disso, com a extensão da área de cultivo, a substituição de queimadas por colheita mecanizada da cana-crua, pode implicar sobre o balanço global de carbono (Razafimbelo et al., 2006).

Foi estabelecida a gradativa redução da queima prévia da cana nas áreas mecanizáveis, com eliminação total desse procedimento até o ano de 2021 no estado de São Paulo, através da Lei Estadual 11.241, de 19 de setembro de 2002. Nas áreas não mecanizáveis, com extensão superior a 150 hectares, o prazo se estende até 2031 (Bermann, 2008).

Segundo Machado e Habib (2009), com intuito de limpar o terreno para facilitar a mão-de-obra para o corte, por ocasião da colheita, a queima da cana-de-açúcar foi bastante polêmica, por gerar adversidades ao ambiente e às populações que residem em áreas urbanas próximas de plantações de canaviais como minimização de material orgânico do solo, expondo-o a erosões, com conseqüente assoreamento de mananciais; redução da fauna terrestre, aérea e do solo que podem atuar como importantes inimigos naturais de pragas; causa de volatilização de elementos nutritivos essenciais à planta.

A produção de fuligem, produzida no momento da combustão, provoca a liberação do monóxido de carbono altamente tóxico. Consiste em um composto de óleo empírico, carbono, sais minerais e ácido acético, que atingem proximidades de áreas agrícolas e em alguns casos podem causar irritações no aparelho respiratório do homem e de certos animais (Machado e Habib, 2009).

Demais impactos

A reposição da biodiversidade vegetal no longo prazo pode ser promovida através da implantação por unidades canavieiras de programas de recomposição das matas ciliares, além da proteção às nascentes e cursos de água, uma crescente conscientização tem levado a bons resultados, como exemplo as APP relativas às matas ciliares atingem 8,1% da área canavieira em São Paulo; destes, 3,4% têm mata natural e 0,8% foram reflorestados (Macedo e Carvalho, 2005).

Em geral os problemas ambientais com a qualidade da água decorrentes de irrigação (arraste de nutrientes e defensivos, erosão) e uso industrial não são encontrados em São Paulo; a EMBRAPA classifica a cana, neste aspecto, no nível 1 - nenhum impacto na qualidade da água (Piacente, 2005; Corbi et al., 2006; Minayo-Gomez, 2011).

Segundo Macedo e Carvalho (2005), as culturas como citros, milho, soja e café superam a cana-de-açúcar no consumo de agroquímicos, considerando que as principais pragas da cana, os controles da broca (praga mais importante) e da cigarrinha são biológicos. Doenças e pragas da cana são combatidas com a seleção de variedades resistentes, em programas de melhoramento genético, que produzem plantas resistentes ou tolerantes ao carvão, aos vírus do mosaico e do amarelinho e à broca da cana e, portanto é considerado nulo o uso de fungicidas nesse agrossistema, além de reduzidas as aplicações de inseticidas e herbicidas. A cana-de-açúcar, entre os cultivos nacionais, utiliza menos fertilizantes que o algodão, café e laranja; e equivale ao utilizado na cultura da soja. Em outros países como na Austrália, quase 50% a mais de fertilizantes é utilizado.

Segundo o estudo sobre a fauna na região do Pontal do Paranapanema realizado por Bariani (2010) numa época em que a colheita de cana-de-açúcar era permitida com manejo de fogo, dos 15 vertebrados encontrados mortos, 11 eram répteis (73%) e nenhum animal de grande porte foi encontrado. Isso sugere que esses animais conseguiam fugir do fogo e, provavelmente, a prática da queimada na cultura da cana-de-açúcar não acarretava muitos problemas para os animais de grande porte, talvez pela forma como o fogo era colocado, permitindo que a fauna fugisse pelo lado oposto. Com a implantação de sistema de colheita mecanizada esse problema será consideravelmente minimizado.

Considerações práticas

Pesquisas apontam que a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, sem a queima da palhada, reduz o impacto ambiental e ajuda na eliminação de ervas daninhas do canavial.

Segundo Velini e Negrisoli (2000), há redução de viabilidade de sementes de plantas daninhas em áreas com palhada, pois esta proporciona menor amplitude térmica provocada no solo, com isso há minimização de insumos utilizados na lavoura de cana-de-açúcar, onde herbicidas correspondem a uma ampla parcela do custo da produção total, com custos chegando a US\$ 25 a 60 por hectare.

Além disso, a colheita mecanizada deixa como subproduto 10 a 15 toneladas de palha picada por hectare, que pode se tornar fonte de alimentos para animais ou combustível na cogeração de energia para as próprias usinas e destilarias, e se deixada no solo, pode recompor estruturalmente e reduzir o uso de fertilizantes químicos a longo prazo (Duarte Jr. e Coelho, 2008; Gomes e Maia, 2013).

O sistema de colheita mecanizado proporciona características ambientais benéficas, porém, antagonicamente, essa inovação pode acarretar em consequências sociais. Cada

colhedora pode substituir de 80 a 100 homens por dia, e trabalha por 24h, provocando uma redução na demanda da força de trabalho nas áreas rurais, podendo gerar desempregos. Com isso obriga trabalhadores buscarem qualificação profissional, proporcionando em geral para o país incremento na qualidade profissional. Ainda, com a atual facilidade de ingressar em graduações e cursos técnicos, está extinguindo a mão-de-obra para o setor (Moraes, 2007; Basaldi, 2008).

A demanda ambiental enfatizou o conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Portanto, o desafio para estudos futuros está em conciliar desenvolvimento e o ambiente, gerando expectativas saudáveis, seguras e estáveis para a população (Machado e Habib, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em reflexões iniciais é possível visualizar alguns elementos que compõem a atual realidade mundial e nacional do setor sucroenergético que proporciona uma visão da importância do cultivo da cana-de-açúcar para a economia mundial, principalmente para a economia nacional, se tratando de políticas de subsídio, da renda gerada com exportação e com o consumo interno; e à economia local, quanto aos polos produtores onde também se concentram as inúmeras usinas, que geram alta rotatividade de emprego e, por consequência, incrementam a renda e qualidade de vida local.

Ainda em relação à economia, o cultivo da cana-de-açúcar tem como produção primária o açúcar e etanol e secundária o bagaço da cana que é uma matéria prima para a cogeração de energia, que reduz a utilização de energias fósseis e colabora com a redução de emissão de GEE ao meio ambiente, que colaboram com efeitos de ilhas de calor nos grandes centros, melhorando a qualidade climática.

Relacionado às queimadas das áreas de cana-de-açúcar a serem colhidas manualmente, percebem-se os malefícios por ela causados, que já foram constatados por lei e atualmente toda a população está protegida pela lei contra queimadas, que provavelmente estará totalmente vigorada em breve, trazendo com isso um incremento na qualidade do solo, além da proteção do solo pela palhada, em paralelo ocorre também redução emissão de carbono com palhada no solo.

Com a vasta adoção de novos sistemas e tecnologias para produção, conscientização de produtores e trabalhadores e apoio governamental, a cultura da cana-de-açúcar pode proporcionar grandes avanços socioeconômicos e ambientais para o país.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, L.H.; JONES, P.H.; JONES, J.W. Rising atmospheric CO₂ and evapotranspiration. In: **Advances in evapotranspiration**. St. Joseph: ASAE, 1985.p.13-27.
- ASSUNÇÃO, V.S.; KONO, E.C.; FRIGERIO, R.; LOPES, LT. 2005. Utilização de imagem CBERS-2 na análise e avaliação dos impactos ambientais da cultura da cana-de-açúcar da região de Ribeirão Preto – SP. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: INPE. p. 789-795.
- BACHI, O. O. S.; SOUZA, J. A. G. C. Minimum threshold temperature for sugar cane growth. In: International Society of Sugar Cane Technologists, 1978, São Paulo, SP. **Proceedings...** São Paulo, 1978. v. 2, p. 1733-1741.
- BARIANI, M. D. **Impacto da Colheita de Cana-de-açúcar nos Mamíferos e Répteis Silvestres da Região do Pontal do Paranapanema**, SP. IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade. 2010.
- BASALDI, O. V. Mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no período 1992-2006. **Relatório de Pesquisa**. Brasília: FAO, 2008.
- BEECHER, N.A.; JOHNSON R.J.; BRANDLE, J.R.; CASE, R.M.; YOUNG, L.J. Agroecology of birds in organic and nonorganic farmland. **Conservation Biology**, vol. 16, no. 6, p. 1620-1631, 2002.
- BENVENUTI, F.A. **Relação de índices de Vegetação com a Produtividade da Cana-de-açúcar e Atributos Edáficos**. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, 2008.
- BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. Gestão Ambiental. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), Cão. 32, p. 499-508, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : Mapa/ACS, 2013. 96 p.
- BRASIL - MME/EPE. **Balanco Energético Nacional**: 2006. Rio de Janeiro, 2007.
- BRITO, L. F. **Emissão de CO₂ do solo em diferentes posições topográficas em área sob cultivo de cana-de-açúcar**. Dissertação de Mestrado. UNESP. Jaboticabal, 2008.
- CÂMARA, G.M. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.; OLIVEIRA, E.A. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.31-64.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (ed). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Editora Stoller do Brasil. 138p. 2001.

CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: Simpósio Internacional de Fisiologia da Cana-de-Açúcar, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. 9p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual para elaboração de estudos para o licenciamento com avaliação de impacto ambiental**. 2014.

COELHO, S. T. **Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa**. Um modelo para o estado de São Paulo (tese de doutorado), PIPGE, USP, São Paulo, Brasil, 1999.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira cana de açúcar Safra 2013/2014**. Segundo Levantamento. Agosto/2013.

CORBI, J. J., STRIXINO, S. T., SANTOS, A. D.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, 29(1), 61-65, 2006.

COSTA, C. C. **Medidas protecionistas utilizadas pelos Estados Unidos e União Européia para o açúcar: impacto sobre a economia das regiões exportadoras do Brasil**. 2004. (Tese de doutorado - Economia Aplicada) ESALQ – Universidade de São Paulo.

CRISTOFOLETTI Jr., S. C. **Fisiologia da emergência e perfilhamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar** (Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), 2012.

DIEFFY, P. J. B. **The development and practice of EIA concepts in Canadá**. Occasional paper 4: Ottawa – Environmental Canadá, 1975.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.; LANDELL, M.G. **Cana-de-açúcar**. 1ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, v.1, p. 585-598.

DUARTE JR., J. B.; COELHO, F. C. (2008). A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12(6), 576-583.

EMBRAPA. 2002. **Emissões de gases de efeito estufa na queima de resíduos agrícolas. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Relatório de Referência.

EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em 11/02/2014.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J.; GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. **New Phytologist**, v.172, p.73-82, 2006.

FERREIRA, J. C.; SIQUEIRA, S.S.; BERGONOSO, V.R. **Impactos causados pela fuligem da cana de açúcar**. Lins/ São Paulo: 2009.

FRANCO, A. R. **Aspectos epidemiológicos da queima de canaviais na região de Ribeirão Preto**. Palestra proferida no Centro de Estudos Brasileiros (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP). Ribeirão Preto, 1992.

GARCILASSO, V.; LORA, B.; GRISOLI, R.; COELHO, S. **Biocombustíveis líquidos para transporte: etanol, biodiesel e tecnologia de segunda geração**. Capítulo VIII. **O Setor Elétrico**. Ed.80. 2012.

GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. Crop-water relations. New York: **Wiley-Interscience**, p. 445-479, 1983.

GOLDEMBERG, J., COELHO, ST.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, vol. 36, p. 2086-2097, 2008.

GONÇALVES, D.B., FERRAZ, J.M.G.; SZMRECSÁNYI, T. Agroindústria e meio-ambiente. In: ALVES, F., FERRAZ, J.M.G., PINTO, L.F.G. & SZMRECSÁNYI, T. **Certificação socioambiental para a agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro**. Piracicaba/São Carlos: Imaflora/EdUSCar. p. 230-292, 2008.

GOMES, C. F. S.; MAIA, A. C. C. Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. **Produção, No Preto**, 2013.

GUILHOTO, J.J.M.; MENDONÇA DE BARROS, A.L.; MARJOTTA-MAISTRO, M.C.; ISTAKE, M. **Geração de emprego nos setores produtores de cana-de-açúcar, álcool e açúcar no Brasil e nas suas macro regiões**. DEAS- ESALQ-USP e CEPEA-USP, 2001.

HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, Piracicaba, v. 17, p. 32-34, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Agrícola**. Brasil: IBGE, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comentário Agroindústria**. Brasil: IBGE, 2008.

INMAN-BAMBER, N. G.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Dry partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. **Field Crops Research**, v.76, p.71-84, 2002.

LUCCHESI, A.A. Ecofisiologia de culturas extrativas: Cana-de-açúcar, Seringueira, Coqueiro, Dendezeiro e Oliveira. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE R.A. (Coord). **Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. p. 13-45.

MACEDO, I. C.; CARVALHO, E. P. **A Energia da Cana-de-Açúcar**: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo : Berlendis & Vertecchia: UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

MACEDO, I. C. **A energia da cana-de-açúcar**: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. 2007.

MACHADO, L.A.; HABIB, M. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. 2009.

MAGRO, C.R.; LACA-BUENDÍA, J.P. Efeito da profundidade de plantio no perfilhamento da cana-de-açúcar. **Fazu em Revista**, Uberaba, n.7, p.48- 54, 2010.

MAGRO, F.J.; TAKAO, G.; CAMARGO, E.P. e TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz. Piracicaba-SP. 2011.

MAULE, R. F., MAZZA, J. A., & MARTHA JÚNIOR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, 58(2), 295-301, 2001.

MINAYO-GOMEZ, C. Produção de conhecimento e intersectorialidade em prol das condições de vida e de saúde dos trabalhadores do setor sucroalcooleiro. **Ciência e Saúde Coletiva**, 16(8), 3361-3368, 2011.

MIRANDA, J.R.; AVELLAR, L.M. 2008 Sistemas agrícolas sustentáveis e biodiversidade faunística: o caso da cana orgânica em manejo agroecológico. *InterfacEHS*, vol 3, no. 2, p 1-13.

MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. Sistemas de produção orgânica de CANA- DE-AÇÚCAR monitoramento qualificado de biodiversidade. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 6p. **Comunicado Técnico 13**, 2004a.

MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. Biodiversidade e sistemas de produção orgânica: recomendações no caso da cana-de-açúcar. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 94p. **Documentos, nº 27**, 2004b.

MORAES, M. A. F. D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 875-902, 2007.

MOZAMBANI, A.E. et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Cadernos Planalsucar. 2006. p.11-18.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. Sistema agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica. **Economia Aplicada**, São Paulo, v.11, n.4, p.587-604, 2007.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOKFILHO, J.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; SILVA, D.K.T. Área foliar em

três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

ORTIZ, L.S. (coord.). Energias renováveis sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural. Porto Alegre: **Núcleo Amigos da Terra/Brasil**, p. 64, 2005.

PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P. Territórios Monocultores e a (In) Sustentabilidade Ambiental: uma discussão acerca dos impactos da queima de cana de açúcar no Vale Sanfranciscano. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, 2(1), 95-110, 2013.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 2004. 191p.

PRADO, T. G. F. **Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica**. Dissertação de Mestrado POLI/FEA/IEE/IF, USP, 2007.

RAMME, F.L.P.; LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V. Perfis Temporais NDVI MODIS, na cana-soca, de maturação tardia. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 30, p. 480-494, 2010.

RAZAFIMBELO, T.; BARTHE'S, B.; LARRE'-LARROUY, M. C.; LUCA, E. F.; LAURENT, J. Y.; CERRI, C. C.; FELLER, C. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 115, n. 1- 4, p. 285-289, 2006.

RAMALHO, E. L. **Uma Visão da Comercialização de Energia Elétrica, pelas Indústrias de Açúcar e Álcool, diante da Reestruturação do Setor Elétrico Nacional**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Planejamento de Sistemas Energéticos. Unicamp, Campinas – 1999.

RAUPP, F. **Modelo de autoavaliação do desempenho ambiental para a agroindústria: o caso da indústria sucroalcooleira do Mato Grosso do Sul**. 2012.

ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W.; MUCHOW, R. C. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia: I. radiation use, biomass accumulation and partitioning. **Field Crops Research**, v.48, p.11-25, 1996.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Univ. Estadual Paulista, 1995.

ROSA, A. S.; MARTINS, C. P. S. Produção mais limpa nas fontes geradoras de poluição da indústria de açúcar e álcool. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 90-125, Jun. 2013.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Revista de Estudos Avançados**, 19 (55), 2005.

SCALA JR., N. **O Impacto das práticas de preparo de solo e colheita na emissão de CO₂ do solo em áreas de produção de cana-de-açúcar** [Palestra]. IEA, USP, Ribeirão Preto, SP. 2012.

SILVA, F.; BOARETTO, A.; ABREU Jr. H.; BERTON, R.; BASSO, L.C.; BARBIERI, V. Impactos da aplicação de lodo de esgoto na cultura da cana-de-açúcar e no ambiente. **HOLOS Environment**, v. 10, n. 1, p. 62. 2010.

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

SOUZA, Z. J. D. A cogeração de energia no setor sucroalcooleiro: desenvolvimento e situação atual. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

SZMRECSÁNYI, T. 1994. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, vol. 24, no. 10, p. 73-82.

TEIXEIRA, W. S. **Cana-de-açúcar - Prospecção para a safra 2013/14**. CONAB Brasília (DF), Setembro, 2012.

THOMPSON, G. D.; HALSE, C. G. Some notes on sugarcane planting procedures. *Proc. Annual Congress South African of Sugar Technology*. Ass, 38, 154-165, 1964.

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.3, p.215-221, 2010.

TUTA, N. F. **Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar no ciclo da cana-planta com aplicação de efluente de esgoto tratado via gotejamento subsuperficial**. Dissertação de mestrado, UNICAMP. Campinas, SP, 2013.

UNICA. São Paulo: **União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA)**, ano 6, n. 52, mar/abr. 2003.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar; MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. **Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras**. São Paulo: UNICA/MAPA.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. **Congresso Brasileiro da Ciências das Plantas Daninhas**, 22 [Palestra]. Foz de Iguaçu, 2000. p.148-164, 2000.

WAACK, R. S., E NEVES, M. F. **Competitividade do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar** – IPEA – 1998.

ZARATINI, A. J. **Análise de viabilidade sócio-ambiental e econômica de alternativas de produção energética de subprodutos do sistema sucroenergético para usinas da região de Ribeirão Preto-SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013.