

Certificados ambientais e o setor sucroalcooleiro paulista

Estudo de caso¹

Karina Ferracioli²
Rafael Lopes Jacomini³
Pedro Valentim Marques⁴

Resumo – Este trabalho verifica a relação entre as certificações ambientais do setor sucroalcooleiro paulista e os possíveis ganhos que estas podem atribuir ao setor tanto economicamente, por meio da conquista de mercados restritos que exigem determinados padrões para o bioetanol, quanto financeiramente, por meio dos programas de crédito que visam ao desenvolvimento sustentável do setor e, conseqüentemente, do Brasil.

Palavras-chave: certificação, crédito sustentável, desenvolvimento sustentável.

Environmental certifications and the sugar-alcohol sector in state of São Paulo – a case study

Abstract – This paper assesses the relationship between environmental certifications of the sugar-alcohol sector of the state of São Paulo, Brazil, and the possible gains that they can allocate to this sector both economically, through the conquest of restricted markets that require certain standards for bioethanol, and financially, through credit programs aimed at sustainable development of this sector – and consequently of Brazil.

Keywords: certification, sustainable credit, sustainable development.

Introdução

A partir da década de 1990, ganhou força um importante movimento em busca de um desenvolvimento sustentável e limpo. Foi com a crescente preocupação com as conseqüências causadas pelas emissões de gases geradores do

efeito estufa (GEEs) e com o estabelecimento do Protocolo de Quioto em 1997 que as nações começaram a instituir suas políticas sobre mudanças do clima, entre elas o Brasil (BIOETANOL..., 2008; GOULARTE; ALVIM, 2011; LORA, 2008; MACEDO, 2002; MONTEIRO NETO, 2005).

¹ Original recebido em 17/5/2013 e aprovado em 22/5/2013.

² Graduada em Ciências Econômicas pela PUC/SP, Mestranda em Economia Aplicada pela USP/Esalq. E-mail: karinaferracioli@gmail.com

³ Graduado em Ciências Econômicas pelo Mackenzie, Mestrando em Economia Aplicada pela USP/Esalq. E-mail: rafalljacomini@gmail.com.

⁴ Engenheiro-agrônomo, Mestre em Economia e Sociologia Rural pela USP/Esalq, Ph.D. em Economia Agrícola pela University of Kentucky. E-mail: pvmarque@usp.br

Foi em 23 de abril de 2002 que o Brasil, apesar de não fazer parte dos países listados no Anexo I⁵ do protocolo, ratificou o documento e se comprometeu a reduzir suas emissões de GEEs para a atmosfera. Por meio de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), países como o Brasil se comprometem com os ideais propostos em Quioto, e movimentam o mercado de créditos de carbono (BRASIL, 2012b; UNITED NATIONS, 1998).

É justamente em busca desse propósito, de redução de emissão de GEEs, que o setor sucroalcooleiro recebe novamente destaque. Além de sua já reconhecida produção de bioetanol da cana-de-açúcar, principal substituto renovável dos combustíveis de origem fóssil como a gasolina, o setor se destaca ainda com projetos de cogeração de energia, tornando-se uma importante fonte de biomassa para a produção de energia termoelétrica de maneira sustentável (BIOETANOL..., 2008; GOULARTE; ALVIM, 2011; MONTEIRO NETO, 2005).

Assim, na busca pela comprovação da sustentabilidade e da preocupação ambiental por parte do setor é que ações como o Protocolo Agroambiental de 2007 e, mais recentemente, o certificado Bonsucro surgiram. Enquanto o primeiro documento certifica o etanol produzido pelos grupos participantes, o segundo certifica desde a produção de cana-de-açúcar até os produtos finais do setor. Ambos comprovam que questões como redução do uso da água, proteção de matas ciliares, minimização da poluição atmosférica e cumprimento das legislações ambientais e trabalhistas estão sendo seguidas e executadas (BONSUCRO, 2013; SÃO PAULO, 2007; SUSTAINABILITY..., 2012).

Complementando as ações citadas estão as linhas de crédito sustentável, fruto da Lei 12.187/09, que estabelece a política nacional brasileira sobre mudanças do clima e que prevê a disponibilização de linhas de crédito que incentivem a sustentabilidade. O programa ABC (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2010) e

Energias Alternativas são somente dois exemplos das linhas ofertadas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que seguem essas diretrizes; o primeiro é voltado a projetos agrícolas de baixo carbono, e o segundo, ao desenvolvimento/criação de projetos que visem fontes de energia alternativas às originárias de combustíveis fósseis (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, 2012c; BRASIL, 2009).

Fundada em 1983, a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool, localizada no Município de São Joaquim da Barra, SP, é somente um dos exemplos de como o setor sucroalcooleiro vem se adaptando às exigências do mercado por meio das certificações e como essa nova adequação pode originar ganhos tanto econômicos quanto financeiros. Então, em virtude da escassez de trabalhos sobre esse tema, dada a recente disponibilização das linhas de crédito que serão analisadas, o presente trabalho visa avaliar, por meio do estudo de caso dessa usina, o papel desempenhado pelas certificações ambientais do setor sucroalcooleiro juntamente com as linhas de crédito sustentável que são oferecidas, determinando, assim, os possíveis ganhos que o setor pode auferir desse processo tanto no âmbito econômico quanto financeiro (USINA ALTA MOGIANA, 2013).

O setor sucroalcooleiro e as regulamentações ambientais

A preocupação ambiental, apesar do que muitos pensam, não é uma questão tão recente, sendo datada ainda de 1879 e tendo sido retomada na década de 1960 com o Clube de Roma. Porém, foi somente na década de 1990 que, com as previsões sombrias a respeito do aquecimento global e do futuro esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a necessidade de um desenvolvimento sustentável que se desse de maneira mais limpa entrou de vez para a pauta das discussões econômicas (GOULARTE;

⁵ Para melhor detalhamento sobre “países desenvolvidos”, ver United Nations (1998).

ALVIM, 2011; BIOETANOL..., 2008; MACEDO, 2002).

Assim, em 1997, na cidade de Quioto, no Japão, representantes de diversos países se reuniram em um esforço conjunto que deu origem ao Protocolo de Quioto. Nesse documento foram estabelecidas as regras que os países deveriam seguir para continuarem a se desenvolver de maneira sustentável, e, para isso, as nações presentes no Anexo I do protocolo (principalmente países considerados desenvolvidos) se comprometeriam a, no período de 2008 a 2012, reduzir suas emissões de GEEs para 5% abaixo do que emitiram em 1990 (UNITED NATIONS, 1998).

Apesar desses esforços, somente em 2005, com a adesão da Rússia⁶, é que o documento entrou em vigor. Além das reduções de GEEs por parte dos países do Anexo I, o protocolo prevê três meios de flexibilização que permitem a participação dos demais países que também quiserem se comprometer com os ideais propostos; esses meios também são uma forma de facilitar o cumprimento do acordo por meio da negociação dos créditos advindos dos projetos de MDL e de projetos de implementação conjunta⁷, no mercado de carbono (UNITED NATIONS, 1998).

Os projetos de MDL têm como principais características o fato de serem de participação voluntária, ou seja, não podem ser resultado de nenhuma legislação vigente no país em que se originam, e de reduzirem as emissões de GEEs quando comparados a um cenário em que não ocorressem (cenário base). Com a comprovação da viabilidade do projeto de MDL, são emitidas as reduções certificadas de emissão (RCEs), que são certificados que podem ser negociados no mercado formal de crédito de carbono. As RCEs, além de permitirem a flexibilização do cumprimento das metas, são um importante estímulo econômico, pois podem ser negociadas entre agentes que estão emitindo abaixo de suas metas e agentes que ainda não conseguiram se adequar às exigências. A maior parte dos

projetos de MDL brasileiros está ligada à agricultura. E é justamente nesse cenário que o setor sucroalcooleiro reforça sua importância para o cumprimento das metas ambientais (UNITED NATIONS, 1998).

Reconhecido mundialmente pela sua produção de bioetanol da cana-de-açúcar, o setor sucroalcooleiro ainda tem outro papel relevante dentro da matriz energética brasileira, o de fonte de energia termoelétrica renovável por meio do processo de cogeração de energia. Praticamente todo o setor é autossuficiente em energia elétrica, e algumas usinas produzem excedentes que podem ser negociados com as distribuidoras locais de energia, que é justamente o caso da Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, que em 2012 obteve como receita de venda de energia elétrica mais de 23 milhões de reais. Outro ponto relevante é que o processo de cogeração pode ser considerado válido para a obtenção de créditos de carbono (LORA, 2008; SOUSA; MACEDO, 2010; USINA ALTA MOGIANA, 2012).

O processo de cogeração funciona como um complemento à oferta de energia advindo das hidrelétricas, termoelétricas e usinas nucleares. É justamente no período de escassez de chuvas que a cana-de-açúcar é colhida e que a energia elétrica gerada pelo setor sucroalcooleiro adentra no sistema. Outro ponto é que, quando comparada a outras fontes disponíveis, a biomassa (bagaço) reduz as emissões de GEEs, e a disponibilidade de bagaço e palha da cana-de-açúcar são os únicos fatores limitantes da oferta desse tipo de energia (LORA, 2008; SOUSA; MACEDO, 2010). A Figura 1 demonstra a utilização da biomassa pelas termoelétricas na geração de energia elétrica no Brasil.

Por se tratar de uma legislação vigente no Estado de São Paulo, a Lei 11.241 de 2002 não é válida como um projeto de MDL; porém, ao determinar a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar como método de colheita e, como consequência, elevar o grau de

⁶ Somente com a adesão da Rússia o quórum de países presentes no Anexo I do documento foi atingido, tendo possibilitado sua vigência.

⁷ Não serão analisados por não se aplicarem ao Brasil.

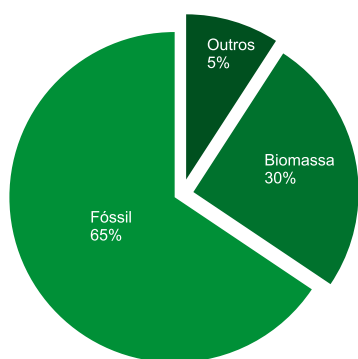


Figura 1. Classe de combustíveis utilizados no Brasil – em operação.

Fonte: Aneel (2012).

mecanização das lavouras, ela disponibiliza uma oferta maior de palha, influenciando diretamente a oferta de energia por meio dos processos de cogeração (LORA, 2008; SÃO PAULO, 2002).

Nessa mesma linha, o Protocolo Agroambiental – firmado em 2007 entre o governo do Estado de São Paulo, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento e a União da Agroindústria Canaveira de São Paulo – adianta os prazos estabelecidos na Lei 11.241 para o final das queimadas em São Paulo de 2031 para 2017 e contempla ainda ações ambientais não citadas na lei. Medidas como racionalidade no consumo de água, redução da emissão de poluentes, preservação de reservas e matas ciliares, entre outros, estão descritas no documento, que é de adesão voluntária e conta com a participação tanto de usinas quanto de fornecedores⁸ (SÃO PAULO, 2002, 2007; TORQUATO, RAMOS, 2012).

As Tabelas 1 e 2 são um resumo dos prazos previstos para o final das queimadas como forma de colheita da cana-de-açúcar para a Lei 11.241 e para o Protocolo Agroambiental.

Ainda para estabelecer a sustentabilidade da produção sucroalcooleira e na tentativa de ordenar a expansão da cultura, foi elaborado o

Zoneamento Agroambiental (ZAA). Nesse estudo realizado pela Embrapa, foram determinadas quatro áreas de expansão: adequada, adequada com limitação ambiental, adequada com restrições ambientais e inadequada⁹, que podem ser visualizadas na Figura 2.

Para a formulação do mapa (Figura 2), o estudo da Embrapa levou em conta dados secundários relativos a condições climáticas, relevo do solo, áreas de proteção ambiental, entre outros. As conclusões mais importantes do ZAA foram: não há necessidade de desmatamento para que a expansão da cultura canaveira ocorra no estado de São Paulo; e a temida concorrência entre a produção de alimentos e a produção de biocombustíveis não ocorre – a principal área ocupada pela expansão do setor tem sido as áreas adequadas com limitações, dada a disponibilidade dessas terras (GOMES; MONTAÑO, 2012; MANZATTO et al., 2009).

As emissões de GEEs são contabilizadas ao longo de toda a cadeia produtiva de um bem. Ao se verificarem as emissões do processo produtivo do etanol quando esse combustível é utilizado como substituto da gasolina, as emissões chegam a ser 90% menores, comprovando a sua sustentabilidade. O lançamento dos carros *flex-fuel* em 2003 possibilitou a não emissão de aproximadamente 100 toneladas de CO₂, dada a possibilidade de escolha fornecida aos consumidores entre o bioetanol e a gasolina (BIOETANOL..., 2008; UNICA, 2012b).

Desde o Proálcool, em 1975, diversas foram as medidas adotadas para a inclusão e divulgação do bioetanol na matriz energética. Mistura de 20% a 25% de etanol anidro com gasolina, disponibilização de linhas de crédito especiais e redução de impostos sobre o etanol são algumas das medidas que até hoje vigoram no mercado brasileiro (BELING, 2011; BIOETANOL..., 2008; SCA – ETANOL DO BRASIL, 2012). Diversos países também já adotam a mistura do bioetanol com gasolina em sua matriz energética (Tabela 3), e na

⁸ A Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (Orplana) aderiu ao projeto em 2008 (SÃO PAULO, 2007; TORQUATO; RAMOS, 2010).

⁹ Para melhor detalhamento, ver São Paulo (2008).

Tabela 1. Cronograma de eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar nas colheitas de acordo com a Lei 11.241/2002 para áreas mecanizáveis.

Áreas mecanizáveis (com declividade do terreno igual ou inferior a 12%)	
Ano	% da queima eliminada
1º ano (2002)	Eliminação de 20% da queima
5º ano (2006)	Eliminação de 30% da queima
10º ano (2011)	Eliminação de 50% da queima
15º ano (2016)	Eliminação de 80% da queima
20º ano (2021)	Eliminação de 100% da queima
Áreas não mecanizáveis (com declividade do terreno superior a 12%)	
Ano	% da queima eliminada
10º ano (2011)	Eliminação de 10% da queima
15º ano (2016)	Eliminação de 20% da queima
20º ano (2021)	Eliminação de 30% da queima
25º ano (2026)	Eliminação de 50% da queima
30º ano (2031)	Eliminação de 100% da queima

Fonte: São Paulo (2002).

Tabela 2. Cronograma de eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar nas colheitas de acordo com o Protocolo Agroambiental de 2007.

Áreas mecanizáveis (com declividade do terreno igual ou inferior a 12%)	
Ano	% da queima eliminada
2010	Eliminação de 70% da queima
2014	Eliminação de 100% da queima
Áreas não mecanizáveis (com declividade do terreno superior a 12%)	
Ano	% da queima eliminada
2010	Eliminação de 30% da queima
2017	Eliminação de 100% da queima

Fonte: São Paulo (2007).

maioria dos casos já estão previstos aumentos gradativos da participação desse biocombustível, além do desenvolvimento e melhoramento da tecnologia para seu uso (BIOETANOL..., 2008; BELING, 2011; UNICA, 2012b).

Com sua produção de etanol baseada na cultura do milho, que chega a ter um balanço energético até sete vezes inferior ao da cana-de-açúcar, os EUA, por meio de sua agência de proteção ambiental EPA (Environmental Protec-

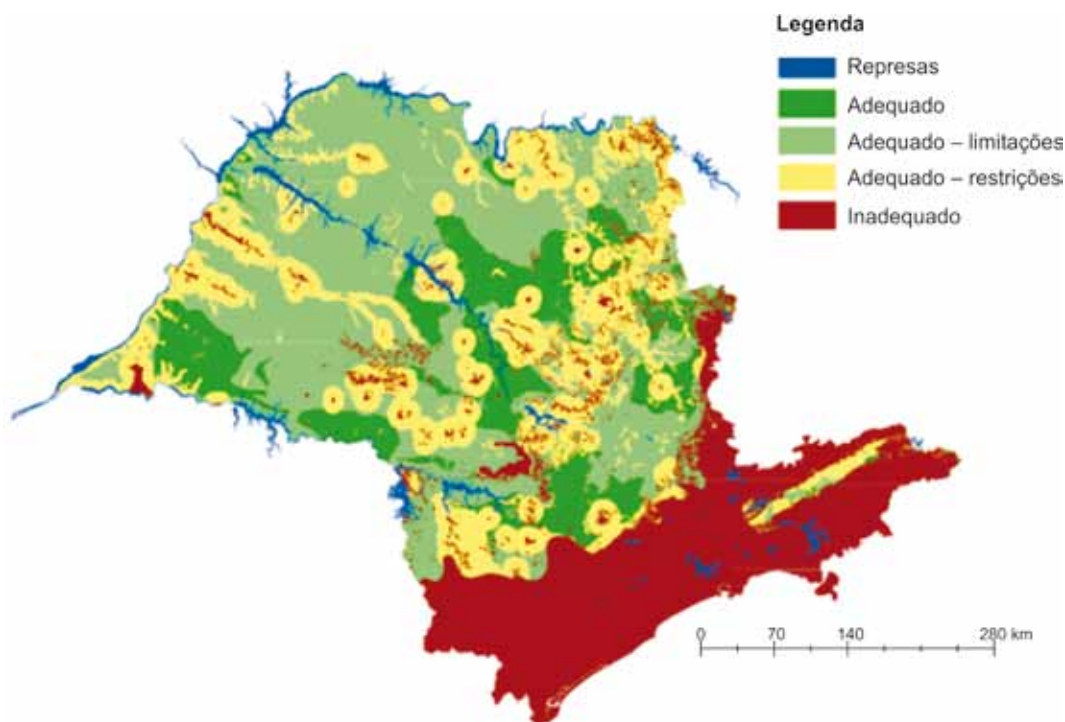


Figura 2. Zoneamento agroambiental do setor sucroenergético.

Fonte: São Paulo (2008).

tion Agency), em fevereiro de 2010 classificou o etanol brasileiro como avançado, o que significa que ele contribui para a redução da emissão de GEEs acima dos níveis determinados pela política norte-americana¹⁰ (UNICA, 2010, 2012a).

Apesar dessa conquista, o bioetanol brasileiro vem sofrendo com as seguidas quedas de produção nas últimas safras (2010–2011 e 2011–2012) em virtude tanto de fatores climáticos quanto da falta de investimentos na renovação dos canaviais, além da elevação dos preços internacionais do açúcar, que levou o setor a dar mais ênfase a sua produção em detrimento do etanol. Assim, a possibilidade de suprir a demanda dos EUA também acabou comprometida, demonstrando a urgência na determinação de políticas que auxiliem o setor e estimulem a produção e o armazenamento do bioetanol, como o programa BNDES PASS, do BNDES (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, 2012b), que prevê uma

linha de crédito exatamente para esse propósito, e que tem como objetivo impedir a escalada de preços, já que a gasolina é o principal regulador de demanda do bioetanol em virtude do efeito substituição¹¹ (BELING, 2011; BRASIL, 2012a; SCA – ETANOL DO BRASIL, 2012).

Outro problema recorrente são as questões relativas à real sustentabilidade do setor sucroalcooleiro brasileiro, sendo esse um dos temas destacados por Kohlhepp (2010) em seu trabalho. Discussões como a competição entre a produção de alimentos e a de combustíveis (que, como já foi dito, foi falseada pelo ZAA) e o desmatamento das regiões amazônicas para o cultivo de cana-de-açúcar (o que também não ocorre por ser a cana-de-açúcar uma planta semiperene que não se desenvolve bem em clima equatorial) são constantes nas análises quanto ao setor (BIOETANOL..., 2008; SÃO PAULO, 2008). Para abolir essas e outras desconfianças é

¹⁰ Segundo a EPA, o etanol da cana-de-açúcar reduz a emissão de GEEs em mais de 50% quando comparado à gasolina.

¹¹ O consumo do bioetanol somente torna-se viável se seu preço permanecer em um patamar de até 70% do preço da gasolina (BELING, 2011).

Tabela 3. Programas de biocombustíveis pelo mundo.

País	Adição de etanol anidro à gasolina (%)
Canadá	5
EUA	RFS
Equador	10
Brasil	18–25
Bolívia	10
Paraguai	18–24
Argentina	5
União Europeia	Diretiva Europeia
Sudão	5
Etiópia	5
Angola	10
África do Sul	5
China	10
Tailândia	10
Filipinas	10

Fonte: Rodrigues (2012).

Nota: EUA e Europa dependem da política adotada pelo RFS e pela Diretiva Europeia, que definem a matriz energética.

que surgem as certificações, que serão tema do próximo item do presente estudo.

As certificações ambientais e o setor sucroalcooleiro

Juntamente com a preocupação ambiental surgiu uma dúvida, a de como atestar que determinado produto ou setor realmente segue as determinações/legislações para um desenvolvimento sustentável e limpo. Uma das maneiras encontradas para tentar responder essa questão foram as certificações ambientais. Seguindo a teoria econômica das externalidades, segundo exposto por Macedo (2002), uma função primária das certificações é a de punir os poluidores e premiar as ações sustentáveis, sinalizando para o

consumidor qual agente está de fato de acordo com os ideais desejados.

É na tentativa de atender a esse mercado específico que o setor sucroalcooleiro tem buscado esses desejados selos. Nesse ambiente, um dos primeiros selos procurados foram os ISOs. Atualmente, a grande maioria do setor paulista, além de organizações de produtores canavieiros, já é adepta do Protocolo Agroambiental, garantindo ao bioetanol por elas produzido o selo de conformidade agroambiental. Esse selo assegura que o biocombustível produzido segue todas as normas prescritas no documento – melhor analisadas na seção anterior do presente trabalho (SÃO PAULO, 2007; SOCIETE GENERALE DE SURVEILLANCE, 2012).

Diversos países, como os EUA, e até grupos econômicos, como a União Europeia, possuem legislação própria para a integração dos biocombustíveis em suas matrizes energéticas. Há, porém, uma dificuldade para a formulação de um selo universal que atenda a todas as exigências e metodologias propostas para os ideais de sustentabilidade. Lutando contra essa barreira, o certificado Bonsucro tem obtido avanços (BONSUCRO, 2013; MORENO, 2011).

O certificado Bonsucro faz parte dos somente 12 que são aceitos pela Diretiva Europeia (em um grupo de 426 certificados), que é a política adotada para biocombustíveis nos países da União Europeia. É por meio dele que ações como o consumo de energia, as emissões de GEEs, questões trabalhistas e uso racional da água e agrotóxicos são monitoradas. O Bonsucro é de adesão voluntária e certifica a produção sucroalcooleira desde a lavoura até seus produtos finais; então são determinadas cotas destinadas às unidades participantes, que são referentes ao volume de produção estimado e que podem ser negociadas em um mercado que opera de maneira semelhante à do mercado de créditos de carbono (BONSUCRO, 2013; MORENO, 2011; SOCIETE GENERALE DE SURVEILLANCE, 2012).

Em 2012, 2% da produção mundial do setor sucroalcooleiro já possuía o selo Bonsu-

cro. No Brasil somente 18 agentes do setor são certificados por meio da atuação de 9 agências habilitadas, entre eles a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, objeto deste estudo. É uma exigência do processo que a certificação se dê por meio de agências independentes, para que haja a isenção necessária no julgamento, e para que barreiras comerciais não se formem (BIOETANOL..., 2008; BONSUCRO, 2013). Outro ponto relevante à discussão é que ao atender às exigências impostas para a certificação, como a Bonsucro, a unidade certificada atende ainda (por consequência) à legislação ambiental vigente. A Figura 3 demonstra o crescimento da adesão ao certificado Bonsucro pelo complexo sucroalcooleiro mundial.

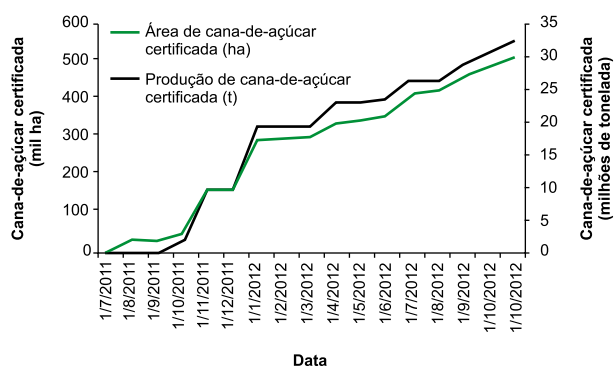


Figura 3. Quantidade de cana-de-açúcar certificada pelo selo Bonsucro.

Fonte: Bonsucro (2013).

Nesse ambiente, as RCEs obtidas com os programas de MDL por meio da cogeração de energia praticada pelo complexo sucroalcooleiro, por serem certificações aceitas internacionalmente e negociadas entre países, são também uma das formas de se obterem ganhos econômico-financeiros por meio desse processo (BIOETANOL..., 2008; LORA, 2008).

Linhas de crédito como o Programa ABC, Prorenove, Energias Alternativas, entre outras do BNDES, têm como critérios de liberação de crédito políticas ambientais como mapeamentos e relatórios de impacto ambiental. Algumas linhas, como o programa ABC, são específicas para

atender aos objetivos da política nacional sobre mudanças climáticas lançada em 2009. Quanto a isso, as certificações permitem o acesso do agente a esse crédito, as quais, em muitos casos, além de taxas de juros menores, oferecem ainda melhores condições de pagamento que as do mercado tradicional (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, 2012c; BRASIL, 2009).

Ao se analisarem as certificações adotadas pelo setor sucroalcooleiro e seu processo de ajustamento, nota-se a existência de possíveis ganhos tanto econômicos – ao se ter acesso a mercados mais rígidos aos quais os agentes não certificados deixam de atender – quanto financeiros, pois os custos com estudos de impactos ambientais e mapeamentos já estão pagos e realizados (BIOETANOL..., 2008; BONSUCRO, 2013).

Assim, por meio da metodologia proposta a seguir, pretende-se avaliar quais são de fato os ganhos que as usinas sucroalcooleiras paulistas podem auferir tanto econômica quanto financeiramente.

Metodologia

Para o presente estudo, serão adotadas duas metodologias: o estudo de caso; e a otimização condicionada aplicada a um estudo de caso único, para elucidar, por meio de uma análise quantitativa, os ganhos financeiros que esse agente pode auferir e, por meio de uma análise qualitativa, os ganhos econômicos do processo de certificação. Foram utilizados dois autores bases. Para a otimização condicionada, foram seguidos os conceitos apresentados por Caixeta Filho (2009), e para o estudo de caso, os conceitos apresentados por Yin (2005).

Obtenção de dados

Para a obtenção de dados, foram utilizados documentos disponibilizados pela própria Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, além de uma vasta revisão bibliográfica sobre o assunto.

Estudo de caso

Segundo apresentado por Yin (2005) em seu trabalho, o estudo de caso é apropriado principalmente nas fases exploratórias e descritivas dos estudos. Outra característica importante que justifica a escolha dessa metodologia, associada à análise quantitativa por meio de uma otimização condicionada, é o fato de que o estudo de caso também permite uma análise hipotética que busca entender determinado fenômeno que vem ocorrendo – no caso, o processo de certificação ambiental do setor sucroalcooleiro.

Assim, o próximo passo para cumprir com o objetivo proposto é a explanação do modelo de otimização condicionada e de suas variáveis.

Otimização condicionada

Como é apresentado no trecho de Ferreira Filho (2010), o referencial analítico adotado neste trabalho utiliza o modelo de otimização condicionada, tendo essa metodologia sido selecionada em virtude da importância de saber as alocações ótimas dos recursos disponíveis em economia (SIMON; BLUME, 2008).

A estrutura matemática dos modelos de programação linear consiste, resumidamente, em maximizar (ou minimizar, dependendo do problema) dada a função objetivo sujeita a determinado conjunto de restrições. A solução apresenta uma característica que tornou estes modelos especialmente atrativos aos pesquisadores ligados ao planejamento do desenvolvimento: o resultado dual, que gera multiplicadores que podem ser interpretados como indicadores de escassez, ou preços de mercado. Deste modo, os modelos de programação linear permitem tratar não apenas de aspectos puramente quantitativos, mas também com as implicações a respeito dos preços das soluções alternativas (FERREIRA FILHO, 2010, p. 6).

Então, para atender ao objetivo proposto de otimização condicionada, procura-se a melhor estratégia de financiamento para o setor sucroalcooleiro paulista por meio dos programas de sustentabilidade. Para esse propósito, serão

utilizadas as linhas de crédito dos programas ABC, BNDES PASS e BB custeio “ambiental” (essa divisão ambiental da linha BB custeio permite um limite maior de crédito quando a empresa segue determinados critérios ambientais), especificadas na Tabela 4. Será, também, utilizado um modelo de otimização com restrições mistas – modelo que inclui tanto restrições de igualdade quanto de desigualdade (CAIXETA FILHO, 2009) – aplicadas ao caso da Usina Alta Mogiana em 2012. As linhas Prorenove e Energias Alternativas, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), não foram incluídas no modelo de otimização por oferecerem taxas de juros anuais superiores às utilizadas pela Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool.

Para que fosse possível o estudo, algumas premissas foram consideradas:

- a) A otimização é feita considerando-se, além das linhas citadas, as linhas Modermaq, para financiamento de capital fixo, e Custeio Agrícola – Crédito Rural para capital de giro –, linhas as quais foram tomadas pela Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool em 2012, e também serão considerados os valores tomados nessas linhas como os valores mínimos a serem tomados em 2012.
- b) Para financiamento do capital fixo, a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool contará também com a linha ABC, e para capital de giro contará com as linhas ABC, BB custeio “ambiental” e BNDES PASS.
- c) Todo o crédito é contratado ao mesmo tempo (em janeiro de 2012).
- d) A soma dos valores das prestações pagas em todas as linhas não deve exceder o valor pago pela usina em 2012, supondo-se todas as linhas tomadas em janeiro desse mesmo ano.
- e) Será considerado o limite máximo e mínimo de cada uma das linhas de crédito colocadas como alternativas de acordo com a Tabela 4.

- f) O prazo máximo para pagamento será até janeiro de 2022 para capital fixo, e até junho de 2012 para capital de giro, pois essas são as datas de vencimento para as linhas tomadas pela Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool.
- g) O prazo de pagamento para a linha BNDES PASS será de três meses, conforme a Tabela 4.
- h) Não será considerado o período de carência.
- i) Será adotado o sistema Price¹² de amortização da dívida contratada, e, para a equivalência entre as taxas de juros anuais e mensais, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$(1 + i_m)^{12} = (1 + i_a) \quad (1)$$

Na equação 1, i_m representa a taxa mensal de juros, e i_a representa a taxa anual. Manipulando algebricamente a equação 2 obtém-se:

$$i_m = [(1 + i_a)^{\frac{1}{12}} - 1] \quad (2)$$

- j) O valor das prestações do sistema Price será calculado por

$$Prestação = R = P \times \frac{(1 + i_a)^n \times (i)}{(1 + i_a)^n - 1} \quad (3)$$

Fazendo $P = x_j$ e $\frac{(1 + i_a)^n \times (i)}{(1 + i_a)^n - 1} = a_j$, em que o subscrito j faz referência à linha de financiamento escolhida, chega-se à:

$$Prestação = x_j \times a_j \quad (4)$$

Com esses pressupostos, pode-se obter uma estimativa de quanto a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool (e consequentemente qualquer outro agente do setor que tenha as

mesmas características) economizaria no pagamento de juros, tendo como base os valores financiados em 2012 pelas linhas Modernaq e Custeio Agrícola – Crédito Rural, não excedendo os valores das prestações pagas pela usina e nem o tempo de financiamento utilizados em 2012.

Dadas as premissas anteriores, foram então calculados os valores apresentados na Tabela 5, que também serão utilizados no modelo.

Com base nessas restrições, busca-se resolver o problema da minimização dos juros totais pagos por meio da combinação das diversas linhas de crédito, conforme a equação 5.

$$\begin{aligned} \text{Min (Total de juros pagos)} = & 0,628894626777442x_1 + \\ & 0,978209988842926x_2 + \\ & 0,0225593516632621x_3 + \\ & 0,0210743956824444x_4 + \\ & 0,0454220954360056x_5 \end{aligned} \quad (5)$$

Sendo esse um problema de otimização condicionada, são adicionadas as seguintes restrições ao modelo, representando os limites máximos e mínimos de cada linha de financiamento.

$$x_1 \leq 1.000.000 \quad (6)$$

$$x_3 \leq 1.040.000 \quad (7)$$

$$x_4 \leq 50.000.000 \quad (8)$$

As restrições 9 e 10 dizem respeito ao montante demandado para as linhas de capital fixo e de capital de giro, respectivamente:

$$x_1 + x_2 \geq 81.847.000 \quad (9)$$

$$x_1 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 6.694.000 \quad (10)$$

Por fim, as restrições 11, 12 e 13 representam os valores limites do somatório das prestações de cada linha a serem pagas a cada mês, respeitando o valor pago pela Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool em 2012 como o valor máximo (Figura 4).

¹² Método de amortização de empréstimos que apresenta prestações iguais durante o pagamento.

Tabela 4. Especificações das linhas de crédito utilizadas.

Programa	Juros a.a. ⁽¹⁾ (%)	Limite máximo (em milhões)	Prazo de pagamento (em meses)	P
ABC	5	1	120	x_1
Modermaq	7,06	-	120	x_2
BB Custeio “Ambiental”	5,5000	1,04	5	x_3
PASS	8,7000	50	3	x_4
Custeio – Crédito Rural	11,25	-	5	x_5

⁽¹⁾ Representa os juros totais da linha, incluindo encargos como TJLP e a remuneração da instituição financeira.

Fonte: Banco do Brasil (2013), Banco Nacional do Desenvolvimento (2010, 2010a, 2012b) e Sardenberg (2012).

Tabela 5. Cálculo das variáveis com base nas especificidades.

P	Prazo para pagamento (em anos)	Juros totais pagos	Juros (ao mês)	a_j
x_1	10	0,628894627	0,004074124	0,010552
x_2	10	0,978209989	0,005701126	0,011529
x_3	0,416666667	0,022559352	0,004471699	0,202691
x_4	0,25	0,021074396	0,006976021	0,337995
x_5	0,416666667	0,045422095	0,008923726	0,205386

Nota: foram utilizados os valores dos juros praticados para médias grandes e grandes empresas por ser esse o caso da Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool.

De janeiro de 2012 a abril de 2012	0,0105523533791606 x_1	+		
	0,202690999887701 x_3	+		
	0,337994790471443 x_4	+		
	0,205385946220542 x_5	+		
	0,011529247825557 x_2	≤	2.319.641	(11)
De abril de 2012 a junho de 2012	0,0105523533791606 x_1	+		
	0,202690999887701 x_3	+		
	0,205385946220542 x_5	+		
	0,011529247825557 x_2	≤	2.319.641	(12)
De junho de 2012 até janeiro de 2022	0,0105523533791606 x_1	+		
	0,011529247825557 x_2	≤	944.787,3	(13)

Figura 4. Valores limites do somatório das prestações, respeitando o valor pago pela Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Alcool em 2012 como o valor máximo.

Resultados

Como verificado ao longo deste trabalho, as certificações ambientais do setor sucroalcooleiro apresentam um relevante papel tanto nos seus ganhos atuais quanto nos futuros. Esse resultado decorre principalmente da conquista de mercados como o europeu e o dos EUA, cuja rígida legislação determina um padrão para o bioetanol consumido. Esse padrão já vem sendo seguido, como demonstrado, por alguns agentes do complexo sucroalcooleiro, como a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, que já possui a certificação Bonsucro, entre outras, e está, portanto, apta a suprir a demanda desses mercados por bioetanol.

Outro ponto relevante é o fato de que ao se utilizarem mecanismos intrínsecos à produção sucroalcooleira, como a cogeração de energia, o setor, por meio da certificação e obtenção das RCEs, pode atuar no mercado de carbono (tanto no mercado formal quanto no informal), aumentando, assim, seus ganhos e mercados. Ainda dentro dessa discussão, o custo dos estudos de impacto ambiental – tanto para a implementação de novas unidades quanto para a expansão de complexos já existentes – também deixa de existir a partir do momento em que o agente é certificado, pois no processo de certificação, esses “gastos” já foram realizados, o que abre novas possibilidades tanto de financiamento quanto para a redução da burocracia e tempo necessários para a implementação dos investimentos programados.

Então, ao analisar-se em específico o custo com projetos ambientais da Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, apresentado no balanço social da empresa em 2011, que foi de aproximadamente R\$ 469.000,00, verifica-se, pelo resultado apresentado a partir do processo de otimização, que praticamente todo o custo de adaptação ambiental pode ser coberto pela economia que seria feita no pagamento de juros totais por meio da utilização das linhas de crédito para sustentabilidade descritas. Esse resultado demonstra, portanto, os ganhos financeiros que agentes do setor que apresentem características

ambientais semelhantes e que possuam acesso a esse tipo de financiamento podem alcançar, sendo mais bem especificados por meio da visualização do problema de minimização dos juros totais, para o caso da Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, por programação linear, que foi obtido por meio do software LINDO 6.1 e que está descrito na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados da minimização dos juros totais pagos.

Linha de financiamento	P	R\$ tomados
ABC	X_1	1.000.000
Modermaq	X_2	80.947.000
BB custeio (ambiental Corr)	X_3	1.040.000
PASS	X_4	1.577.311,75
Crédito Rural	X_5	3.076.688,25

Assim, o valor total dos juros pagos com a solução encontrada é de aproximadamente R\$ 80.008.510,84, que, quando comparado aos valores pagos utilizando-se apenas as linhas Modermaq e Custeio Agrícola – Crédito Rural (com valor total de juros pagos de R\$ 80.465.429,46), apresentou uma redução de R\$ 456.918,62 dos juros a serem pagos com apenas os financiamentos ocorridos em 2012.

Conclusão

A conclusão deste trabalho, portanto, é que há de fato ganhos tanto financeiros quanto econômicos para aqueles agentes do setor sucroalcooleiro paulista que, como a Usina Alta Mogiana S.A. – Açúcar e Álcool, estejam dispostos a seguir a legislação ambiental vigente, investindo em tecnologia, como as colhedoras de cana-de-açúcar, e para o processo de cogeração de energia, atendendo, assim, a mercados

exclusivos como o europeu e ainda negociando no mercado de carbono.

Apesar dessa conclusão, fica também visível, por meio do estudo, que nem todas as linhas de crédito voltadas ao desenvolvimento sustentável do setor são viáveis, em virtude, entre outros fatores, das suas elevadas taxas de juros, que inviabilizam sua aquisição. Outro problema é a falta de estudos a respeito dessas linhas que visem elucidar o motivo de o crédito contratado ser inferior ao crédito disponível, ficando assim como sugestão para trabalhos futuros.

Referências

- ANEEL. **Matriz energética do Brasil**: usinas do tipo biomassa em operação. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=5&ger=Combustivel&principal=Biomassa>>. Acesso em: 13 nov. 2012.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução nº 3896, de 17 de agosto de 2010. Institui, no âmbito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 17 ago. 2010. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2010/pdf/res_3896_v1_O.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2012.
- BANCO DO BRASIL. **Custeio agrícola**. Disponível em: <http://www.bb.com.br/portallbb/page100,8623,8649,0,0,1,1.bb?codigoNoticia=83&codigoMenu=11720&codigoRet=11755&bread=1_1>. Acesso em: 24 set. 2013.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Circular nº 32, de 17 de maio de 2012. **Programa para redução da emissão de gases de efeito estufa na agricultura - Programa ABC**. 2012a. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Circ032_12.pdf>. Acesso em: 24 set. 2013.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Circular nº 36, de 16 de julho de 2010. **Programa BNDES Finame de modernização da indústria nacional e dos serviços de saúde – BNDES Finame Modernaq**. 2010. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Circ036_10.pdf>. Acesso em: 24 set. 2013.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Circular nº 36, de 25 de maio de 2012b. **Programa BNDES de apoio ao setor sucroalcooleiro – BNDES PASS**. 2012b. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Circ036_12.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2013.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Energias alternativas**. 2012c. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/energias_alternativas.html>. Acesso em: 8 dez. 2012.
- BELING, R. R. (Ed.). **Anuário da cana-de-açúcar - 2011**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta, 2011.
- BIOETANOL de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- BONSUCRO. **BONSUCRO**: at a Glance. Disponível em <http://www.bonsucro.com/assets/bonsucro_at_a_glance.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 29 dez. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 19 out. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano agrícola e pecuário 2012/2013**. Brasília, 2012a.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Situação da ratificação do Protocolo de Quioto pelo Brasil**. 2012b. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4458.html>>. Acesso em: 12 ago. 2012.
- CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- FERREIRA FILHO, J. B. de S. **Introdução aos modelos aplicados de equilíbrio geral**: conceitos, teoria e aplicações. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Economia e Sociologia Rural, 2010.
- GOMES, P. M.; MONTAÑO, M. A expansão da cana-de-açúcar e o zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo. In: CONFERÊNCIA DA REDE DE LÍNGUA PORTUGUESA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS, 2.; CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO, 1., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAI, 2012. Disponível em: <http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/068_zoneamento.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2012.
- GOULARTE, B. S.; ALVIM, A. M. A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social. **Análise**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2011.

- KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.
- LORA, B. A. **Potencial de geração de créditos de carbono e perspectivas de modernização do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo através do mecanismo de desenvolvimento limpo**. 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- MACEDO, Z. L. Os limites da economia na gestão ambiental. **Margem**, São Paulo, n. 15, p. 203-222, jun. 2002.
- MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2009.
- MONTEIRO NETO, A. Q. **O novo ciclo da cana**: estudo sobre a competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar e prospecção de novos empreendimentos. São Paulo: Sebrae, 2005.
- MORENO, L. M. **Transição da colheita da cana-de-açúcar manual para a mecanizada no Estado de São Paulo**: cenários e perspectivas. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RODRIGUES, L. **Futuro do setor sucroenergético**: potenciais, limites e perspectivas. Piracicaba: Unica, 2012. 19 diapositivos: color.
- SARDENBERG, R. **Spread bancário no Brasil**: tendências de longo prazo, evolução recente e questões metodológicas. São Paulo: Federação Brasileira de Bancos, 2012. 39 diapositivos: color.
- SÃO PAULO (Estado). Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 20 set. 2002.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro**. 2008. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamento-agroambiental/>>. Acesso em: 14 dez. 2012.
- SÃO PAULO (Estado). Sistema Ambiental Paulista. Protocolo de cooperação que celebram entre si, o Governo do Estado de São Paulo, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo para a adoção de ações destinadas a consolidar o desenvolvimento sustentável da indústria da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 4 jun. 2007. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/files/2011/10/protocoloAgroindustriais.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2012.
- SCA - ETANOL DO BRASIL. **Resumo da safra 11/12**. São Paulo, 2012.
- SIMON, C. P.; BLUME, L. **Matemática para economistas**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- SOCIETE GENERALE DE SURVEILLANCE. **Serviços por tipo**: certificação. Disponível em: <<http://www.sgsigroup.com.br/pt-BR/Service-by-Type-Path/Certification.aspx>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- SOUSA, E. L. L. de; MACEDO, I. de C. (Org.). **Etanol e bioeletricidade**: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.
- SUSTAINABILITY of sugarcane bioenergy: updated edition. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.
- TORQUATO, S. A.; RAMOS, R. C. Protocolo agroambiental do setor sucroalcooleiro paulista: ações visando à preservação ambiental. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 7, n. 6, jun. 2012.
- UNICA. **Agência Ambiental dos EUA reconhece etanol de cana como biocombustível avançado**. 2010. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/201671192039673243/agencia-ambiental-dos-eua-reconhece-etanol-de-cana-como-biocombustivel-avancado/>>. Acesso em: 6 nov. 2012.
- UNICA. **Brasil ajuda EUA a cumprir meta de utilização de biocombustíveis avançados**. 2012a. Disponível em: <<http://www.ecofinancas.com/noticias/brasil-ajuda-eua-cumprir-meta-utilizacao-biocombustiveis-avancados>>. Acesso em: 12 nov. 2012.
- UNICA. **Etanol**: uma atitude inteligente. São Paulo, 2012b. 1 cartilha.
- UNITED NATIONS. **Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change**. 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2012.
- USINA ALTA MOGIANA. **Demonstrações financeiras referentes aos exercícios findos em 30 de abril de 2012 e relatório dos auditores independentes**. São Joaquim da Barra: Delloite, 2012.
- USINA ALTA MOGIANA. **Usina Alta Mogiana – Açúcar e Álcool [home page]**. Disponível em: <<http://www.altamogiana.com.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.