

ECOINOVAÇÃO: IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE BIODIGESTORES COM DESEMPENHO AMBIENTAL

ECO-INNOVATION : IMPLEMENTATION OF DIGESTERS TECHNOLOGY WITH ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

ELIANA CUNICO¹
JOSIANE BARBOSA GOUVEA²
WESLEY RICARDO DE S. FREITAS³

RESUMO: O tratamento de resíduos e a geração de energia a partir da biomassa produzida em agroindústrias é assunto de interesse de políticas ambientais. A busca por zero emissões de gases, reduzindo efeitos nocivos ao meio ambiente, passou a ser encarada não apenas como uma obrigação, mas também como fonte de vantagem competitiva. Este artigo busca identificar os resultados ambientais obtidos a partir da implementação de uma tecnologia de biodigestores em fecularias. Para tanto, utilizou-se a análise exploratória em três estudos de casos. Os dados foram coletados por meio de observação e entrevista estruturada aplicada em indústrias processadoras de mandioca. Para elaborar o roteiro da entrevista, foram selecionados na literatura quatro grupos de modelos de indicadores ambientais gerando um quadro resumo dos indicadores. Os principais resultados deste estudo foram obtidos avaliando a tecnologia do biodigestor nas empresas analisadas, a partir de indicadores ambientais encontrados na literatura. As principais conclusões deste trabalho sugerem que a implementação dos biodigestores gera resultados com desempenho ambiental, social e econômico positivos, tais como diminuição da queima de combustíveis fósseis, redução de custos e não emissão de gás metano para atmosfera.

Palavras-chave: Indicadores Ambientais, Biodigestores, Sustentabilidade;

ABSTRACT: The waste treatment and energy generation from biomass produced in agribusiness is the subject of environmental policy interest. The pursuit of zero emissions, reducing harmful effects to the environment, came to be viewed not only as an obligation, but also as a source of competitive advantage. This article seeks to identify the environmental results obtained from the implementation of a biodigester technology in potato starch manufacturers. Therefore, we used the exploratory analysis of three case studies. Data were collected through observation and structured interview applied in processing cassava industries. To prepare the interview script, they were selected in the literature four groups of environmental indicators models generating a summary table of indicators. The main results of this study were obtained evaluating the biodigester technology in the analyzed companies, from environmental indicators in the literature. The main findings of this study suggest that the implementation of biodigesters generates results with environmental, social and economic positive, such as decrease the burning of fossil fuels, reducing costs and no emissions of methane into the atmosphere.

Keywords: environmental indicators, Biogas plants, Sustainability;

Sumário: Introdução - 1 Desenvolvimento - 1.1 Referencial Teórico - 1.2 Procedimentos Metodológicos - 1.3 Apresentação e Análise dos Resultados - 3 Considerações finais – Referências.

¹ Mestre da Graduação e Pós Graduação *Lato Sensu* da Faculdade Sul Brasil - FASUL eliana.cunico@fasul.edu.br

² Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Administração da UEM - Universidade **Estadual de Maringá**. Professora da Graduação da Faculdade Sul Brasil – FASUL e ISEPE Rondon. josidapper@hotmail.com

³ Professor Doutor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/CPAR. wesley.freitas@ufms.br

INTRODUÇÃO

A dificuldade em manter o equilíbrio do meio ambiente e, aumentar a qualidade de vida da população mundial é um objetivo acompanhado de riscos e desafios, conforme metodologia do *Global Reporting Initiative* – GRI (2006).

Nesse sentido, a difusão de políticas ambientais em empresas brasileiras vem recebendo grande atenção em razão das exigências de regulamentações cada vez mais severas e interesse do consumidor, mas também devido a oportunidades de vantagem competitiva em relação à redução de custos. Conforme o Índice de Sustentabilidade Empresarial - ISE (2008), além de cumprir com as normas legais, a política ambiental de uma empresa deve contemplar compromissos com o desempenho ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. A sustentabilidade, portanto, está voltada para aspectos ambientais, sociais e econômicos. Neste artigo são abordados de forma direta os aspectos ambientais e, indiretamente os outros dois pilares da sustentabilidade. O desafio central deste artigo foi, então, aprofundar a discussão socioambiental da tecnologia de biodigestores, especificamente a possibilidade e a viabilidade do uso dessa tecnologia como fonte alternativa de produção de energia elétrica a partir do biogás nas fecularias.

As agroindústrias processadoras de mandioca, conhecidas como fecularias, desempenham importante papel na economia de muitas regiões do Brasil, entretanto, os resíduos gerados no seu sistema produtivo são responsáveis pela poluição das águas e da atmosfera, isto é, da camada de ozônio. O tratamento desses efluentes pode ser realizado por meio de uma tecnologia inovadora em fase de melhoramentos, tal como a tecnologia de biodigestores.

Os nutrientes gerados pelo processo produtivo podem ser aprisionados em lagoas de tratamento anaeróbio, realizando a limpeza da água e a captura de gás metano (CH₄). A combustão desse gás gera o gás carbônico (CO₂), que é um gás vinte e uma vezes menos poluente do que o metano, conforme estudos confirmados por análise de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL, 2008).

De acordo com os dados do Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT (1997), no Brasil, 66% dos projetos desenvolvidos visam à redução de gás carbônico (CO₂), 33% de metano (CH₄) e 1% de óxido nitroso (N₂O). Para Marchezi e Amaral (2008), a prioridade dos projetos brasileiros seria direcionada para ações promotoras

de desenvolvimento limpo, voltadas às fontes renováveis de energia, eficiência/conservação de energia, reflorestamento e estabelecimento de novas florestas, projetos de aterros sanitários e projetos agropecuários.

Além de os benefícios ambientais, a obtenção de biogás permite a geração de energia elétrica ou energia térmica, concomitantemente, evitando a utilização de madeira (cavaco e lenha) para o funcionamento da caldeira das fecularias. Possibilidades da sua redução, ou mesmo, da sua não emissão são interesses de empresas, políticas públicas e acordos internacionais. Tais fatores visam o apoio ao uso alternativo de tecnologias a fim de reduzir o impacto ambiental, ou seja, os indicadores negativos.

A necessidade de controlar a produção industrial sustentável foi sistematizada por Melo (2002) em oito matrizes: Ecoeficiência, Abordagem Baseada no Valor, Responsabilidade Ambiental Corporativa, Qualidade Ambiental e ISO 14000, Abordagem de Sistema Total, Portfólio de Sustentabilidade, Ecologia Industrial e as Iniciativas de Pesquisa em Zero Emissões.

A revisão da literatura realizada neste trabalho forneceu subsídios para a seleção dos indicadores tendo como foco aspectos ambientais tais como: água, acidentes ambientais, emissões, terra, certificação e tecnologias. A busca por informações sobre a viabilidade ambiental do uso da tecnologia de biodigestores nas indústrias de fecularias volta-se então, para a análise do desempenho dessas indústrias em termos desses indicadores identificados em estudos anteriormente elaborados.

Ressalta-se a importância de se estudar esse assunto, uma vez que as indústrias de fecularia e outras que geram lagoas com resíduos, a partir do seu processo produtivo, necessitam de soluções. Isso porque as leis ambientais exigem o tratamento mínimo desses efluentes antes deles retornarem à natureza, conforme disposto na Lei de Crimes ambientais, nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (IBAMA, 2012). A tecnologia de biodigestores, foco deste estudo, foi avaliada tendo em vista a comprovação de ganhos eficientes na redução da emissão de resíduos e de outros fatores mensurados, por meio dos indicadores ambientais utilizados.

Essa tecnologia atua inicialmente em um pré-tratamento realizado com uma lagoa de decantação para remoção de terra, seguida de um sistema de lagoas anaeróbias em paralelo e, também de lagoas facultativas e de polimento. Tal processo, além de não requerer energia para aeração de bactérias, produz energia

com base no metano retirado dessas lagoas. A queima do metano transforma-se em energia para manutenção das caldeiras da indústria, evitando assim o uso de outros combustíveis fósseis para tal função. A combustão do metano ainda contribui com a produção do biogás.

Portanto, o objetivo deste estudo é aprofundar a discussão socioambiental da tecnologia de biodigestores. Especificamente identificar os principais benefícios gerados pela implantação da tecnologia dos biodigestores por meio de indicadores ambientais, realizando uma análise comparativa a partir dos mesmos indicadores mensurados em indústrias que ainda não utilizam tal tecnologia. O artigo está organizado em quatro seções. A partir desta introdução, a seção dois apresenta o referencial teórico que abrange os conceitos sobre inovação ambiental e sobre indicadores de sustentabilidade. Além de os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa. Na seção 3 os resultados são apresentados e discutidos, de acordo com dados extraídos das indústrias de fécula investigadas. Em seguida, na seção 4, apresentam-se as considerações finais do trabalho.

1 DESENVOLVIMENTO

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo desta revisão seção é discutir conceitos sobre o pilar ambiental da sustentabilidade empresarial. Para tanto, são apresentados elementos da ecoinovação e a possibilidade de mensuração por meio dos indicadores ambientais.

O Manual de Oslo (1997) traz como conceito o propósito de que uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço), podendo ser novo ou significativamente melhorado. Além disso, considera-se inovação como sendo um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Conforme Reid e Miedzinski (2008 *apud* COSTA, SANTOS e OLIVEIRA, 2011) o conceito de ecoinovação está baseado na criação de novos produtos, processos, sistemas, serviços e procedimentos, que utilizam menor quantidade de recursos naturais e emitam o mínimo possível de resíduos tóxicos, ao mesmo tempo em que satisfaz as necessidades humanas.

Os resíduos gerados pelas atividades agropecuárias e industriais apresentam, em geral, uma grande quantidade de nutrientes, podendo provocar a eutrofização de lagos e rios. Se fossem despejados ou dispostos indiscriminadamente no solo, causariam a poluição das águas. Portanto, o tratamento e a disposição adequados, associados a normas legislativas, não são apenas desejáveis, mas, sobretudo, obrigatórios. O alto custo da eletricidade diminui a atratividade dos sistemas de tratamento aeróbio e, assim, a grande maioria dos sistemas utilizam lagoas anaeróbias para o tratamento do efluente.

Os principais desafios conceituais e operacionais da mensuração da eco-inovação incluem: - acordo sobre indicadores-chave de eco-inovação no nível micro, tendo em conta toda a abordagem do ciclo de vida e impactos mais amplos em descrever aspectos de eco-eficiência da eco-inovação; - clarificar os diferentes níveis de análise da análise de eco-inovação e desenvolvimento de métodos de agregação de dados perceptivos; e - o estabelecimento de abordagens operacionais para ligar os diferentes níveis de análise da eco-inovação, para entender seus efeitos sistêmicos e sua relação com outros indicadores-chave, principalmente para medir o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável (REID; MIEDZINSKI, 2008, p. 6).

A razão clara para gerar energia a partir da biomassa, ao invés de utilizar recursos como a energia eólica ou a energia solar, deve-se ao fato de não estarem disponíveis de forma contínua. A energia gerada a partir de resíduos de agroindústria é constante, considerando que sempre que houver produção industrial os resíduos serão gerados, podendo haver a produção de biogás e, conseqüentemente, energia para a caldeira (MACHAN, 2001).

As tecnologias de digestão anaeróbicas vêm sendo aplicadas no mundo todo, devido ao seu caráter econômico e seu ganho com benefícios ambientais. Conseqüentemente, surge a necessidade de estudos investigativos sobre como melhor absorver o potencial do biogás gerado a partir de resíduos orgânicos (ANGELIDAKI *et al.*, 2009).

Em diversos países, a tecnologia dos biodigestores vem sendo utilizada para a obtenção da eficiência energética gerada a partir de resíduos. Na Turquia, o sistema de biodigestores foi testado em propriedades rurais no tratamento de resíduos orgânicos e, conseqüentemente, gerando biogás para a produção de energia necessária à propriedade. Esse importante sistema de “eco-agricultura” tem papel relevante na melhoria do saneamento residencial e no desenvolvimento econômico em áreas rurais (KOCAR, 2008).

Forsyth (2006) afirma que na Ásia os biodigestores são utilizados na gestão de resíduos para geração de energia. O tratamento do lixo vem sendo discutido com crescente participação dos cidadãos, os quais tem poder de escolha sobre o uso de tecnologias de tratamento considerando a redução da poluição e a geração de energia. As políticas ambientais públicas, por meio do conceito de governança ambiental, possuem alternativas e, dentre elas, encontram-se a biometanização, a incineração e a pirólise. A biometanização é a técnica de geração de energia a partir de biodigestores, capaz de capturar o gás metano evitando sua liberação direta para a atmosfera.

Ainda no continente asiático, a Jordânia também vem considerando a geração de biogás como uma importante fonte de energia alternativa. A Jordânia possui problemas ambientais devido ao uso excessivo de combustíveis fósseis. A tecnologia de geração de energia a partir do biogás é uma alternativa viável para atender a demanda de energia que vem crescendo cerca de 6% ao ano no país (ISMAIL, 2007).

Angelidaki e Sanders (2004) afirmam que, com a aplicação cada vez maior dessa tecnologia, surge uma necessidade urgente de métodos que permitam estimar a biodegradabilidade e o potencial do gás metano, a partir do tratamento de resíduos utilizados em biodigestores com a finalidade de gerar energia e de reduzir emissões. Percebe-se a falta de estudos e consenso nos aspectos quantitativos de mensuração desses indicadores de emissões, a partir de efluentes decorrentes da biomassa.

Com base nas pesquisas realizadas em diferentes países sobre a utilização do tratamento de resíduos orgânicos em biodigestores, surge a curiosidade em conhecer como vem sendo tratada esse tema no Brasil, mais especificamente na agroindústria e, além disso, quais as contribuições ambientais que têm sido obtidas a partir do uso de inovações no tratamento de resíduos.

Tayara e Ribeiro (2005) identificaram que, após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), tornou-se um desafio construir indicadores de sustentabilidade para medir o progresso sustentável. Internacionalmente, tendo como líder a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável – CSD - das Nações Unidas, em parceria com governos nacionais, instituições acadêmicas, organizações não governamentais, organizações do sistema das Nações Unidas e especialistas internacionais, ocorre uma contribuição

de estudos visando concretizar os capítulos 8 e 40 da Agenda 21, mais especificamente sobre a relação entre meio ambiente, desenvolvimento sustentável e decisões empresariais.

No Brasil, a elaboração de indicadores ambientais de sustentabilidade foi integrada a essas políticas internacionais. A partir da publicação de “Indicadores de desenvolvimento sustentável”, o IBGE (2003), disponibilizou informações sobre a realidade brasileira, nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Os indicadores ambientais fornecem informações relacionadas ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, organizadas nos temas atmosfera, terra, água doce, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento.

Os estudiosos da área ambiental entendem a necessidade de elaboração de um indicador ambiental unificado. Alguns afirmam que a inexistência de um indicador ambiental equivalente a outros tais como o PIB (Produto Interno Bruto), tende a menosprezar a importância do meio ambiente na elaboração das políticas públicas, conforme afirmam TAYRA e RIBEIRO (2005).

De acordo Callado e Fensterseifer (2010), qualquer ação voltada para a sustentabilidade deve ser associada a algum indicador, assim também como qualquer investimento voltado à sustentabilidade deve ter seu desempenho comparado com as metas e objetivos iniciais.

Entende-se que é necessário obter uma forma de mensuração padronizada para identificar os benefícios da sustentabilidade ambiental para a agroindústria. Este artigo procurará contribuir nesse sentido. Gallego (2006) também baseou suas pesquisas em indicadores ambientais, sendo estes indicadores fundamentados pelo Global Reporting Initiative - GRI (2006).

A relação da empresa com o ambiente, inevitavelmente gera impactos para o ar, água, solo ou biodiversidade, sendo estes de diferentes intensidades. Uma empresa que deseja ser ambientalmente responsável procura minimizar os aspectos negativos e ampliar os positivos, conforme o Guia de Elaboração do Balanço Social - ETHOS (2003). Assim, as empresas estão encontrando na sustentabilidade oportunidades de obter vantagens competitivas, mesmo sendo estes investimentos em tecnologias mais limpas, muitas vezes, elevados e com certo grau de risco e incerteza.

1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método utilizado nesta pesquisa foi o estudo de caso. Os estudos de caso são importantes para compreender fenômenos sociais complexos e para investigar fenômenos empíricos da natureza. A pesquisa neste sentido baseia-se em trabalho de campo e análise documental possibilitando assim estudar uma organização em seu contexto real, por meio de fontes evidência como as entrevistas e as observações (YIN, 2002).

As indústrias foram selecionadas através da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca – ABAM. Dentro dessa associação foram contatadas via telefone ou e-mail vinte e três (23) indústrias localizadas no Estado do Paraná. Dentre elas, três (3) voluntariaram-se para contribuir, respondendo as perguntas contidas na entrevista, informações técnicas, e as dúvidas. As características das indústrias de fecularias investigadas são as seguintes:

Caso 1: a indústria analisada no primeiro estudo de caso possui setenta e cinco funcionários e utiliza a tecnologia de biodigestor na unidade industrial analisada. As respostas da entrevista foram obtidas com o engenheiro químico da fecularia;

Caso 2: a indústria analisada no segundo caso possui quarenta e oito funcionários. Ela ainda não implantou biodigestor em nenhuma de suas unidades produtivas. A entrevista foi respondida em conjunto pelo gerente industrial e gerente do departamento de compras.

Caso 3: a indústria analisada no terceiro caso possui sessenta funcionários e já possui o biodigestor implantado em uma de suas unidades produtivas. A entrevista foi respondida pelo técnico em segurança do trabalho da unidade.

Para a determinação dos indicadores ambientais mais relevantes, realizou-se uma classificação em diferentes aspectos: água, acidentes ambientais, emissões, terra, certificação e energia. Esses indicadores foram trabalhados e apresentados em quadros, possibilitando a comparação dos resultados, os quais buscam demonstrar de forma evidenciada os benefícios obtidos, mas sempre considerando como parâmetro chave a implantação da tecnologia de biodigestores.

Além de as informações coletadas na primeira entrevista, no mês de junho de 2012, realizaram-se entrevistas informais com profissionais da área e, ainda, observações participantes nos meses anteriores. Assim, com base nas evidências e

informações colhidas, pode-se analisar e selecionar indicadores ambientais das indústrias de feccularia.

O Quadro 1 apresenta os indicadores utilizados nesta pesquisa, que foram selecionados a partir da revisão de literatura. Convém destacar que, dos indicadores identificados na literatura, foram considerados aqueles que se aplicam para realidade das feccularias nacionais. Citam-se, então, como fonte de pesquisa quatro modelos, os quais servem de base para a seleção dos indicadores utilizados neste trabalho: Callado e Fensterseifer (2010), cujo foco do estudo é selecionar indicadores por meio da opinião de especialistas brasileiros; o modelo publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010), representando os indicadores básicos na visão governamental; os indicadores ambientais do Índice de Sustentabilidade Ambiental – ISE da BOVESPA (2008) que, de forma corroborativa, foram considerados neste trabalho; e os indicadores ambientais do *Global Reporting Initiative* – GRI (2006), em função de sua importância e relevância na literatura internacional.

Quadro 1: **Indicadores ambientais utilizados na pesquisa**

IND	Aspecto	Quadro de Indicadores Ambientais Propostos	UM MEDIDA
IA - 1	Água	Quantidade total de água utilizada	M ³ / DIA
IA - 2		Quantidade de água tratada retornada para o ambiente	M ³ / DIA
IA - 3		Controle da qualidade das águas de superfície	SIM / NÃO
IA - 4	Acidentes Ambientais	Processos decorrentes de infrações ambientais	SIM / NÃO
IA - 5		Monitoramento de áreas de proteção ambiental	SIM / NÃO
IA - 6	Emissões	Monitoramento de emissões atmosféricas GEE's - Gases de Efeito Estufa significativas	SIM / NÃO
IA - 7		Emissão de resíduos sólidos	SIM / NÃO
IA - 8		Emissão de resíduos líquidos	SIM / NÃO
IA - 9	Terra	Terrenos próprios, arrendados, administrados em áreas de preservação ambiental	SIM / NÃO
IA - 10		Controle da qualidade do solo	SIM / NÃO
IA - 11		Qualidade ambiental do entorno	SIM / NÃO
IA - 12	Certificação	Certificação ISO14001 implantada ou em processo	SIM / NÃO
IA - 13	Energia	Tecnologias que diminuem utilização de energia	SIM / NÃO
IA - 14		Quantidade de combustível fóssil utilizado por mês	KG / MÊS

Fonte: Adaptado de Callado e Fensterseifer (2010), IBGE (2010), ISE (2008), GRI (2006).

A estrutura do questionário seguiu uma classificação indicadores, em que se organizaram as perguntas elaboradas a fim de identificar práticas das indústrias de feculárias voltadas para indicadores ambientais tais como: água, acidentes ambientais, emissões, terra, certificação e energia. A partir da análise comparativa das indústrias de feculárias analisadas, o objetivo da coleta de dados foi, então, identificar não só os benefícios significativos entre indústrias do mesmo setor, mas também os ganhos obtidos com a utilização da tecnologia de biodigestores, por meio da classificação de indicadores ambientais, utilizados tanto nas esferas sociais como econômicas, a fim de comprovar a sustentabilidade.

1.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados identificaram similaridades e diferenças entre as três indústrias analisadas. Duas delas se utilizam de biodigestores, enquanto uma ainda não realizou implantação, mas demonstra interesse em adquirir tal tecnologia.

Conforme relato durante a entrevista, empresas em que a tecnologia dos biodigestores encontra-se instalada houve diminuição significativa no consumo de combustíveis fósseis, permitindo identificar também a redução de custos decorrente de se evitar a compra de madeira, antes indispensável para que ocorresse a produção.

Como já se mencionou, o sistema a partir de biodigestores é constituído por um pré-tratamento realizado com uma lagoa de decantação para remoção de terra, seguida de um sistema de lagoas anaeróbias em paralelo além de lagoas facultativas e de polimento. Esse processo não requerer energia para aeração de bactérias e produz energia com base no metano retirado das lagoas. A queima do metano transforma-o em energia para manutenção das caldeiras da indústria, evitando assim o uso de lenha. Além disso, a queima do metano transforma-se em CO₂ – gás carbônico - 21 vezes menos poluente comparativamente ao metano que estaria a céu aberto em lagoas não tratadas como biodigestores.

A metodologia das Nações Unidas para mudanças climáticas, cuja sigla em inglês é AMS III H, que significa *methane recover in wastewater treatment* (recuperação de metano em sistemas de tratamento de água), considera que para cada kg de DQO – Demanda Química de Oxigênio, removida no sistema de

tratamento, 0,25kg de metano são gerados, porém alguns fatores não são considerados devido às incertezas da produção (UNFCCC/CCNUCC, 2012).



Figura 1 - Imagens das lagoas de eutrofização
Fonte: Fotos da pesquisa.

Na imagem à esquerda, a combustão de gás metano (CH_4) sem utilização de biodigestor. Na segunda imagem à direita, a mesma lagoa depois da instalação do biodigestor efetuando a captura do gás metano.

Com base nessa metodologia, pode-se mensurar a quantidade de emissões de metano evitadas pelas indústrias, uma vez que se utilizam da transformação do metano (CH_4) em biogás, um composto formado a partir da biodigestão anaeróbia - composto formado entre 40 a 70% por gás metano (CH_4) - entre outros tais como: dióxido de carbono (CO_2), traços de amônia (NH_3) e sulfeto de hidrogênio (H_2S), conforme dados da UNFCCC/CCNUCC (2012).

A escolha dos indicadores ambientais, a partir da revisão de literatura, buscou avaliar diretamente os impactos ambientais benéficos ao meio ambiente produzido pela implementação da tecnologia de biodigestores. Outros fatores ambientais adicionais, não apontados nos estudos, foram também considerados. Convém deixar claro que, os dados apresentados, neste trabalho, foram obtidos junto às unidades industriais das empresas investigadas.

Nota-se que mesmo havendo um padrão mundial para a mensuração, ainda esse não foi capaz de gerar consenso entre os estudiosos. Há também de se considerar que a geração do processo de biometanização pode variar de acordo com cada tipo de biomassa analisada. A busca por um consenso é um resultado esperado sempre que são tratados assuntos de interesse mundial, os quais

necessitam de indicadores para realizar comparações e maiores argumentações sobre viabilidade da implantação dessa tecnologia.

Observou-se ao analisar os dados da pesquisa que as indústrias de feculárias, mesmo que não em sua totalidade, já vêm se preocupando com os aspectos ambientais da sustentabilidade, buscando práticas e tecnologias inovativas em seus processos produtivos.

Em todos os quadros apresentadas a seguir, foram classificadas as respostas obtidas pelos entrevistados e organizadas de acordo com o Quadro 1. O aspecto geral foi repetido propositalmente em todos os grupos de indicadores, pois a utilização da tecnologia de biodigestores foi o parâmetro utilizado para avaliação dos desempenhos relatados por cada uma das indústrias. Verificou-se que dentre as três indústrias estudadas, duas delas já utilizam biodigestores em pelo menos uma de suas unidades industriais. Considerou-se como padrão para objeto de estudo apenas a indústria matriz de cada uma das empresas selecionadas.

No Quadro 2, pode-se verificar que a quantidade de água utilizada diariamente pelas empresas de fecularia é significativa. Rebouças 1997 (*apud* CONTE 1999) preocupa-se em ressaltar que: “ao abordar o tema sobre os recursos da água, de que trata a Agenda 21, principal resultado da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92, critica, de certa forma, a pretensa “crise da água” que poderá se dar no Século 21”. Tal relato é fortalecido pelo fato de as empresas desse segmento saberem que essa água passa por diversos processos da indústria e, portanto, a necessidade de um tratamento adequado e monitorado, seguindo os padrões exigidos pelos órgãos reguladores, é extremamente importante. O autor ainda afirma que o país deve ter como prioridade nacional, no que diz respeito a recursos hídricos e saneamento, a preocupação com o desperdício e a poluição da água, considerando assim a sustentabilidade. Contudo, nem todas as empresas se preocupam em monitorar a qualidade do entorno ambiental onde estão inseridas, conforme mostrado no Quadro 2.

QUADRO 2: Análise Geral, Água e Acidentes Ambientais

ASPECTO	RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS	UN MEDIDA	INDÚSTRIA I	INDÚSTRIA II	INDÚSTRIA III
Geral	Quantidade de funcionários da indústria	UN	75	48	60
	Toneladas de mandioca moídas por dia	TN	400	420 a 500	500
	A empresa utiliza a tecnologia de Biodigestores	SIM / NÃO	SIM	NÃO	SIM
Água	Quantidade total de água utilizada diariamente?	M ³ / DIA	1.600	1.600	206.000
	Quantidade de água retornada para o ambiente diariamente?	M ³ / DIA	1.600	1.600	NI
	Atividades da indústria geram danos as aguas interiores (rios, lagos, etc)?	SIM / NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Acidentes Ambientais	A indústria já sofreu algum processos por infrações ambientais?	SIM / NÃO	SIM	NÃO	NÃO
	A empresa monitora áreas do entorno?	SIM / NÃO	SIM	NÃO	NÃO

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar o Quadro 3 pode-se constatar a produção de gás metano em todas as indústrias. Esse resultado já era esperado, já que não é possível produzir em fecularias sem gerar efluentes. A preocupação com a diminuição dos efeitos causados na atmosfera, principalmente o mais conhecido como “efeito estufa”, é unanimidade em diversos países espalhados em diferentes continentes.

Não somente nas fecularias, mas também em pequenas propriedades rurais, as quais inevitavelmente são produtoras de biomassa, os efeitos nocivos devem ser pontos de atenção para os pesquisadores do desenvolvimento sustentável, no quesito ambiental. QUESADA et al. 1987 (*apud* Agnoese et al. 2004) analisam a preocupação com o aumento do consumo de combustíveis fósseis em atividades agrícolas e o estímulo que tal consumo gera a respeito de estudos sobre balanço energético na agricultura.

Outro aspecto de preocupação ambiental, a terra, não está sendo monitorada por nenhuma das indústrias analisadas, como mostra o Quadro 3. Mesmo considerando que a matéria-prima central dessas indústrias é uma *commoditie* dependente da qualidade do recurso solo.

Contudo, o Quadro 3 mostra que as três indústrias analisadas possuem vantagem por não produzir resíduos tóxicos em sua atividade produtiva. Verificou-se também a preocupação com a reciclagem de materiais tais como embalagens, plásticos e papéis. Outro exemplo é a otimização dos restos da matéria-prima, por vez não utilizados no processo produtivo principal, mas usados para produzir ração animal e fibras utilizadas para outros fins, como a nutrição animal.

Quadro 3 - Respostas do questionário - Emissões e Terra

ASPECTO	RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS	UN MEDIDA	INDÚSTRIA I	INDÚSTRIA II	INDÚSTRIA III
Geral	Quantidade de funcionários da indústria	UN	75	48	60
	Toneladas de mandioca moídas por dia	TN	400	420 a 500	500
	A empresa utiliza a tecnologia de Biodigestores	SIM / NÃO	SIM	NÃO	SIM
Emissões	As atividades da indústria geram algum gás causador do efeito estufa?	SIM / NÃO	SIM, (CH ₄) - Metano	SIM, (CH ₄) - Metano	SIM, (CH ₄) - Metano
	A empresa possui atualmente algum programa para redução da emissão de resíduos?	SIM / NÃO	Sim, geração ração animal e fibras, aquisição de novos equipamentos e biodigestores	NÃO	SIM - Papéis e Plásticos Reciclagem, Bagaço da Mandioca é torrado e comercializado
	A indústria emite resíduos tóxicos?	SIM / NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Terra	Possui terrenos próprios, arrendados, administrados em áreas de preservação ambiental?	SIM / NÃO	SIM	NÃO	NÃO
	Controle da qualidade do solo?	SIM / NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
	Monitora qualidade ambiental do entorno?	SIM / NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: Dados da pesquisa.

Outro resultado relevante é a quantidade de combustível fóssil consumido pelas indústrias, como indicado no Quadro 4. Outras fontes de energia limpa, como por exemplo, a energia gerada a partir do gás metano capturado nos biodigestores, é capaz de substituir ou pelo menos reduzir a queima de lenha e carvão. Uma das indústrias afirmou ter reduzido significativamente o custo de aquisição de lenha entre 30 a 50% após implantar o biodigestor, obtendo assim também benefícios econômicos.

Deve-se alertar para o fato de que as indústrias analisadas ainda não possuem certificação de qualidade, tal como a ISO14001 que é apontada nos indicadores propostos na literatura para sustentabilidade no pilar ambiental. Esse resultado indica que ainda há muito para se avançar, tendo como objetivo assim a utilização consciente de recursos renováveis ou não renováveis, como os citados nos quadros deste estudo.

Menezes (2010) utiliza-se do exemplo da Braskem para reforçar a importância crescente da dimensão ambiental dentro do conceito de sustentabilidade, afirmando que: “O aspecto ambiental, responsável pelo controle de impactos ambientais das atividades, produtos e serviços da Braskem é certificado pela ISO 14001 em todas as 18 plantas industriais da empresa no Brasil”. Assim, nesse caso, o desempenho mensurado por indicadores é capaz de demonstrar a ecoeficiência.

Quadro 4 - Respostas do questionário - Certificação e Energia

ASPECTO	RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS	UN MEDIDA	INDÚSTRIA I	INDÚSTRIA II	INDÚSTRIA III
Geral	Quantidade de funcionários da indústria	UN	75	48	60
	Toneladas de mandioca moídas por dia	TN	400	420 a 500	500
	A empresa utiliza a tecnologia de Biodigestores	SIM / NÃO	SIM	NÃO	SIM
Certificação	Certificação ISO14001 implantada ou em processo de implantação	SIM / NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
	A empresa utiliza alguma tecnologia que diminua o consumo de energia?	SIM / NÃO	SIM	NÃO	SIM
Energia	Quantidade de combustível fóssil utilizado por mês	KG / MÊS	55.000.000KG/ANO R\$ 600.000,00	52.500.000 KG/ANO R\$ 472.500,00	NI

Legenda: NI - Não informado pelo respondente; KG - Kilograma; TN - Tonelada M³ - Metros cúbicos

Fonte: Dados da pesquisa

Por fim, ressalta-se que os indicadores deste trabalho foram selecionados em importantes literaturas e aplicados em aspectos analisados como impactantes para o ambiente onde indústrias fecularias realizam suas atividades produtivas. Entretanto, é fundamental que sejam verificadas outras medidas avaliativas do desempenho ambiental dessas agroindústrias.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo proposto neste trabalho, consta-se que foi possível identificar e mensurar, parcialmente, resultados positivos obtidos com a implementação dos biodigestores nas fecularias analisadas, a partir da construção de um quadro modelo capaz de mensurar as contribuições ambientais e, portanto, sendo possível realizar comparações qualitativas a respeito dos resultados apontados por cada uma das três indústrias avaliadas.

O parâmetro para essa comparação teve como foco a utilização da tecnologia de biodigestor. Assim, mensurou-se o aproveitamento energético, a partir da avaliação de respostas positivas obtidas com a implementação dessa tecnologia. O estudo de *Caso 2* da indústria que ainda não realiza o tratamento de seus efluentes

e não captura o metano para o biodigestor, *Caso 2*, serviu de base para estudo comparativo em relação às outras duas indústrias.

Os principais benefícios foram a redução da queima de combustíveis fósseis, a não emissão de gás metano diretamente na atmosfera e a redução dos custos com energia elétrica. Outro aspecto analisado foi a preocupação das indústrias em tratar outros resíduos, como por exemplo, as embalagens. A utilização dos subprodutos para outras finalidades produtivas e rentáveis, cada vez mais entendida como sendo uma forma de reduzir emissões de resíduos sólidos, também foi observada. Os resultados desses dois aspectos indicam que recursos naturais vêm sendo tratados com um aproveitamento mais eficiente.

A revisão da literatura tornou compreensível a importância que vem sendo dada pelo Brasil e, também, por outros países que passaram a empreender pesquisas e recursos nas questões ambientais de forma crescente. Após eventos de porte mundial, ações mais concretas foram tomadas buscando alcançar objetivos traçados por políticas internacionais, as quais são aplicadas empiricamente em casos como estes estudados.

Os resultados obtidos não podem levar a generalizações. Entretanto, as contribuições verificadas nestes três estudos poderão ser replicadas para centenas de outras agroindústrias brasileiras que vêm buscando, na tecnologia e na inovação de suas atividades produtivas, o uso sustentável dos recursos finitos.

A indústria estudada no *Caso 1* destacou que vem investindo em novos equipamentos, com a intenção de diminuir o uso de energia. Percebe-se que alguns indicadores ambientais considerados neste trabalho, a partir de indicadores da literatura nacional e internacional, não são práticas adotadas por nenhuma das três empresas avaliadas. Esse resultado indica que para obtenção de certificação serão necessárias melhorias.

Em relação ao *Caso 2*, verifica-se que a não utilização de tecnologia de biodigestores tem deixado a empresa em desvantagem comparativamente às suas concorrentes quanto à diminuição dos custos de insumos de produção. Além disso, essa indústria não poderia utilizar da vantagem competitiva que a inovação gerou para as outras duas.

Quanto ao *Caso 3*, pode-se destacar que a preocupação e a consciência em tratar resíduos e aproveitar subprodutos com auxílio da tecnologia é prática vigente. As empresas são influenciadas não só por exigências legais, mas também por

aspectos sustentáveis, cada vez mais vistos como objetivos, principalmente se atenderem de forma eficiente, produzindo benefícios financeiros aos empresários.

Os indicadores foram selecionados a partir da literatura que relata o aspecto terra como sendo importante. Entretanto, a pesquisa empírica demonstra que na prática as empresas não o consideram como um fator tão relevante. Além disso, nenhuma das empresas analisadas possui ainda a ISO140001. Elas ainda demonstram falhas em seu processo de melhoria contínua visando à certificação, as quais não lhe permitiriam a obtenção de tal certificação, caso não haja as melhorias exigidas.

As limitações encontradas neste estudo, em relação à mensuração de benefícios obtidos com a implantação de biodigestores, poderiam ser superadas a partir de estudos que abrangessem de forma quantitativa um maior número de empresas de fecularias e, posteriormente, realizasse uma análise comparativa com outras agroindústrias de relevância no PIB nacional. Além disso, estudos correlacionados com a visão que essas empresas possuem sobre vantagens competitivas geradas por inovações e os seus benefícios gerados são importantes fontes para fomentar políticas públicas de apoio ao setor e a toda a cadeia que se relaciona com a produção de fécula e de seus derivados.

Ressalta-se que também poderiam ser avaliados de forma mais específica os aspectos sociais obtidos nas localidades onde essas indústrias estão localizadas. Um desses aspectos poderia ser o grau de satisfação em relação à diminuição do forte odor característico das lagoas de eutrofização abertas, que não é encontrado quando há presença do tratamento de dejetos por meio de biodigestores.

Quanto às contribuições para estudos futuros, sugere-se a ampliação da busca por novas soluções e conhecimento da utilização de biodigestores na literatura internacional ou mesmo nos estudos de casos aplicados em setores da economia nacional. Além disso, conforme já mencionado pelos estudiosos, há falta de consenso na mensuração de dados quantitativos no que diz respeito à eficiência dos biodigestores na redução de emissão de gases e na geração do biogás. Outras variáveis também podem ser estudadas, realizando assim pesquisas investigativas e concentrando o foco na busca por novas soluções energéticas e ambientalmente corretas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, Maj M. Entrepreneurship and Innovation – Organizations, Institutions, Systems and Regions. **Eco-Innovation – Towards a Taxonomy and Theory**. Paper to be presented at the 25th Celebration Conference 2008. Copenhagen, CBS, Denmark, June 17 - 20, 2008.
- ANGONESE, A. R. CAMPOS, A. T. ZACARKIM, C. E. MATSUO, M. S. CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.10, N.3, P.745–750, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG <http://www.agriambi.com.br>. Aprovado em 24/12/2005. Acesso em: 21 jun 2012.
- ANGELIDAKI, I. Sanders, W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology** 3: 117–129, 2004.
- BOVESPA – Bolsa de Valores de São Paulo. **Índice de sustentabilidade empresarial**. Disponível em: <HTTP://www.bovespa.com.br>. Acesso em: 22 mai 2012.
- CALLADO, A. L. C. FENSTERSEIFER, J. E. **Indicadores de Sustentabilidade: uma abordagem empírica a partir de uma perspectiva de especialistas**. Anais do XLVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2010.
- CONTE, M. de L. **Aspectos quantitativos e qualitativos das águas da bacia experimental do Rio Pardo – Região de Botucatu – SP**. Botucatu, Brasil, 1999. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Agrônômicas– Campus Botucatu, UNESP.
- COSTA, A.C.V da. SANTOS, C. de F. S. O.. OLIVEIRA, V. M. de. **Indicadores de Ecoinovação e Competitividade Sistêmica: Construindo Relações**. ANAIS do XXXV Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro/RJ. Setembro/2011.
- Forsyth, T. Cooperative environmental governance and waste-to-energy technologies in Asia. **International Journal of Technology Management and Sustainable Development**. Vol. 5 Number 3. 2006 Intellect Ltd Article. English language. doi:10.1386/ijtm5.3.209/1.
- GALLEGO, I. Corporate Social Responsibility and Environmental Management. The **Use of Economic, Social and Environmental Indicators as a Measure of Sustainable Development in Spain**. v.13, n.2, 2006.
- GRI. Global Reporting Initiative. (2006). **Diretrizes para relatório de sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.globalreporting.org/NR/rdonlyres/4855C490-A872-4934-9E0B-8C2502622576/2725/G3_POBR_RG_Final_with_cover.pdf>. Acesso em: 20 mai 2012.
- IBAMA. **Lei de Crimes Ambientais**. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/leiambiental/home.htm#crimesamb>>. Acesso em 22 jun 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2010.

ETHOS - Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. **Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial**. Disponível em: <http://www1.ethos.org.br/EthosWEB/pt/29/0_que_e_rse.aspx>. Acesso em: 22 mai. 2012.

ISMAIL, Z. K. Employment of Anaerobic Digestion Process of Municipal Solid Waste for Energy. **Energy Sources**, Part A, 29:657–668, 2007 Copyright © Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 1556-7036 print/1556-7230 online DOI:10.1080/00908310500276965.

KALYUZHNYI, A. J. S. JENICEK, P. LIER van J. B. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Science & Technology –WST**. 59.5 / 2009.

KOCAR, G. Anaerobic Digesters: From Waste to Energy Crops as an Alternative Energy Source. Solar Energy Institute, Ege University, Izmir, Turkey. **Energy Sources**, Part A, 30:660–669, 2008.

MACHAN, M. K. 2001. Sustainable cultivation concepts for domestic energy production from biomass. **Crit. Rev. Plant Sci**. 20:1–14.

MARCHEZI, Roberta da Silva Monteiro. AMARAL, Sergio Pinto. O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL Conceito e uso do MDL no mundo e no Brasil. **eGesta, Revista Eletrônica de Gestão de Negócios** v. 4, n. 1, jan-mar./2008, p. 94-123.

MELO, Ivan Vieira de. **Uma abordagem compreensiva ao processo de desenvolvimento industrial sustentável**. Florianópolis, Brasil, 2002. Tese de Doutorado - Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 271p.

MENEZES, Uíara Gonçalves de. WINCK, Antonio Gustavo. DIAS, Valéria da Veiga. A inovação tecnológica sustentável e a geração de valor sustentável na indústria química. **eGesta – Revista Eletrônica de Gestão de Negócios**. v. 6, n. 3, jul.-set./2010.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. Disponível em: <<http://mct.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

OECD. **Manual de Oslo**. 3 ed. 1997.

REID, A.; MIEDZINSKI, M. **Eco-Innovation**, Final Report for Sectoral Innovation Watch. Brussels: Technopolis Group, 2008. Disponível em: <http://www.technopolisgroup.com/resources/downloads/661_report_final.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2012.

TAYRA, Flávio. RIBEIRO, Helena. Modelos de Indicadores de Sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade** v.15, n.1, p.84-95, jan-abr 2006.

TIDD, Joe. BESSANT, John. PAVITT, Keith. **Gestão da Inovação**. 3 ed. São Paulo: Bookman, 2008.

UNFCCC/CCNUCC - United Nations Framework. **Convention on Climate Change**. Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories. Disponível em: [Http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3L0LOJTS6SVZP4NSU/view.html](http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3L0LOJTS6SVZP4NSU/view.html).

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Recebido em: Abril/2015

Aprovado em: Junho/2015