

VIABILIDADE ECONÔMICA E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DE TECNOLOGIA APLICADA A BIODIGESTORES EM EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA DO PARANÁ

ECONOMIC FEASIBILITY AND ENVIRONMENTAL BENEFITS OF BIODIGESTERS IN CASSAVA PROCESSING COMPANIES FROM PARANÁ (BRAZIL)

VIABILIDAD ECONÓMICA Y BENEFICIOS AMBIENTALES DE TECNOLOGÍA APLICADA A DIGESTORES EN EMPRESAS DE PROCESAMIENTO DE MANDIOCA DEL ESTADO DE PARANÁ (BRASIL)

Alexandre Rodrigues da Silva

Doutorando em Administração na Universidade Nove De Julho (UNINOVE)

Endereço: UNINOVE, Av. Francisco Matarazzo, 612, prédio C, Água branca. CEP: 05001-100. São Paulo, SP, Brasil

Telefone: (11) 3665-9342

E-mail: alex20031970@yahoo.com.br

Cláudia Brito Silva Cirani

Doutorado em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz / Universidade de São Paulo

Professor na Universidade Nove De Julho (UNINOVE)

Endereço: UNINOVE, Av. Francisco Matarazzo, 612, prédio C, Água branca. CEP: 05001-100. São Paulo, SP, Brasil

Telefone: (11) 3665-9342

E-mail: claudiabscirani@gmail.com

Artigo recebido em 06/08/2016. Revisado por pares em 10/08/2016. Reformulado em 18/10/2016. Recomendado para publicação em 20/10/2016. Publicado em 29/12/2016. Avaliado pelo Sistema *double blind review*.



RESUMO

Para a geração do biogás, é necessária a existência de uma infraestrutura, cuja peça principal é o biodigestor. O objetivo geral deste trabalho é investigar se há viabilidade econômica e benefícios ambientais na implantação de biodigestores em empresas processadoras de mandioca no Estado do Paraná. O método utilizado é o de natureza qualitativa com entrevista semiestruturada. O estudo demonstrou que a geração de energia à base de biogás, a partir do material orgânico residual da mandioca, é economicamente viável e benefícios ambientais foram proporcionados.

Palavras-chave: Biodigestor; Biogás; Mandioca; Benefícios; Viabilidade.

ABSTRACT

The digester is the primary part of the infrastructure required for biogas generation. The aim of this study is to investigate whether there is economic viability and environmental benefits in the implementation of biodigesters in cassava processing companies from the state of Paraná (Brazil). We used a qualitative method with semi-structured interviews. The study showed that the power generation from biogas using the residual organic material from cassava is economically viable and environmental benefits were provided.

Keywords: Biodigester; Biogas; Cassava Processing; Economic Feasibility.

RESUMEN

Para generación de biogás, es necesaria la existencia de una infraestructura, cuya pieza principal es el digestor. El objetivo general de este trabajo es investigar se hay viabilidad económica y beneficios ambientales en la implantación de digestores en empresas procesadoras de mandioca en el Estado de Paraná. El método utilizado es el de naturaleza cualitativa con entrevista semiestruturada. El estudio hay demostrado que la generación de energía con base en biogás, desde el material orgánico residual de mandioca, es económicamente viable y beneficios ambientales fueron proporcionados.

Palabras-clave: Digestor; Biogás; Mandioca; Beneficios; Viabilidad.

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo se fala sobre crise energética, nível de poluição, crise cultural e tecnológica, e consumismo exacerbado. Tal processo de desenvolvimento capitalista fornece fortes indícios das crises econômica e ambiental enfrentadas atualmente. Na tentativa de amenizar problemas como esses, os países voltam-se para a busca por fontes alternativas, econômicas e sustentáveis de energia, amplamente discutidas pelo Protocolo de Kyoto (SILVA; FREIRE; BASSETO, 2012).

Um ponto crucial, considerado pelos países que assinaram esse acordo, é o efeito estufa, cujo agravamento, ao longo do tempo, vem reduzindo a camada de ozônio. Ela é responsável por proteger todos os seres vivos dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol. Dentre os principais gases que se somam para essa drástica redução, consideram-se o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o ozônio (O_3). No intuito de reduzir as emissões de metano ao ar livre, seria a canalização deste gás uma fonte de energia alternativa. Desta forma, reduziria, de um lado, o impacto na camada de ozônio, já que o gás metano é vinte vezes mais danoso do que o dióxido de carbono. Os principais pontos fortes para a utilização do metano como fonte de energia são decorrentes de suas características físico-químicas, tais como seu poder calorífico e seu estado de matéria, que se apresenta na fase gasosa nas condições normais de temperatura e pressão (LEITE; MONTEIRO, 2005).

A fronteira trinacional do Brasil, Argentina e Paraguai abriga dois valiosos patrimônios naturais: solos férteis, que são a base para um rico complexo agropecuário e agroindustrial; e muita água, garantida por rios importantes, como o Paraná e o Iguazu, pelo Aquífero Guarani, que se espalha pelo subsolo de quatro países, e pelo reservatório da hidrelétrica de Itaipu, com mais de 170 quilômetros de extensão e 29 bilhões de metros cúbicos de água (BLEY *et al.*, 2013).

Diante do cenário da perda de biodiversidade, somado às mudanças climáticas ocasionadas pelo efeito estufa e redução da camada de ozônio, principalmente; e o crescimento da demanda de energia, uma vez que a fonte de energia advinda dos recursos naturais é limitada, este trabalho volta-se para o agronegócio paranaense de indústrias

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

processadoras de mandioca (fecularias, farinheiras e amidonarias), responsáveis pela transformação da mandioca em amido e outros derivados, gerando resíduos decorrentes de seus processos produtivos (BLEY *et al.*, 2013).

Os resíduos gerados pelas fecularias de mandioca apresentam grande quantidade de nutrientes, que se torna responsável pela eutrofização antrópica das águasⁱ. Esses efluentes despejados indiscriminadamente nos rios e lagoas resultam em efeitos nocivos ao meio ambiente. No intuito de minimizar este problema, a maioria das agroindústrias utiliza lagoas anaeróbicas para tratamento dos efluentes, gerando o biogás que, uma vez recuperado, pode ser aproveitado para geração de energia nas fecularias por meio da tecnologia de biodigestores (BLEY, 2013).

É nesse cenário que surge a pergunta da pesquisa: há viabilidade econômica e benefícios ambientais na implantação de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná?

A principal justificativa do trabalho está em minimizar a poluição ambiental por meio de uma tecnologia limpaⁱⁱ e eficiente, capaz de gerar energia alternativa, economicamente viável, e promover a melhoria da qualidade de vida da população. A importância deste estudo está nas evidências encontradas na pesquisa sobre a viabilidade econômica da implantação de projetos de biodigestores em quatro indústrias paranaenses, bem como os benefícios ambientais proporcionados por uma tecnologia limpa, através de formas viáveis de aproveitar o biogás produzido para fins energéticos.

Para o universo acadêmico, espera-se que este trabalho possa oferecer uma proposta inovadora incremental de estudo na área científica quanto à tecnologia de biodigestores a partir de material orgânico residual de mandioca para o desenvolvimento sustentável. Para o universo corporativo, oferecer uma oportunidade de inovação sustentável com obtenção de retorno do valor investido, além da vantagem competitiva frente ao mercado no qual está inserido. Com relação aos métodos utilizados, esta pesquisa espera contribuir, de forma qualitativa, com informações sobre a implantação do biodigestor, dados econômicos do projeto (por meio da análise dos indicadores de rentabilidade e viabilidade econômica de

projetos) e dos benefícios ambientais da tecnologia aplicada a biodigestores em quatro empresas processadoras de mandioca do Paraná.

Estudos científicos levantados anteriormente comprovaram a eficácia, a viabilidade econômica e a promoção do desenvolvimento sustentável em outros setores do agronegócio. Tais estudos servem de subsídio para a elaboração deste trabalho sobre os benefícios econômicos, sociais e ambientais de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras na cultura da mandioca do Paraná.

Este trabalho foi desenvolvido junto à CAPES, na equipe do projeto PRÓ-ESTRATÉGIA em agroindústrias processadoras de mandioca no Estado do Paraná, em parceria com uma empresa de consultoria em projetos ambientais desse segmento. O projeto é conduzido por um grupo de pesquisadores, cuja pesquisa integra-se às já realizadas por essa equipe, que atualmente abrange o estudo da produção e composição do biogás gerado a partir de material orgânico residual da mandioca e sua viabilidade econômica, bem como o biodigestor no processo de desenvolvimento sustentável. Cabe destacar que os objetivos do projeto em questão são mais amplos do que os objetivos deste estudo específico.

Após a introdução, este artigo apresenta, na seção 2, o referencial teórico, que serve de subsídios para a elaboração das análises e base para a interpretação dos dados coletados, trazendo a teoria da viabilidade econômica de projetos, eco inovação e desenvolvimento sustentável. Na seção 3 é demonstrada a metodologia empregada para os resultados coletados, bem como o tipo de pesquisa, população, amostras, instrumentos, coletas e análises utilizadas. Nas seção 4 estão os resultados e sua discussão, com referências às teorias apresentadas. Por último, na seção 5, as considerações finais e, na sequência, as referências pertinentes à pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS

O mercado mundial está cada vez mais desafiador com o surgimento de novos países emergentes, transformando-se em uma economia integrada, cujo principal desafio para o Brasil é manter-se no mercado. Neste contexto, qual deve ser o investimento ou risco necessário de um empresário em novos projetos, sem a certeza de qual será o movimento da economia? Com o conhecimento mais acessível em que a rotina das organizações transforma-se em inovações – seja pela capacidade técnica adquirida, seja pela própria transferência de experiências advindas das variáveis do mercado – a resposta está na elaboração adequada e avaliação de um projeto antes de se lançar em nova economia (FONSECA, 2012).

O projeto de viabilidade deste estudo deve contemplar, em sua estrutura, um sistema de tratamento de efluentes líquidos e/ou gasosos. Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e/ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida e líquida. Desta forma, o projeto minimiza um risco importante e causador de impacto ambiental negativo. Sem a previsão deste risco, o projeto poderia ser inviabilizado (FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; GOMES, 2013; MATHIAS; GOMES, 2008; WOILER; MATHIAS, 2013).

A análise econômico-financeira do empreendimento consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção, e receitas geradas durante determinado período de tempo, com a finalidade de montar o fluxo de caixa relativo aos investimentos, custos e receitas, e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com o empreendimento (BRIGHAM; GAPENSKI; EHRHARDT, 2001; BRIGHAM; HOUSTON, 1999; FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; GOMES, 2013; MATHIAS; GOMES, 2008; WOILER; MATHIAS, 2013).

Comparando os indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, e considerando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou Taxa de Desconto, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento. O método de análise pela Taxa Interna de Retorno (TIR) é considerado um método exato, Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

assim como o Valor Presente Líquido (VPL). A TIR é obtida a partir da análise projetiva do fluxo de caixa, sendo definida como a taxa de juros que torna nulo o VPL da alternativa analisada, ou seja, a taxa de juros em que as receitas e as despesas se igualam, assim, $VPL = 0$ (BRIGHAM; GAPENSKI.; EHRHARDT, 2001; BRIGHAM; HOUSTON, 1999; FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; GOMES, 2013; MATHIAS; GOMES, 2008; WOILER; MATHIAS, 2013).

O Valor Presente Líquido é dado por:

$$VPL(i) = \sum_{j=0}^n \frac{(FCX)_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Em que $VPL(i)$ = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros i ; n = número de fluxos de caixa; $(fcx)_j$ = fluxo de caixa do período j ; $J = 0, 1, 2, \dots, n$; e i = taxa de juros ou de desconto do período.

A Taxa Interna de Retorno é dada por:

$$VPL(i) = \sum_{j=0}^n \frac{(FCX)_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (2)$$

Em que $VPL(i)$ = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros i ; n = número de fluxos de caixa; $(fcx)_j$ = fluxo de caixa do período j ; $J = 0, 1, 2, \dots, n$; e i = taxa de juros ou de desconto do período.

Assim se afirma que a TIR é a taxa de juros que torna o VPL do fluxo de caixa igual a zero – o ponto de equilíbrio é alcançado quando as despesas são igualadas às receitas e, a partir deste momento, o projeto torna-se lucrativo (FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; GOMES, 2013; WOILER; MATHIAS, 2013).

Gomes (2013) ressalta, ainda, que a apresentação correta de uma análise de investimento é dada por seu fluxo de caixa - as entradas, as saídas e quando elas ocorrem - de onde se pode obter a TIR e o VPL, isto é, os critérios mais usuais para analisar alternativas de investimento. No VPL são considerados os valores presentes dos fluxos positivos (benefícios) e os valores presentes dos fluxos negativos (custos). Se a análise de investimentos for de custos ou desembolsos, é interessante para a empresa a alternativa de

menor valor presente líquido e, se a análise for de receitas ou recebimentos, a melhor alternativa é a de maior valor presente líquido.

Outro importante indicador a ser utilizado é o *Payback* (Período de Recuperação do Capital), que indica qual o retorno do investimento, ou seja, o número de períodos necessários para que seja recuperado o capital investido. Para o investidor que leva em consideração apenas o tempo mínimo possível na recuperação do capital, este é um ótimo método – quanto mais rápido o capital investido retornar, menor é o risco (BRIGHAM; GAPENSKI; EHRHARDT., 2001; BRIGHAM; HOUSTON, 1999; FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; GOMES, 2013; MATHIAS; GOMES, 2008; WOILER; MATHIAS, 2013).

O *Payback* é dado por:

$$P_{payback} = \frac{I_0}{(FCX)_j} \quad (3)$$

Em que: I_0 = investimento do período j ; e $(FCX)_j$ = fluxo de caixa do período j .

Além das tradicionais avaliações econômicas e financeiras, atualmente, com as inovações tecnológicas, a preocupação com o bem estar da sociedade e da preservação do meio ambiente, as avaliações sociais e ambientais também passaram a ter muita importância na avaliação de um projeto (FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; WOILER; MATHIAS, 2013).

A degradação do meio ambiente pela população e pelas empresas privadas ocorre há muito tempo. Chegou-se a um consenso de que o país não pode continuar crescendo a qualquer custo, causando uma deterioração irreversível do ambiente. Nestas condições, tornou-se cada vez mais importante incorporar estas preocupações na análise do projeto. Precisa-se avaliar, do ponto de vista social, se determinado projeto criará, por exemplo, novos postos de trabalho, promoverá o desenvolvimento de técnicas culturais na fixação de populações em áreas carentes e favorecerá o progresso de políticas públicas de incentivo à atração de novos investimentos, proporcionando o desenvolvimento econômico da região (FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; WOILER; MATHIAS, 2013).

Do ponto de vista ambiental, deve-se avaliar, dentre outras coisas, se o projeto fomentará a preservação do meio ambiente ou causará poluição e degradação da reserva nativa. As regulamentações governamentais existentes no Brasil protegem o meio ambiente contra agressões. Por isso, é de suma importância a incorporação de todos estes problemas para a correta avaliação de um projeto (FERREIRA, 2009; FONSECA, 2012; WOILER & MATHIAS, 2013).

2.2 ESTUDOS RECENTES SOBRE VIABILIDADE DO BIODIGESTOR

Em um levantamento bibliográfico recente foram encontrados alguns estudos sobre viabilidade econômica de biodigestores e promoção do desenvolvimento sustentável, em outros setores da economia, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais estudos elaborados sobre biodigestores no agronegócio.

| ARTIGO | PAÍS/SETOR | METODOLOGIA | RESULTADOS |
|-------------------------------|---------------------------|--|--|
| Avaci <i>et al.</i> (2013) | Brasil/Suínos | Avaliação Econômica de Projetos | Redução no custo com energia elétrica; redução no custo com fertilizantes. |
| Elaiyaraju e Partha (2012) | Índia/Fecularia (Tapioca) | Análises Laboratoriais de Resíduos da Mandioca | Redução do custo de produção com a substituição da lenha pelo biogás. |
| Oliveira <i>et al.</i> (2011) | Brasil/Suínos | Estudo de Caso | Redução de 100% no uso de combustíveis fósseis, 50% de energia elétrica e 40% de fertilizantes. |
| Martins e Oliveira (2011) | Brasil/Suínos | Avaliação Econômica de Projetos | Há viabilidade econômica desde que a produção de resíduos seja suficiente para cobrir os custos de produção. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Por exemplo, o trabalho de Avaci *et al.* (2013), um estudo de caso de suínos no oeste do Estado do Paraná no Brasil, apresentou dados importantes na implantação de biodigestores. Após o estudo realizado, concluíram que, aumentando a produção de biogás, o custo da energia elétrica tem redução; quando há venda de crédito de carbono, o custo de produção de energia cai em média 60%; o VPL torna-se positivo quando o tempo de retorno Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

do investimento é de 15 anos e a produção é de 20 h m^{-1} sem a venda de crédito carbono; com a venda de crédito carbono, o VPL torna-se positivo com um tempo de retorno de 10 anos; o produtor economiza (ao usar o biofertilizante e não comprar fertilizantes convencionais) aproximadamente R\$ 145.854,00. Para os autores, a produção de energia elétrica, tendo como fonte o biogás proveniente da cultura suína, não é financeiramente viável. Torna-se economicamente viável quando há renda com a venda de créditos de carbono.

Elaiyaraju e Partha (2012) investigaram a produção de biogás e tratamento de águas residuais em uma indústria de mandioca na Índia. O efluente (biolodo), rico em matéria orgânica, foi coletado em uma estação de tratamento de esgoto. Para a produção de biogás foram utilizados dois mini biodigestores: um com capacidade para 750 ml de águas residuais e um outro com 1250 ml de águas residuais. Ambos foram ajustados para um pH neutro com uma solução de hidróxido de sódio e misturado com biolodo (1000 ml), para avaliar as diferentes cargas orgânicas. O experimento foi realizado na temperatura de 38° C sob condição anaeróbica. As produções de gás foram monitoradas para ambos os mini biodigestores durante um período de 19 dias. Os resultados, obtidos em laboratório, indicaram que: o método de se obter biogás a partir do biolodo mostrou-se eficaz do ponto de vista do custo, uma vez que, no mini biodigestor 1, para cada grama de biolodo foram produzidos 280 ml de biogás; e no mini biodigestor 2, para cada grama de biolodo foram produzidos 320 ml de biogás (a diferença de quantidade de biogás produzido entre um mini biodigestor e outro explica-se pela variação de pH e pela capacidade interna de água residual de cada equipamento).

A pesquisa de Oliveira *et al.* (2011) avalia o estudo de caso de uma propriedade rural de criação de suínos no Município de Caconde, no Estado de São Paulo, no Brasil. Os principais dados foram coletados a partir de entrevistas semiestruturadas. As observações diretas das diversas atividades na propriedade permitiram o acompanhamento dos dados apresentados pelos entrevistados e forneceram uma visão mais detalhada e segura dos objetos de pesquisa. Os autores, após análise e cálculo dos dados, concluíram que o investimento no projeto de biodigestor proporcionou uma economia de 100% nos combustíveis, 50% em energia elétrica, e 40% em fertilizantes, bem como na melhoria da

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

qualidade ambiental e da qualidade de vida dos funcionários. Trinta funcionários da fazenda vivem na propriedade, nas dezessete casas, que têm sistemas de fossa para o tratamento do esgoto – os materiais orgânicos residuais são processados pelo biodigestor – e são abastecidas com a eletricidade gerada a partir do biogás. Os chuveiros nas casas utilizam a água aquecida pelo biogás, minimizando, assim, o uso de chuveiros elétricos, especialmente nos horários de pico.

Martins e Oliveira (2011) investigaram a viabilidade econômica do uso do biogás como fonte alternativa para a geração de energia elétrica em diferentes períodos, a partir de dados obtidos em granjas de produção de suínos, localizadas no Estado de Santa Catarina, no Brasil. O método utilizado para a avaliação econômica foi o Valor Presente Líquido. O tempo de retorno do capital investido também foi calculado levando em consideração o desconto da taxa de juros nos fluxos de caixa. Para eles, o diferencial da investigação encontrava-se no desenvolvimento da análise econômica. Foi necessário estimar a demanda de biogás em função do período de geração de energia e o número de suínos necessário para fornecer o volume de material orgânico residual requerido na alimentação do biodigestor.

O estudo de Martins e Oliveira (2011) demonstrou a viabilidade econômica da produção de energia elétrica com o uso do biogás, gerado a partir da digestão anaeróbia de material orgânico residual de suínos. Embora seja possível a comercialização, os resultados demonstraram ser mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária. No entanto, é necessário que a propriedade tenha equipamentos e instalações que justifiquem os investimentos necessários para a geração e a utilização do biogás. Um fator limitante na viabilidade técnica do sistema de geração de eletricidade é o número de animais necessários para produzir os resíduos que serão transformados em biogás.

Para o projeto em que é necessário investir no biodigestor e no conjunto motor-gerador, os resultados de Martins e Oliveira (2011) indicam que é viável economicamente, na visão de longo prazo, gerar energia em um período de 10 h \leq 1. Neste caso, são

necessários 4.167 suínos para atender à demanda de biogás. Para este nível de geração, o custo anual foi de R\$ 24.908,00, o VPL foi de R\$ 53.398,00, e o *Payback* foi de 54 meses. Na simulação, para um gerador com potência de 40 kW, gerando 200 m³ h⁻¹ de biogás, durante 10 horas h⁻¹, para uma tarifa de R\$ 0,19 kWh⁻¹ obteve-se um VPL de R\$ 50.356,00, receita líquida anual de R\$ 23.648,00 e *Payback* de 58 meses. Na simulação para 22 horas h⁻¹ de geração e tarifa de R\$ 0,20 kWh⁻¹, o VPL foi de R\$ 221.582,00 e o *Payback* foi de 30 meses, ou seja, houve uma redução de 24 meses em relação ao *Payback* de 54 meses.

Em suma, todos os estudos apresentados indicam que projetos que propõem alternativas para um manejo mais sustentável dos materiais orgânicos residuais advindos da agroindústria apresentam-se como uma boa opção de investimentos. E neste ponto, o biodigestor mostra-se como ferramenta muito importante no processo de mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEE). A conversão de matéria orgânica em energia pode ser consumida por meio de vários processos, dependendo do material e do tipo de energia desejada – conforme demonstrado no estudo de Elaiyaraju e Partha (2012).

A implantação de um biodigestor torna-se ainda mais lucrativa quando todo o seu potencial é aproveitado, seja na substituição da lenha pelo biogás, na utilização do efluente como biofertilizante, na produção de energia elétrica/térmica, na venda de créditos de carbono, na redução do impacto ambiental provocado pelos materiais orgânicos residuais lançados no meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida da população.

2.3 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A ECO-INOVAÇÃO

Atualmente, o mundo enfrenta uma crise ambiental nunca vista na história da humanidade (crise causada, em sua maior parte, pela própria intervenção humana). Até a década de 1940 não existia lixo nuclear em nenhum lugar do planeta (DIAS, 2014; MARKOVSKA *et al.*, 2013; WCED, 1987). A dissociação entre o crescimento econômico e o uso exacerbado dos recursos naturais exige mudanças drásticas na sua utilização e reutilização, proporcionando a consolidação da economia verde. É necessário criar uma nova perspectiva de desenvolvimento. Esta nova perspectiva foi apresentada pelo Relatório *Brundtland* – Nosso Futuro Comum (Dias, 2014; Markovska *et al.* 2013; WCED, 1987).

A partir da segunda metade do século XIX, a degradação ambiental e suas desastrosas consequências motivaram vários estudos. Nessa época, o crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios: por um lado, a evolução industrial proporcionou avanços tecnológicos e riqueza, mas, por outro, a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentaram dia-a-dia. Nesse ritmo, estimou-se que os limites ao crescimento neste planeta serão alcançados em algum momento dentro dos próximos 100 anos (2072). O mais provável é que ocorra um súbito e incontrolável declínio, tanto da população como da capacidade industrial (KOOL, 2012; HEINBERG, 2010; HINTERBERGER; GILJUM, 2008; MEADOWS *et al.*, 1972; MEADOWS *et al.*, 1992; ROMEIRO, 2003; SINGER, 2010; STAVINS, 1992).

Estes problemas foram reconhecidos formalmente, em 1972, a partir da publicação do relatório Limites do Crescimento, também conhecido como Relatório *Meadows*, pelo Clube de Roma, em que se constatou a previsível falência dos recursos naturais pela degradação ambiental causada pelo descontrolado crescimento populacional, pela industrialização, poluição, produção de alimentos e uso exacerbado dos recursos naturais (KOOL, 2012; HEINBERG, 2010; HINTERBERGER; GILJUM, 2008; MEADOWS *et al.*, 1972; MEADOWS *et al.*, 1992; ROMEIRO, 2003; SINGER, 2010; STAVINS, 1992).

Os referidos estudos e muitos outros lançaram subsídios para a ideia do desenvolvimento aliado à preservação, que começou a atrair a atenção mundial. Na tentativa de discutir e buscar soluções, neste mesmo ano (1972), a ONU realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CNUMAH) em Estocolmo (GEF/UNCCD, 2011; HANDL, 2012; SOHN, 1973; UN, 1972; 2012A; 2012B; 2013; WCED, 1987).

No início da década de 1980, a ONU retomou o debate das questões ambientais. Indicada pela entidade, a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, chefiou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento para estudar o assunto. A comissão foi criada em 1983, após uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, com o objetivo de promover audiências em todo o mundo e produzir um resultado formal das discussões (BARBIERI *et al.*, 2010; HANDL, 2012; MARKOVSKA *et al.* 2013; WCED, 1987).

O documento final desses estudos intitulou-se *Nosso Futuro Comum* ou *Relatório Brundtland*. Apresentado em 1987, propõe o desenvolvimento sustentável, que é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades. (BARBIERI *et al.*, 2010; GEF/UNCCD, 2011; HANDL, 2012; MARKOVSKA *et al.*, 2013; UN, 2012A, 2012B, 2013; WCED, 1987).

O Relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo, trazendo à tona, mais uma vez, a necessidade de uma nova relação *ser humano-meio ambiente*. Ao mesmo tempo, esse modelo não sugere a estagnação do crescimento econômico, mas essa conciliação entre as questões ambientais e sociais, enfatizando problemas ambientais, como a perda de biodiversidade, as mudanças climáticas e a destruição da camada de ozônio (conceitos novos para a época), e expressando a preocupação com relação ao fato de a velocidade das mudanças exceder a capacidade das disciplinas científicas e das nossas habilidades de avaliar e propor soluções (BARBIERI *et al.*, 2010; GEF/UNCCD, 2011; HANDL, 2012; MARKOVSKA *et al.* 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013; WCED, 1987).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento procurou o consenso internacional para a operacionalização do conceito do desenvolvimento sustentável. A partir dessa conferência, o termo desenvolvimento sustentável ganhou grande popularidade, tornando-se alvo de muitos estudos e tentativas de estabelecimento de políticas de gestão que buscam contemplar os seus princípios centrais. Tratam-se de princípios que devem ser assimilados pelas lideranças de empresas, como uma nova forma de produzir sem degradar o meio ambiente, estendendo essa cultura a todos os níveis da organização, para que seja formalizado um processo de identificação do impacto da produção da empresa no meio ambiente e resulte na execução de um projeto que alie produção e preservação ambiental com uso de tecnologia adaptada a esse preceito (GEF/UNCCD, 2011; HANDL, 2012; MARKOVSKA *et al.* 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013).

Com isso, muitas empresas impulsionadas pelas pressões exercidas pela mídia, sociedade e órgãos governamentais, têm acompanhado toda a cadeia produtiva, com o propósito de assumirem maiores responsabilidades ambientais, e estão, cada vez mais,

preocupadas em torná-la mais verde (AZEVEDO *et al.* 2012; FUSLLER; JAMES, 1996; JAMES, 1997; JOHANSSON; MAGNUSSONN, 1998; KEMP, 2009; KEMP; ARUNDEL, 2009; KEMP; PEARSON, 2008).

Na tentativa de atender os desafios de produzir sem degradar o meio ambiente, aliada à criatividade e novas ideias, surgem as inovações com soluções sustentáveis ou eco-inovações – inovação destinada à obtenção de melhorias radicais ou incrementais de produtos ou processos que contribuam para o desenvolvimento sustentável (KEMP; ARUNDEL, 2009; AZEVEDO *et al.*, 2012; FUSLLER; JAMES, 1996; JAMES, 1997; JOHANSSON; MAGNUSSONN, 1998; KEMP, 2009; KEMP; PEARSON, 2008).

As inovações ambientais deverão ser as diretrizes de uma economia verde, eficiente na utilização dos recursos naturais e energéticos, e que tenham a inclusão social como componente essencial. Neste ponto, o desenvolvimento volta a ser questão central na busca pela solução de problemas básicos, como a melhoria do bem estar econômico, social e ambiental (KEMP; ARUNDEL, 2009; AZEVEDO *et al.* 2012; FUSLLER; JAMES, 1996; JAMES, 1997; JOHANSSON; MAGNUSSONN, 1998; KEMP, 2009; KEMP; PEARSON, 2008).

Quanto a produtos ou processos envolvendo eco-inovação, eles devem fornecer valor ao cliente e à empresa, diminuindo, significativamente, os impactos ambientais. As eco-inovações não se destinam tão somente a produtos ou processos, também a serviço, gestão ou negócio que seja novo para a empresa e que promova ou elimine risco ambiental (poluição e outros impactos negativos do uso de recursos naturais) ao longo de seu ciclo de vida (FUSLLER; JAMES, 1996; JAMES, 1997; KEMP; PEARSON, 2008).

Essa nova perspectiva contribui para o crescimento e desenvolvimento, que tem a eco-inovação como um conceito-chave que combina eficiência econômica associada com a economia de recursos e energia (por meio da reutilização e reciclagem), oferecendo lucros na redução das despesas, melhorando a competitividade (com base no conhecimento e na eco-inovação) aliada à melhoria do desempenho ambiental (DIAS, 2014; JOHANSSON; MAGNUSSONN, 1998; STEVELS, 1997).

3 METODOLOGIA

Este trabalho adotou o método qualitativo e a estratégia de estudo de caso, que representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo *como* e *por que*, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos da vida real (YIN, 2002, 2010).

O tipo de pesquisa utilizado neste trabalho é o exploratório e de análise intensiva de múltiplos casos. Desta forma, pode-se explorar fenômenos empíricos, descobrindo por meio do conhecimento as necessidades mais intrínsecas, ou seja, as características das agroindústrias entrevistadas e as eco-inovações implementadas quanto à viabilidade econômica e aos benefícios ambientais advindos da instalação do biodigestor.

O universo da pesquisa compreende quatro indústrias associadas ao Sindicato das Indústrias Produtoras de Mandioca do Paraná (SIMP) e à Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM), cuja entidade, sem fins lucrativos, criada no Estado do Paraná em 1991, tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento e economia regionais, promovendo a cooperação das indústrias brasileiras desse segmento (ABAM, 2013).

A escolha do universo da pesquisa justifica-se pelos dados apresentados no estudo da SEAB/DERAL (2012) cuja expansão da produção paranaense, acompanhada da ampliação do número de fábricas de farinha e fécula, transformou o Estado do Paraná no maior exportador líquido de farinha para outras regiões, além de se tornar o principal produtor da Região Sul e o 2º no ranking nacional, perdendo apenas para o Estado do Pará, respondendo em média por 70% da produção agrícola na Região Sul e contribuindo com 65% do volume de fécula. O Estado do Paraná tornou-se líder da produção brasileira de fécula, tendo atingido, no ano de 2011, um volume de 366 mil toneladas, ou seja, 71% do total nacional.

A amostra, para realização da pesquisa qualitativa, foi não-probabilística e por quotas (proporcionais), respeitando os seguintes critérios: a indústria deve possuir biodigestor anaeróbio em funcionamento; estar localizada no Estado do Paraná, devido a sua representatividade no setor e na economia; e concordar em participar do projeto e disponibilizar suas instalações para a realização da pesquisa.

A seleção da amostra qualitativa ocorreu por meio de uma parceria firmada com empresa de consultoria em projetos ambientais, responsável pela construção e instalação da tecnologia aplicada de biodigestores. Diante do exposto, quatro são as indústrias escolhidas para a amostra qualitativa - um estudo de caso múltiplo de quatro empresas – buscando reunir o máximo de informações e dados possíveis, que corroborem as teorias no referencial teórico.

O instrumento utilizado na pesquisa qualitativa compõe-se de uma entrevista semiestruturada construída com base na literatura sobre eco-inovação – biodigestor e desenvolvimento sustentável, e realizada com os gestores das quatro empresas processadoras de mandioca participantes do projeto. Todos os gestores entrevistados respondem pela empresa, bem como pelo projeto de implantação do biodigestor. Dos quatro entrevistados, todos possuem nível superior e, destes, três estudaram em outros países, com o objetivo de trazer novos conhecimentos para a empresa. As entrevistas foram gravadas com a permissão prévia dos entrevistados e transcritas na íntegra para a análise de conteúdo realizada pelo software Atlas.ti.

A coleta dos dados iniciou-se pela internet, a partir de uma pesquisa exploratória no website da ABAM, especificamente na opção *lista de associados*, que possui uma divisão de indústrias de máquinas e equipamentos e de indústrias de amido, farinha e fécula. Optou-se pelas indústrias de amido, farinha e fécula, considerando o caráter da eco-inovação, especialmente ao que se refere à avaliação dos resultados de biodigestores anaeróbios. A partir desse levantamento, foi possível organizar e classificar, por Unidade Federativa (UF), todas as indústrias do segmento associadas à ABAM. Buscando ampliar a abrangência da pesquisa, também foram selecionadas as indústrias associadas ao SIMP. À medida que o projeto se desenvolveu, aconteceram, também, visitas para acompanhamento *in loco*, para observação do pesquisador, juntamente com o grupo de pesquisa. Cabe ressaltar que todos os dados financeiros foram obtidos com os próprios gestores por meio das entrevistas.

As entrevistas foram realizadas com os gestores das indústrias em duas ocasiões: nos dias 08, 09 e 10 de abril de 2014 e nos dias 07, 08 e 09 de agosto de 2014, na sede de cada empresa, com duração média de 60 minutos, seguida de uma visita técnica, quando foram

conhecidos os processos ambientais adotados por cada uma delas, além dos dados econômicos necessários para o cálculo da viabilidade econômica do projeto.

De posse dos dados econômicos - investimento, receita e despesa - foi construído o fluxo de caixa projetado para o horizonte de um ano, uma vez que a instalação e o acúmulo de biogás pelo biodigestor se dão em poucos meses que, uma vez obtido, foi demonstrada, ou não, a viabilidade do projeto (VPL, TIR e *Payback*). Como o horizonte do fluxo de caixa é muito curto, isto é, menor que a vida útil do biodigestor, foi considerada uma depreciação mensal estimada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. VIABILIDADE ECONÔMICA

A empresa responsável pela montagem dos biodigestores informou o custo total de cada biodigestor das empresas entrevistadas.

As receitas auferidas com o projeto foram divididas, segundo os gestores, em quatro categorias: (1) Redução da lenha: economia gerada por meio do percentual de desuso, de cada empresa, de lenha; (2) Redução de água: economia gerada a partir do reuso da água, estimada pelos gestores com base nas contas de água antes e após a técnica do reuso; a mandiocultura utiliza muita água para a lavagem da mandioca; com o biodigestor, foi possível a prática de reuso (a mesma água limpa da primeira fase é utilizada na segunda e na terceira fase – antes, só usava-se água limpa em todas as fases); (3) Venda de biofertilizante: como parte do biofertilizante é usada na vegetação da própria empresa e a outra parte é doada para as lavouras vizinhas, os gestores estimaram o valor de venda comparado aos preços cobrados na região, e a quantidade produzida de biofertilizante mensal; e (4) Venda de ração animal: estimada e informada pelos gestores, também comparada aos preços cobrados na região e quantidade produzida de ração mensal.

Para o cálculo da depreciação, o método linear foi utilizado, e consiste na aplicação de taxas constantes durante o tempo de vida útil estimado para o bem. Para os gestores entrevistados, 5%ⁱⁱⁱ é a taxa de depreciação de todo o complexo de biodigestão – levando em consideração que a vida útil da manta é de cinco anos, segundo os gestores.

A taxa mínima de atratividade adotada foi a SELIC de setembro/2014: 10,90% a.a. (VALOR ECONÔMICO, 2014). É o índice pelo qual as taxas de juros cobradas pelos bancos no Brasil se balizam.

Todos os valores dos fluxos de caixa apresentados na Tabela 1 foram arredondados pelos gestores de cada empresa - A, B, C e D - para facilitação de cálculo.

Tabela 1 - Fluxos de caixa das empresas A, B, C e D

| Empresa A | Ano 0 (R\$) (Investimento) | Ano 1 (R\$) | Ano 2 (R\$) |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| (=) Receitas | | 1.200.000,00 | 1.200.000,00 |
| (-) Custos Variáveis | | 31.200,00 | 31.200,00 |
| (=) Margem de Contribuição | | 1.168.800,00 | 1.168.800,00 |
| (-) Custos Fixos | | 783.600,00 | 633.600,00 |
| (=) EBITDA | | 385.200,00 | 535.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Livre | -280.000,00 | 385.200,00 | 535.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Acumulado | | 105.200,00 | 640.400,00 |
| Empresa B | Ano 0 (R\$) (Investimento) | Ano 1 (R\$) | Ano 2 (R\$) |
| (=) Receitas | | 1.560.000,00 | 1.560.000,00 |
| (-) Custos Variáveis | | 124.800,00 | 124.800,00 |
| (=) Margem de Contribuição | | 1.435.200,00 | 1.435.200,00 |
| (-) Custos Fixos | | 809.400,00 | 674.400,00 |
| (=) EBITDA | | 625.800,00 | 760.800,00 |
| Lucro ou Prejuízo Livre | -1.000.000,00 | 625.800,00 | 760.800,00 |
| Lucro ou Prejuízo Acumulado | | -374.200,00 | 386.600,00 |
| Empresa C | Ano 0 (R\$) (Investimento) | Ano 1 (R\$) | Ano 2 (R\$) |
| (=) Receitas | | 1.260.000,00 | 1.260.000,00 |
| (-) Custos Variáveis | | 31.200,00 | 31.200,00 |
| (=) Margem de Contribuição | | 1.228.800,00 | 1.228.800,00 |
| (-) Custos Fixos | | 453.600,00 | 273.600,00 |
| (=) EBITDA | | 775.200,00 | 955.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Livre | -300.000,00 | 775.200,00 | 955.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Acumulado | | 475.200,00 | 1.430.400,00 |
| Empresa D | Ano 0 (R\$) (Investimento) | Ano 1 (R\$) | Ano 2 (R\$) |
| (=) Receitas | | 1.092.000,00 | 1.092.000,00 |
| (-) Custos Variáveis | | 31.200,00 | 31.200,00 |
| (=) Margem de Contribuição | | 1.060.800,00 | 1.060.800,00 |
| (-) Custos Fixos | | 258.600,00 | 33.600,00 |
| (=) EBITDA | | 802.200,00 | 1.027.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Livre | -300.000,00 | 802.200,00 | 1.027.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo Acumulado | | 502.200,00 | 1.529.400,00 |

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Na Tabela 1, é importante destacar alguns pontos: (1) As receitas de cada empresa, oriundas da redução de água e lenha, bem como da venda de biofertilizante e ração animal, seguem uma proporção relativa à cadeia produtiva de cada uma delas. Não há como comparar a receita de uma empresa com a de outra; (2) Percebe-se claramente que o valor do investimento é relativamente baixo em relação à receita gerada de cada empresa; (3) Algumas empresas dispõem de mais custos fixos do que outras, o que interfere no lucro ou prejuízo livre (mesmo com o biodigestor em operação, a maioria das empresas continuou a comprar lenha); (4) Nota-se o fato que, com exceção da empresa B, as demais apresentaram lucro acumulado já no primeiro ano de operação (a produção de biogás é muito rápida – em média, menos de um mês); e (5) A empresa B implantou quatro biodigestores, ao custo médio de R\$ 250.000,00. Segundo o gestor da empresa B, mesmo não havendo projetos de biogás na energia elétrica, a empresa pretende aumentar a produção de subprodutos de mandioca – e para isso precisaria de mais biogás.

De modo geral, ao analisar apenas o fluxo de caixa, pode-se notar que o investimento no biodigestor foi compensador para as empresas que apostaram nesta iniciativa. Mas, para se ter a certeza, é preciso avaliar os indicadores de retorno.

Na Tabela 2 são apresentados os principais indicadores de viabilidade das empresas A, B, C e D.

Tabela 2 - Indicadores de retorno das empresas A, B, C e D

| Empresa A | |
|----------------|-------------|
| VPL | \$502.504 |
| TIR | 123,2% |
| <i>Payback</i> | 10 meses |
| Empresa B | |
| VPL | \$182.889 |
| TIR | 24,0% |
| <i>Payback</i> | 18 meses |
| Empresa C | |
| VPL | \$1.175.669 |
| TIR | 249,5% |
| <i>Payback</i> | 7 meses |

| Empresa D | |
|----------------|-------------|
| VPL | \$1.258.557 |
| TIR | 262,0% |
| <i>Payback</i> | 7 meses |

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

O primeiro item a ser observado é que o VPL de todas as empresas é positivo, ou seja, vale a pena investir no projeto; o segundo é que a TIR é maior que a TMA, demonstrando, mais uma vez, que o investimento pena é viável; e o terceiro, o *Payback*, indica o tempo de retorno do valor investido. Com exceção da empresa B, as demais obtiveram o retorno em menos de um ano, o que é muito satisfatório. Cabe aqui uma ressalva: os percentuais da TIR elevados justificam-se pela relação entre o valor do investimento, muito baixo, e os valores de lucro livre, do fluxo de caixa, muito altos. O que corrobora, mais uma vez, com a realização do investimento.

O uso de biodigestores é um importante meio de melhorar as condições sanitárias das propriedades, resultando em benesses para a saúde do trabalhador e para o meio ambiente, sendo uma importante alternativa aos gestores de atenderem a crescente elevação das barreiras sanitárias impostas, tanto pelo mercado interno quanto externo.

Outro ponto importante ainda tratado neste trabalho é a geração de energia térmica e, no futuro próximo, também a geração de energia elétrica, a partir do biogás gerado no processo de tratamento do material orgânico residual, o que contribui para a queda do uso de combustíveis fósseis e redução ou desuso da lenha, evitando o desmatamento.

Esta tecnologia limpa mostrou-se um instrumento para a viabilização de tecnologias mais limpas, que promovem a melhoria da qualidade ambiental dos locais onde o projeto for instalado. Todos os indicadores econômicos e financeiros apresentados permitem afirmar que o uso de biogás como fonte de energia térmica é economicamente e financeiramente viável na mandiocultura.

O agronegócio tem importância vital para a economia brasileira, e a identificação das estratégias presentes nesse segmento, mediante uma abordagem fundamentada em casos reais, boas práticas e indicadores de viabilidade, revela-se pertinente (SOARES; JACOMETTI, 2015).

O investimento inicial é aparentemente baixo, em relação ao faturamento da maioria das indústrias processadoras de mandioca. Porém, como é possível obter subprodutos desse processo, como o biofertilizante e a ração animal, a indústria passa a ter uma perspectiva econômica maior. A renda proporciona acumulação de capital, fato que permite investimentos na produção com consequentes ganhos de competitividade do setor.

Com isso, as empresas garantem uma fonte de renda adicional ao seu negócio principal, o governo ganha por meio da solução de um grave problema ambiental a partir do tratamento de material orgânico residual, consolidando mais uma fonte de energia limpa e segura, e o setor agroindustrial ganha mais competitividade através de um crescimento econômico e responsável.

O processo de mudança em busca da sustentabilidade tem recebido o enfoque da inovação como base para a construção de dinâmicas para uma transição (SILVA; ZEN, 2014).

Esta transição ocorrerá no momento em que, da mesma forma, que a inovação conduz ao desenvolvimento econômico, reaprender-se que, agora, a eco-inovação é uma estratégia que guiará a humanidade rumo ao desenvolvimento sustentável.

Por ser uma estratégia de menor risco, mesmo que não intencionalmente, a inovação acaba sendo a estratégia adotada por muitas empresas (Pereira *et al.*, 2014).

Dentro desta perspectiva, os princípios de sustentabilidade são contemplados: há progresso econômico aliando questões sociais e ambientais que atendam às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras satisfaçam as suas próprias necessidades.

Os desafios associados à sustentabilidade, vistos a partir da perspectiva dos negócios, podem ajudar a identificar estratégias e práticas que tornem as empresas mais competitivas e que, ao mesmo tempo, contribuam para um mundo mais sustentável. A capacidade de inovação das empresas é o meio que permite que tais estratégias e práticas sejam viabilizadas e que, consequentemente, seja gerado valor ao consumidor em diversas dimensões.

4.2. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Todas as empresas participantes do projeto apresentavam, como sistema de manejo de material orgânico residual, lagoas anaeróbias, que resultavam em grandes emissões de

Gases do Efeito Estufa (GEE). Para preservar a identidade das empresas visitadas, elas serão denominadas empresa A, B, C e D, bem como os gestores.

As empresas em questão causavam não só a poluição do solo, uma vez que o material orgânico residual era descartado no próprio terreno, também a poluição hídrica, já que o material orgânico em decomposição escorria para os rios, riachos e lagos próximos. Há que se mencionar o forte odor putrefato que se espalhava pela região, atingindo as comunidades próximas às empresas, atraindo roedores e insetos, causando sérios problemas ambientais, como a destruição dos recursos naturais renováveis, especialmente a água, bem como de seres que lá habitavam.

Em todas as propriedades foi instalado o mesmo modelo de biodigestor, chamado de Modelo da Marinha Brasileira ou Modelo Canadense, apenas com dimensões diferentes, projetados de acordo com a carga orgânica residual de cada empresa. O biodigestor, atualmente, é uma alternativa para minimizar os impactos negativos causados pela atividade agroindustrial. A partir da sua implantação, os materiais orgânicos residuais produzidos em cada uma das quatro empresas pesquisadas ganham um destino adequado, com efetivos retornos aos proprietários. Assim sendo, ocorre melhora na qualidade de vida dos produtores rurais e, também, da população em geral, que depende do meio ambiente para sobreviver.

Segundo os gestores entrevistados, o tratamento do material orgânico residual, por meio da biodigestão, possui grandes vantagens, pois auxilia na transformação de gases prejudiciais em fonte de energia. Diante deste contexto, os gestores afirmaram que a biodigestão anaeróbia ajuda a minimizar impactos negativos que são gerados ao meio ambiente, uma vez que todo material orgânico residual, outrora lançado no meio ambiente, agora é canalizado para o biodigestor, eliminando odores, bem como roedores e insetos.

O biogás produzido durante o processo anaeróbio de tratamento do biodigestor é queimado na fornalha. O calor gerado sobe pela tubulação até o local onde está a mandioca moída para a secagem, convertendo-a em farinha, fécula, amido, polvilho, etc.

Nas propriedades visitadas, os efluentes tratados são utilizados para a ferti-irrigação na lavoura de produtores rurais da região. A partir da análise do solo encomendada pelos gestores, constatou-se que as áreas onde foram aplicadas a ferti-irrigação dos efluentes não só mantiveram as características físico-químicas do solo preservadas, como a vegetação apresentou um aspecto mais viçoso.

Na Tabela 3 pode-se constatar os benefícios adquiridos com a implantação do biodigestor. Utilizando o software de análise de conteúdo Atlas.ti, os benefícios informados pelos gestores foram separados por categoria – benefícios de redução, de utilização, de novos projetos e de produção:

Tabela 3 - Benefícios com o biodigestor

| BENEFÍCIOS | Empresas | | | |
|----------------------------------|----------|-----|-----|------|
| | A | B | C | D |
| Redução | | | | |
| GEE na atmosfera | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Consumo de água | 60% | Sim | Sim | 60% |
| Queima de lenha | 50% | 50% | 75% | 100% |
| Odores/insetos | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Utilização | | | | |
| Queimador | Não | Sim | Não | Sim |
| Vibrador | Sim | Não | Não | Sim |
| Ventilador | Não | Sim | Sim | Sim |
| Biogás (mil m ³ /mês) | 70 | 55 | 80 | 80 |
| Madeira de reflorestamento | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Biofertilizante | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Ração animal | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Projetos | | | | |
| Energia elétrica | Não | Não | Sim | Sim |
| Produção | | | | |
| Aumento da produção | Não | Não | Não | Não |

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Destaca-se, primeiramente, o último item da Tabela 1: todos os gestores foram unânimes ao afirmar que o biodigestor em nada interfere no aumento ou na diminuição da produção. A única modificação está relacionada ao desuso da lenha em prol do biogás.

Estes biodigestores foram instalados, em média, há pouco mais de um ano. Esta é a razão pela qual, segundo os gestores, algumas empresas ainda não fazem uso de 100% da capacidade do biogás ou da redução de lenha.

Os gestores das empresas preferem manter uma reserva de lenha, caso o biodigestor pare de funcionar, por exemplo, ou vazamentos provocados por rasgos na manta que recobre a lagoa, impedindo o acúmulo do gás metano, do que ter que parar a produção, aguardando uma solução.

Todos os gestores afirmaram que houve redução da emissão de gases lançados na atmosfera, uma vez que os mesmos ficam encapsulados no biodigestor e são levados até a fornalha por tubulações de PVC subterrâneas. O fato mais importante é que as reclamações por parte das comunidades circunvizinhas às empresas processadoras de mandioca cessaram, tanto pelos odores putrefatos quanto pelo desaparecimento de insetos e roedores, quando o material orgânico residual era lançado no terreno ao céu aberto. Os próprios gestores recebiam, diretamente, diversas reclamações.

Entre as quatro empresas entrevistadas, duas delas já estão investindo em projetos de conversão de biogás em energia elétrica. Segundo seus gestores, existe um excedente de biogás que pode e deve ser aproveitado para este fim. O gestor da empresa D calcula que, inicialmente, reduzirá o gasto com energia elétrica em 50%.

Quanto aos dois últimos itens, biofertilizante e ração animal, por serem geradores de receita advinda do investimento (biodigestor), serão utilizados no estudo de viabilidade econômica mais à frente – para se chegar ao valor de receita, obteve-se, dos gestores, estimativa de valores de venda para ambos os produtos. Cabe aqui, apenas, ressaltar que todas as empresas entrevistadas produzem biofertilizante (resíduo líquido) e ração animal (resíduo sólido).

No caso do biofertilizante, segundo os gestores, parte dele é utilizado para fertirrigar a área de vegetação onde a indústria está instalada, e o restante é doado. No caso da ração animal, a massa residual sólida é enviada para o lado externo da fábrica na casa das

massas, onde esse resíduo é armazenado e destinado para consumo animal (totalmente doado aos produtores da região).

Os gestores entrevistados ressaltaram, ainda, que a ração animal é obtida quando a raiz da mandioca passa pelo processo de moagem e peneiragem, originando a farinha de raspas. Esta farinha é considerada um dos principais ingredientes neste segmento, em função da vantagem custo-benefício proporcionada pela mandioca, quando comparada à ração obtida do milho ou do trigo, por exemplo.

4.3. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E VIABILIDADE ECONÔMICA

Comparando este estudo com os apresentados na Revisão de Literatura – Estudos Recentes sobre o Biodigestor, observa-se que este corrobora os estudos de Avaci *et al.* (2013) e Oliveira *et al.* (2011), no que diz respeito à redução no custo com fertilizantes, uma vez que são adquiridos do próprio biodigestor e seu excedente pode ser vendido aos agricultores vizinhos. No que diz respeito à redução do custo de produção com a substituição da lenha pelo biogás, este estudo traça um paralelo com o estudo de Elaiyaraju e Partha (2012).

Para estes autores, o biogás é uma excelente fonte de energia. O custo de tratamento é, também, muito menor, no caso de um sistema anaeróbio, e sua recuperação a partir de efluentes pode substituir o uso de lenha, que reduz o custo de produção e melhora a qualidade do produto. Um método alternativo para o aproveitamento do biogás excedente é a produção de eletricidade.

Consideram, os mesmos autores, que a recuperação de biogás a partir de um sistema de tratamento de águas residuais (biodigestor) tem mostrado grande potencial para processadores de fécula de mandioca (que requer grandes volumes de água). Estes processadores geram grandes quantidades de resíduos sólidos e líquidos. A carga altamente orgânica de águas residuais pode ser tratada eficazmente, usando um biodigestor em escala, produzindo bioenergia para diversos fins: produção de energia elétrica, térmica (substituindo o uso da lenha em fornalhas), reciclar a água do processo de biometanização e usá-la para fins de irrigação, etc. A lama digerida do sistema anaeróbio pode ser usada como

adubo (biofertilizante). Por último, os autores reforçaram o caráter econômico, social e ambiental de um projeto de implantação de um biodigestor para o desenvolvimento sustentável (ELAIYARAJU; PARTHA, 2012).

O biodigestor mostrou-se, também, um instrumento capaz de propiciar a qualidade ambiental no estudos de Oliveira *et al.* (2011). O uso desta tecnologia propicia o cumprimento da legislação ambiental vigente. Outro ponto importante a ser ressaltado é que, no aproveitamento de material orgânico residual para a geração de energia, evita-se a utilização de combustíveis fósseis e da lenha (o que reduz, drasticamente, o desmatamento). Todos estes fatos foram corroborados na presente pesquisa.

Vale lembrar, ainda, que o estudo de Martins e Oliveira (2011), tal qual a presente pesquisa, demonstrou que a implantação de projetos de biodigestores associados a biosistemas, visando à produção de energia e fertilizante e, principalmente, à diminuição da poluição das águas e solo por material orgânico residual, é um fator positivo. Constatou-se que o biodigestor agrega valor, desde que seja observada a quantidade de material orgânico residual disponível (quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos, maior será a quantidade de biogás produzido – que é o caso da mandiocultura), especialmente se sua implantação visar apenas à produção de energia alternativa. Para que se torne ainda mais eficaz, o biogás e o biofertilizante devem ser utilizados plenamente, e o biodigestor deve fazer parte de um biosistema integrado, envolvendo outras atividades agrícolas. Ficou evidenciado que a tecnologia dos biodigestores apresenta condições de auxiliar na solução de muitos problemas criados pela prática da agroindústria (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade consiste em encontrar meios de produção, distribuição e consumo dos recursos existentes de forma mais coesiva, economicamente eficaz e ecologicamente viável. E um dos principais desafios da sustentabilidade é a conscientização de que ela é um processo a ser percorrido, e não algo definitivo a ser alcançado.

Para que o desenvolvimento sustentável possa crescer, torna-se necessário apresentar propostas viáveis de geração de riqueza, sem depender dos recursos naturais.

Também demonstrar que projetos eco-inovadores são capazes de promover o desenvolvimento econômico, gerando qualidade de vida sem agredir o meio ambiente.

Este trabalho demonstrou que, para indústria processadora de mandioca no Estado do Paraná, utilizar o biogás como fonte de energia térmica é totalmente viável. Levando em conta os ganhos ambientais, o biodigestor é um excelente método de tratamento de resíduos, propiciando um desenvolvimento sustentável e contínuo, desde que seja dimensionado de forma correta e eficiente, além de também apresentar potencial de receita com biofertilizante e ração animal, subprodutos do biodigestor na mandiocultura.

É notório o fato de que qualquer tipo de estudo apresenta certas limitações. Tais limites explicam-se porque os assuntos tratados ocorrem, via de regra, em ambientes dinâmicos, com mudanças ocorrendo em grande velocidade e escala. Com isso, é inegável que, findo determinado estudo, não só algumas variáveis deixem de ser analisadas, como diversas outras podem aparecer durante o transcorrer da elaboração da pesquisa. No caso da mandiocultura, inovações incrementais podem ser implantadas na cadeia produtiva gerando mais receita ou, até mesmo, redução de custos, fatores estes que não foram tratados no presente estudo.

Outra limitação encontra-se no tamanho da amostra (quatro casos). Há que se considerar que, com amostras maiores (10, 20, 50 ou 100), podem-se realizar análises quantitativas (através de questionários) complementares ao estudo qualitativo.

Por fim, não se pode deixar de ressaltar que a pesquisa em questão refere-se à indústria processadora de mandioca paranaense. Para estudos futuros, entretanto, é fundamental que sejam realizados outros levantamentos, em outros Estados onde a mandioca é cultivada, e ainda, estudos futuros comparando o setor da mandiocultura com outro setor dentro do agronegócio (o milho, por exemplo) que também adote a tecnologia de biodigestores. Só assim será possível obter resultados mais efetivos, ainda que não levem a conclusões e a generalizações. Neste sentido, espera-se que este trabalho possa servir de material instigador para a realização de estudos mais abrangentes, voltados para a compreensão dos benefícios ambientais e econômicos dos biodigestores na cultura da mandioca no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Produção Brasileira de Fécula de Mandioca**. 2013. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso em: 19 jun. 2013.
- AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; WERNCKEN, I.; CHAVES, L. I. Financial Economic Scenario for the Microgeneration of Electric Energy from Swine Culture-Originated Biogas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 272–276. 2013.
- AZEVEDO, S. G.; CUDNEY, E. A.; GRILO, A.; CARVALHO, H.; CRUZ-MACHADO, V. **The Influence of Eco-Innovation Supply Chain Practices on Business Eco-Efficiency**. 2012. Disponível em: <<http://mpa.ub.uni-muenchen.de/42704/>>. Acesso em: 24 fev. 2012.
- BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.
- BLEY, C. Libânio, J. C., Galinkin, M., & Oliveira, M. M. (2009). **Na Idade da Lenha**. 2013. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org.br>>. Acesso em: 11 jun. 2013.
- BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- DIAS, R. **Eco-inovação: Caminho para o Crescimento Sustentável**. São Paulo: Atlas, 2014.
- ELAIYARAJU, P.; PARTHA, N. Biogas Production from Sago (Tapioca) Wastewater using Anaerobic Batch Reactor. **Energy & Environment**, v. 23, n. 4, p. 631-645, 2012.
- FERREIRA, R. G. **Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento**. São Paulo: Atlas, 2009.
- FONSECA, J. W. F. **Elaboração e Análise de Projetos**. São Paulo: Atlas, 2012.
- GEF – Global Environment Facility & UNCCD – United Nations Convention to Combat Desertification. **Land for Life: Securing Our Common Future**. Washington: GEF/UNCCD, 2011.
- GOMES, J. M. **Elaboração e Análise de Viabilidade Econômica de Projetos**. São Paulo: Atlas, 2013.
- HANDL, G. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment** (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992. United Nations Audiovisual Library of International Law. 2012. Disponível em: <<http://legal.un.org/avl/ha/dunche/dunche.html>>. Acesso em: 21 fev. 2014.
- HEINBERG, R. Beyond the Limits to Growth. In Heinberg, R. & Lerch, D. (Eds.). **The Post Carbon Reader: Managing the 21st Century's Sustainability Crises** (p. 1-8). California: Watershed Media, 2010.
- Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

- HINTERBERGER, F.; GILJUM, S. Dematerializing cities: From Measurement to Action beyond the Limits to Growth. In: **Conaccount 2008** "URBAN METABOLISM: MEASURING THE ECOLOGICAL CITY" – Prague, Czech, 2008.
- JAMES, P. The Sustainability Cycle: A New Tool for Product Development and Design. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 2, p. 52-57, 1997.
- JOHANSSON, G.; MAGNUSSON, T. **Eco-innovations** – A Novel Phenomenon? *The Journal of Sustainable Product Design*, v. 7, p. 7-15, 1998.
- KEMP, R. From End-of-Pipe to System Innovation. In: **Druid Summer Conference - Copenhagen** - Denmark, 2009.
- KEMP, R.; ARUNDEL, A. Measuring Eco-innovation. In: United Nations University – Maastricht Economic And Social Research And Training Centre On Innovation And Technology – UNU-MERIT – **Working Paper Series**. Netherlands, 2009.
- KEMP, R.; PEARSON, P. **Measuring Eco-Innovation**: Final Report MEI Project about Measuring Eco-innovation. Brussels: EC, 2008.
- KOOL, R. Limits to Growth, Environmental Science and the Nature of Modern Prophecy. **Journal for Interdisciplinary Research on Religion and Science**, v. 10, p. 273-289. 2012.
- LEITE, L.E.C.; MONTEIRO, J.H.P. Aterros Sanitários e Créditos de Carbono: Oportunidades para Ajudar a Resolver o Problema Ambiental. **Revista de Administração Municipal**. 2005. Disponível em: <<http://lam.ibam.org.br>>. Acesso em: 09 mai 2013.
- MARKOVSKA, N.; DUIC, N.; GUZOVIC, Z.; MATHIESEN, B. V.; LUND, H. **Our Common Future** – 25 Years Later: Sustainable Development WHAT´S, HOW´S and WHO´S of Energy, Water and Environment Systems. *Energy (Oxford)*, v. 57, p. 1-3. DOI: 10.1016/j.energy.2013.07.006, 2013.
- MARTINS, F.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise Econômica da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás na Suinocultura. **Engenharia Agrícola** – Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486. 2011.
- MATHIAS, W. F.; GOMES J. M. **Matemática Financeira**. São Paulo: Atlas, 2008.
- OLIVEIRA, S. V. W. B.; LEONETI, A. B.; CALDO, G. M. M.; OLIVEIRA, M. M. B. Generation of Bioenergy and Biofertilizer on a Sustainable Rural Property. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 2608-2618. 2011.
- PEREIRA, J. M.; BARBOSA, J. G. P.; BOUZADA, M. A. C.; FREITAS, A. S. Relação entre Inovação e Estratégia: Um Estudo de Caso em uma Empresa de TIC. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 2, p. 68-98, 2014.
- ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento Sustentável**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003.

- SILVA, C. L.; FREIRE, W. J. R.; BASSETO, L. I. Mercado de Carbono e Instituições: Oportunidades na Busca por um Novo Modelo de Desenvolvimento. **Interciência**, v. 37, n. 1, p. 08-13, 2012.
- SILVA, M. E.; ZEN, A. C. O Contexto Base da Inovação Rumo à Transição para a Sustentabilidade: Um Ensaio sob uma Perspectiva Complexa. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 61-86, 2014.
- SINGER, M. Eco-nomics: Are the Planet-Unfriendly Features of Capitalism Barriers to Sustainability? **Sustainability**, v. 2, p. 127-144. DOI:10.3390/su2010127, 2010.
- SOARES, T. C.; JACOMETTI, M. Estratégias que Agregam Valor nos Segmentos do Agronegócio no Brasil: Um Estudo Descritivo. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 8, n. 3, p. 92-120, 2015.
- SOHN, L. B. The Stockholm Declaration on the Human Environment. **The Harvard International Law Journal**, v. 14, n. 3, p. 422-515. 1973.
- STAVINS. R. N. Comments on "Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited" by William D. Nordhaus. **Brookings Papers on Economic Activity**, v. 2, p. 43-53, 1992.
- STEVENS, I. A. L. N. Moving Companies towards Sustainability through Eco-Design: Conditions for Success. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 3, p. 47-55, 1997.
- UN – United Nations. **Report of the United Nations Conference on the Human Environment**. New York: United Nations Publications, 1972.
- UN – United Nations. **Back to Our Common Future: Sustainable Development in the 21st Century (SD21) Project**. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 2012a.
- UN – United Nations. **The Future We Want**. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 2012b.
- UN – United Nations. **Global Sustainable Development Report – Executive Summary: Building the Common Future We Want**. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 2013.
- VALOR ECONÔMICO. **Taxa Selic**. 2014. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/financas>>. Acesso em: 12 out. 2014.
- WCED – World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. United Kingdom: Oxford University Press, 1987.
- WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projetos: Planejamento – Elaboração – Análise (2ª Edição)**. São Paulo: Atlas, 2013.
- YIN, R.K. **Case study research: Design and Methods**. Applied Social Research Methods Series, vol. 5, third ed. Sage Publications, Inc, 2002.
- Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.9, n.3, set./dez. 2016.

YIN, R.K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 4 ed. São Paulo: Artmed Editora S/A, 2010.