

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - PPGA**

**ALEXANDRE RODRIGUES DA SILVA**

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

**São Paulo  
2015**

**ALEXANDRE RODRIGUES DA SILVA**

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

**ECONOMIC FEASIBILITY AND ENVIRONMENTAL BENEFITS OF APPLIED  
TECHNOLOGY BIODIGESTERS CASSAVA PROCESSORS ENTERPRISES OF  
PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Administração.

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CLAUDIA  
BRITO SILVA CIRANI**

**São Paulo  
2015**

Silva, Alexandre Rodrigues da.

Viabilidade econômica e benefícios ambientais de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná. /

Alexandre Rodrigues da Silva. 2015.

213 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo, 2015.

Orientador (a): Profa. Dra. Claudia Brito Silva Cirani.

1. Inovação. 2. Biodigestor. 3. Biogás. 4. Mandioca. 5. Desenvolvimento sustentável.

I. Cirani, Claudia Brito Silva.

II. Título

CDU 658

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

Por

Alexandre Rodrigues da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA da Universidade Nove de Julho – UNINOVE como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Administração, sendo a banca de examinadora formada por:

---

Presidente: Prof. Dra. Claudia Brito Silva Cirani – Orientador, UNINOVE

---

Membro Interno: Prof. Dra. Claudia Terezinha Kniess, UNINOVE

---

Membro Externo: Prof. Dr. Silas Derenzo, IPT

**São Paulo, 06 de março de 2015.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

À minha esposa, Monica Castro V. R. da Silva, pelos inúmeros estímulos, orientações, paciência e exemplo de força, coragem e amor verdadeiro.

Ao meu pai por acreditar em mim e à minha mãe, que partiu antes mesmo de presenciar meu ingresso no mestrado acadêmico, pelo apoio e amor incondicional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) pela credibilidade e apoio ao Projeto Pró-Estratégia.

À minha orientadora, Prof. Dra. Cláudia Brito Silva Cirani, pela sabedoria e paciência no decorrer do caminho.

A todos os professores do corpo docente da UNINOVE que, com ensinamentos e orientações, foram referenciais para mim.

Aos meus colegas de mestrado do PPGA que não me deixaram desistir. Sinto que nós percorremos este caminho juntos, nos complementando e nos fortalecendo. Obrigado pela rica troca e cumplicidade.

À Kharolyn e ao Eduardo (Planotec Biodigestores) pelo apoio, dedicação, amizade e confiança durante nosso projeto ao percorrer, incansavelmente, as estradas do Paraná, dia e noite, entre uma feccularia e outra.

Enfim, o meu “Obrigado Senhor” ao melhor presente que Ele reservou para mim: o meu filho Fellipe que, mesmo sem entender minhas ausências e viagens de pesquisa, soube compreender o que o “papai” estava fazendo em nome da ciência.

*"Todo o futuro da nossa espécie, todo o governo das sociedades, toda a prosperidade moral e material das nações dependem da ciência, como a vida do homem depende do ar. Ora, a ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental. Perceber os fenômenos, discernir as relações, comparar as analogias e as dessemelhanças, classificar as realidades, e induzir as leis, eis a ciência; eis, portanto, o alvo que a educação deve ter em mira. Espertar na inteligência nascente as faculdades cujo concurso se requer nesses processos de descobrir e assimilar a verdade."*

*(Rui Barbosa)*

## RESUMO

O tratamento anaeróbio de efluentes em biodigestores gera o biogás, que quando emitido diretamente para atmosfera contribui para o efeito estufa global e deixa de ser aproveitado para fins energéticos. Para a geração do biogás, é necessária a existência de uma infraestrutura, cuja peça principal é o biodigestor. No Brasil, boa parte do material orgânico residual<sup>1</sup> advém da cultura da mandioca, principalmente no Estado do Paraná. O crescimento econômico desordenado desse agronegócio gerou desmatamento e poluição ambiental (o material orgânico residual era lançado no meio ambiente ocasionando a poluição do solo e dos rios da região). O objetivo geral deste trabalho é investigar se há viabilidade econômica de um projeto de implantação de biodigestores em empresas processadoras de mandioca no Estado do Paraná, os benefícios ambientais observados e se os gestores adotam práticas de eco-inovação e práticas verdes de gestão. O método utilizado é o de natureza qualitativa com entrevista semiestruturada e questionário. A entrevista contém informações sobre os dados econômicos do projeto (investimento, receita e despesa), os benefícios ambientais após a implantação do biodigestor e a cadeia produtiva da mandioca, cuja análise de conteúdo foi realizada pelo software Atlas.ti. O questionário apresenta dados sobre as práticas de eco-inovação e práticas verdes de gestão, adotando-se a análise de dados cruzada de estudos de caso (cross-case). O estudo demonstrou que a geração de energia à base de biogás a partir do material orgânico residual da mandioca é economicamente viável, benefícios ambientais foram proporcionados e que os gestores adotam práticas de eco-inovação e de gestão verde, ampliando as alternativas energéticas e atendendo ao tripé da inovação sustentável (desenvolvimento social, econômico e ambiental). Como importantes contribuições, o projeto oferece para o universo acadêmico: uma proposta de estudo na área científica no que diz respeito à tecnologia de biodigestores a partir do material orgânico residual de mandioca para o desenvolvimento sustentável; e para o universo corporativo: uma oportunidade de inovação sustentável com obtenção de retorno do valor investido, além da vantagem competitiva frente ao mercado no qual está inserido.

**Palavras chave:** Inovação, Biodigestor, Biogás, Mandioca, Viabilidade Econômica, Desenvolvimento Sustentável, Eco-inovação, Gestão Verde.

---

<sup>1</sup> Também conhecido como efluente. Os efluentes líquidos são geralmente despejos provenientes de estabelecimentos industriais (efluente industrial) ou resultantes das atividades humanas (efluente doméstico) que são lançados no meio ambiente. Os efluentes líquidos são considerados um dos maiores poluidores dos corpos d'água e por isto tem sido de suma importância controlar a qualidade dos mesmos, a fim de evitar e minimizar os danos ambientais advindos dessa problemática.

## **ABSTRACT**

The anaerobic effluent treatment in digesters generates biogas, which when emitted into the atmosphere contributes to global greenhouse effect and fails to be used for energy purposes. For the generation of biogas, the existence of an infrastructure is required, which is the main part digester. In Brazil, much of the residual organic material comes from cassava, especially in the state of Paraná. The disorderly economic growth of agribusiness generated deforestation and environmental pollution (residual organic material was released into the environment causing pollution of soil and rivers of the region). The aim of this study is to investigate whether there is economic feasibility of a biodigester deployment project in cassava processing companies in the state of Paraná, the observed environmental benefits and managers adopt practices of eco-innovation and green management practices. The method used is qualitative with semistructured interview and questionnaire. The interview contains information about the economic data of the project (investment, income and expenses), the environmental benefits after the implementation of the digester and the manioc production chain, whose content analysis was performed by Atlas.ti software. The questionnaire provides data on the practices of eco-innovation and green management practices, adopting cross-data analysis of case studies (cross-case). The study demonstrated that the generation of biogas-based energy from organic waste material cassava is economically viable, environmental benefits were provided and that managers adopt practices of eco-innovation and green management, expanding energy alternatives and given the tripod of sustainable innovation (social, economic and environmental). How important contributions, the project offers to the academic world: a proposal for study in science with regard to the biodigester technology from the residual organic material cassava for sustainable development; and the corporate world: an opportunity for sustainable innovation with obtaining return of the amount invested, plus the competitive advantage to the market in which it operates.

**Keywords:** Innovation, Biodigester, Biogas, Cassava, Economic Viability, Sustainable Development, Eco-innovation, Green Management.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxograma do processo de biodigestão	17
FIGURA 2 – Biodigestor	20
FIGURA 3 – Triple Bottom Line – O Tripé da Sustentabilidade	85
FIGURA 4 – Triple Bottom Line – 3 P's (People – Planet – Profit)	85
FIGURA 5 – Lagoa anaeróbia com início da formação de GEE	131
FIGURA 6 – Biodigestor com formação de GEE completa	132
FIGURA 7 – Caminhão basculante utilizado para o transporte da mandioca	133
FIGURA 8 – Rampa elevatória para despejo da mandioca dentro do vibrador	134
FIGURA 9 – Etapa de descascamento e lavagem simultâneas da mandioca	135
FIGURA 10 – Peneiras rotativas GLS utilizadas para separar o amido da fibra de mandioca	135
FIGURA 11 – Fluxograma da cadeia produtiva da mandioca	137
FIGURA 12 – Biogás queimando na fôrnelha para geração de calor e secagem da mandioca moída	138
FIGURA 13 – Lagoas para efluente tratado pelo biodigestor	138
FIGURA 14 – Efluente tratado pelo biodigestor a ser utilizado na ferti-irrigação	139
FIGURA 15 – Processo artesanal de secagem do polvilho	142
FIGURA 16 – Pátio destinado à reserva de lenha e, ao fundo, o biodigestor com formação de GEE	144
FIGURA 17 – Peneira vibratória horizontal	146
FIGURA 18 – Peneira vibratória horizontal (modelo esquemático)	147
FIGURA 19 – Queimador (centro da foto) acoplado à tubulação (mais à direita na foto)	148
FIGURA 20 – Fluxograma da cadeia produtiva da mandioca – Recorte do reuso da água	149
FIGURA 21 – Ventilador industrial (centro da foto) acoplado à tubulação	150
FIGURA 22 – Ranking das práticas de eco-inovação	162
FIGURA 23 – Ranking das medidas de desempenho	164
FIGURA 24 – Ranking da entrada verde	168
FIGURA 25 – Ranking da produção verde	170
FIGURA 26 – Ranking da saída verde	172
FIGURA 27 – Ranking de competitividade	173
FIGURA 28 – Ranking de desempenho econômico	174

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Principais estudos elaborados sobre biodigestores no agronegócio	37
QUADRO 2 – O que é inovação	53
QUADRO 3 – Componentes da organização inovadora	56
QUADRO 4 – Principais medidas para o desenvolvimento sustentável	65
QUADRO 5 – Principais metas para o desenvolvimento sustentável	65
QUADRO 6 – Principais medidas para um desenvolvimento sustentável mínimo	66
QUADRO 7 – Principais direcionadores por tipo de eco-inovação e fontes de dados	74
QUADRO 8 – Estrutura de direcionadores de eco-inovação	75
QUADRO 9 – Categorias de análise das eco-inovações	76
QUADRO 10 – Política de resíduos sólidos – princípios e objetivos	90
QUADRO 11 – Variáveis para o desenvolvimento dos construtos	94
QUADRO 12 – Matriz de Amarração Metodológica	118
QUADRO 13 – Perfil das 10 empresas (entrevistadas) processadoras de mandioca do Paraná	140

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção mundial de mandioca (em milhões de toneladas) – países selecionados	25
TABELA 2 – Produção e área ocupada de mandioca – Brasil e Paraná	26
TABELA 3 – Área/Produção/Produtividade da mandioca nos principais estados do Brasil	27
TABELA 4 – Produção de fécula de mandioca – estados selecionados do Brasil	29
TABELA 5 – Produção de mandioca – principais regiões do Paraná	29
TABELA 6 – Fluxo de caixa	122
TABELA 7 – Consumo (ton/mês) da cadeia produtiva da mandioca	141
TABELA 8 – Benefícios com o biodigestor	143
TABELA 9 – Fluxo de Caixa – Empresa A	153
TABELA 10 – Fluxo de Caixa – Empresa B	153
TABELA 11 – Fluxo de Caixa – Empresa C	154
TABELA 12 – Fluxo de Caixa – Empresa D	154
TABELA 13 – Fluxo de Caixa – Empresa E	154
TABELA 14 – Fluxo de Caixa – Empresa F	154
TABELA 15 – Fluxo de Caixa – Empresa G	155
TABELA 16 – Fluxo de Caixa – Empresa H	155
TABELA 17 – Fluxo de Caixa – Empresa I	155
TABELA 18 – Fluxo de Caixa – Empresa J	155
TABELA 19 – Indicadores de Retorno – Empresa A	157
TABELA 20 – Indicadores de Retorno – Empresa B	157
TABELA 21 – Indicadores de Retorno – Empresa C	158
TABELA 22 – Indicadores de Retorno – Empresa D	158
TABELA 23 – Indicadores de Retorno – Empresa E	158
TABELA 24 – Indicadores de Retorno – Empresa F	158
TABELA 25 – Indicadores de Retorno – Empresa F	158
TABELA 26 – Indicadores de Retorno – Empresa H	159
TABELA 27 – Indicadores de Retorno – Empresa I	159
TABELA 28 – Indicadores de Retorno – Empresa J	159
TABELA 29 – Dados sobre as práticas de eco-inovação (questionário)	160
TABELA 30 – Ranking das práticas de eco-inovação	161
TABELA 31 – Nível de implementação das práticas de eco-inovação	162

TABELA 32 – Dados sobre as medidas de desempenho (questionário)	163
TABELA 33 – Ranking das medidas de desempenho	164
TABELA 34 – Nível das medidas de desempenho observado pelos gestores	165
TABELA 35 – Dados sobre as práticas verdes (questionário)	166
TABELA 36 – Dados sobre as práticas verdes e seus respectivos construtos	167
TABELA 37 – Ranking da entrada verde	168
TABELA 38 – Nível de implementação das práticas verdes – entrada verde	169
TABELA 39 – Ranking da produção verde	170
TABELA 40 – Nível de implementação das práticas verdes – produção verde	171
TABELA 41 – Ranking da saída verde	171
TABELA 42 – Nível de implementação das práticas verdes – saída verde	172
TABELA 43 – Ranking da medida de desempenho – competitividade	173
TABELA 44 – Nível da medida de desempenho – competitividade observado pelos gestores	174
TABELA 45 – Ranking da medida de desempenho econômico	174
TABELA 46 – Nível da medida de desempenho econômico observado pelos gestores	175

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca

APA – American Psychological Association

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior.

CDB - Certificado de Depósito Bancário

CEPEA/ESALQ - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

CNUMAH – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DCS – Desempenho Corporativo Sustentável

DESA – Department of Economic and Social Affairs

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EU – União Europeia

FAO – Food and Agriculture Organization of the United States

FMI – Fundo Monetário Internacional

G8 – Grupo dos 8 países mais industrializados

GEE – Gases do Efeito Estufa

GEF/UNCCD – Global Environment Facility/United Nations Convention to Combat Desertification

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GSCM – Green Supply Chain Management

IAC – Instituto Agronômico de Campinas

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPQM – Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil

LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning system

NRTEE – National Round Table on the Environment and the Economy

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development

OGM – Organismos Geneticamente Modificados

OMC – Organização Mundial do Comércio

ONU – Organização das Nações Unidas

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

PNUMA – Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente

RSC – Responsabilidade Social Corporativa

SC – Supply Chain

SCM – Supply Chain Management

SEAB/DERAL – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEM – Structural Equation Modeling

SIMP – Sindicato das Indústrias Produtoras de Mandioca do Paraná

TBL – Triple Bottom Line

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TR – Taxa de Retorno

UN – United Nations

UNEP – United Nations Environment Programme

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

VPL – Valor Presente Líquido

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

WCED – World Commission on Environment and Development

WIPO – World Intellectual Property Organization

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	9
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	16
2.1 BIODIGESTÃO	16
2.2 A CULTURA DA MANDIOCA NO BRASIL	25
2.3 ESTUDOS RECENTES SOBRE VIABILIDADE DO BIODIGESTOR	31
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	40
3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS	40
3.1.1 Risco e Incerteza	40
3.1.2 Critérios de Análise	44
3.1.3 Diretrizes da Avaliação de um Projeto	48
3.2 DA INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	51
3.2.1 Destruição Criativa	51
3.2.2 O Processo de Inovação e o Modelo de uma Empresa Inovadora	53
3.2.3 Desenvolvimento Econômico de Schumpeter	56
3.3 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A ECO-INOVAÇÃO	61
3.3.1 Desenvolvimento Sustentável – “Nosso Futuro Comum”	61
3.3.2 Eco-inovação	67
3.3.3 O Modelo de Gestão Sustentável	69
3.4 DIRECIONADORES DE ECO-INOVAÇÃO E ECO-EFICIÊNCIA	73
3.4.1 Os Principais Direcionadores de Eco-Inovação	73
3.4.2 Eco-Eficiência	77
3.4.3 As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Primeira Parte)	79
3.5 DIRECIONADORES DE SUSTENTABILIDADE E A GESTÃO VERDE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	83
3.5.1 Triple Bottom Line – O Tripé da Sustentabilidade	83
3.5.2 Regulamentação Governamental	87
3.5.3 As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Segunda Parte)	91

3.6 A VIABILIDADE ECONÔMICA SUSTENTÁVEL .....	99
3.6.1 Viabilidade do Desenvolvimento Sustentável.....	99
3.6.2 Economia Verde.....	104
3.6.3 Possibilidades para uma Economia Verde .....	110
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>113</b>
4.1 MÉTODO, ESTRATÉGIA E TIPO DE PESQUISA .....	113
4.2 PROPOSIÇÕES DA PESQUISA .....	115
4.3 MATRIZ DE AMARRAÇÃO.....	116
4.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA DA PESQUISA.....	119
4.5 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	120
4.6 COLETA DE DADOS.....	121
4.7 ANÁLISE DE DADOS .....	122
4.7.1 Análise de Dados da Viabilidade Econômica .....	122
4.7.2 Análise de Dados das Práticas de Eco-Inovação.....	123
4.7.3 Análise de Dados das Práticas Verdes de Gestão da Cadeia de Suprimentos.....	126
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>130</b>
5.1 RESULTADOS QUALITATIVOS .....	130
5.1.1 A Entrevista.....	130
5.1.1.1 Dados Preliminares – A Cadeia Produtiva .....	130
5.1.1.2 Premissas Iniciais – Perfil, Produção e Benefícios.....	140
5.1.1.3 Informações Financeiras – Viabilidade Econômica do Projeto.....	150
5.1.2 O Questionário .....	159
5.1.2.1 Dados das Práticas de Eco-inovação .....	159
5.1.2.2 Dados das Práticas Verdes de Gestão.....	165
5.2 DISCUSSÃO .....	175
5.2.1 Viabilidade Econômica x Desenvolvimento Sustentável.....	175
5.2.2 Práticas de Eco-inovação x Práticas Verdes de Gestão.....	179
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>184</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>190</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>202</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>204</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>206</b>



## 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, para Leite e Monteiro (2005), 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 ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o ozônio ( $\text{O}_3$ ). Segundo os referidos autores, no intuito de reduzir as emissões de metano ao ar livre seria a canalização deste gás como fonte de energia alternativa. Desta forma, reduziria, de um lado, o impacto na camada de ozônio (o gás metano é vinte vezes mais danoso do que o dióxido de carbono). Os principais pontos fortes para a utilização do metano são decorrentes de suas características físico-químicas, tais como o seu poder calorífico e o seu estado de matéria que se apresenta na fase gasosa nas condições normais de temperatura e pressão (Leite & Monteiro, 2005).

O metano é produzido, mundialmente, por emissões naturais (45%) e por emissões provocadas pelo homem (55%) oriundas de fontes variadas. Dessas fontes provocadas pelo homem, aproximadamente 50% provêm da geração energética pelo uso do carvão mineral, petroquímica e material orgânico de esgotos (Lelieveld, Crutzen, & Dentener, 1998).

Para Bley, Libânio, Galinkin, e Oliveira (2013), 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 Iguaçu, 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.

Essas condições permitiram construir no Brasil (mais precisamente no oeste paranaense) um dos mais promissores segmentos da economia rural brasileira – o agronegócio brasileiro é responsável por 22% do Produto Interno Bruto, segundo o Portal Brasil (2013) –, com milhares de pequenos produtores rurais, em sua maioria de caráter familiar, organizados na forma de cooperativas ou empresas independentes. Além de atender ao mercado interno, essa eficiente cadeia produtiva exporta para os principais mercados internacionais (Bley, Libânio, Galinkin, & Oliveira, 2013).

Para os autores supracitados, a riqueza e o dinamismo econômico dessas atividades na região têm como base a exploração intensiva dos recursos naturais, que acaba por cobrar um preço alto do ambiente, o que já começa a se evidenciar pelos registros de contaminação do solo e das águas por agrotóxicos; pela perda de solos resultante da erosão; pela perda da cobertura vegetal e da biodiversidade; bem como pela produção de efluentes da pecuária (material orgânico residual). Como a ocupação humana é recente – a exploração agrícola de forma mais intensa tem apenas 50 anos –, a lógica manda mudar os meios de produção agora, pois recuperar a qualidade ambiental no futuro será uma tarefa cada vez mais complexa.

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

Os resíduos gerados pelas fecularias de mandioca apresentam uma grande quantidade de nutrientes que se torna responsável pela eutrofização antrópica das águas<sup>2</sup>. Esses efluentes despejados indiscriminadamente nos rios e lagoas resultam em efeitos nocivos ao meio ambiente. No intuito de minimizar esse problema, a grande 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 principal justificativa do trabalho em

---

<sup>2</sup> Processo, provocado pela ação do homem na natureza, por meio do qual um corpo d'água adquire níveis altos de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição.

questão: minimizar a poluição ambiental por meio de uma tecnologia limpa<sup>3</sup> e eficiente capaz de gerar energia alternativa, economicamente viável, e promover a melhoria da qualidade de vida da população.

A importância do presente estudo está nas evidências encontradas na pesquisa sobre a viabilidade econômica da implantação de projetos de biodigestores em 10 indústrias paranaenses e os principais benefícios de projetos no desenvolvimento sustentável, bem como na avaliação das formas viáveis de se 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 de pesquisa utilizados, esta pesquisa espera contribuir, de forma qualitativa, não só com a revisão da literatura, mas, sobretudo, com informações sobre a implantação do biodigestor, dados econômicos do projeto, na obtenção de evidências sobre os biodigestores - um instrumento de inovação e promoção do desenvolvimento sustentável. A contribuição prática terá como objetivo fomentar o debate e a utilização de biodigestores no intuito de ampliar as alternativas energéticas que atendam ao tripé da inovação sustentável – o desenvolvimento social, econômico e ambiental – para o futuro.

É inegável que qualquer tipo de estudo apresente 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 evidente que, findo determinado estudo, não só algumas variáveis deixem de ser analisadas, como diversas outras possam aparecer durante o transcorrer da elaboração da pesquisa. Outro fator limitante diz respeito, muitas vezes, à existência de uma quantidade pequena de material acerca do assunto enfocado (mandioca e biodigestor). Ocorre, principalmente, quando o tema tratado é original, como é o caso da correlação entre material orgânico residual da mandioca, biodigestores, viabilidade econômica, inovação e desenvolvimento sustentável. Como exemplo, os artigos tratados na Revisão de Literatura – Estudos Recentes sobre a Viabilidade do Biodigestor –

---

<sup>3</sup> Conjunto de soluções que possibilitem novas formas de pensar e utilizar os recursos naturais, com o objetivo de reduzir a zero o desperdício, como por exemplo, os biocombustíveis, a diminuição da emissão de carbono e as fontes alternativas de energia.

obtidos através do Portal CAPES – Uninove, nenhum deles demonstrou a correlação entre viabilidade econômica do biodigestor com o material orgânico residual da mandioca. É necessário, portanto, um esforço maior na tentativa de compreender os fenômenos pesquisados e, em especial, a inter-relação entre eles.. Entende-se, assim, que os frutos desta pesquisa não podem ser considerados um modelo acabado, pois o dinamismo com que as teorias evoluem acabam por excluir tal possibilidade.

O presente 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, a Planotec. 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.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

- 1) A questão de pesquisa deste estudo é: “Há viabilidade econômica e benefícios ambientais na implantação de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná?”

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar a viabilidade econômica e os benefícios ambientais na implantação de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos complementam o objetivo geral desta pesquisa:

- a) Analisar os indicadores de rentabilidade e viabilidade da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná;

- b) Analisar os benefícios ambientais da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná;
- c) Analisar a contribuição das práticas de eco-inovação para o desempenho econômico e ambiental da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná;
- d) Analisar a contribuição das práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos para o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa tem como principal contribuição, não só levantar bibliografia necessária para a realização de um estudo de viabilidade do uso do biogás para alimentação da fornalha em substituição à lenha em 10 indústrias processadoras de mandioca, a partir de seus materiais orgânicos residuais, bem como demonstrar que o uso de uma tecnologia limpa e eficiente, capaz de gerar energia alternativa, pode ser economicamente viável e promover a melhoria da qualidade de vida da população através de benefícios ambientais na região em que o biodigestor está inserido (com a possibilidade de sugerir modificações no âmbito das empresas e a descoberta de benefícios ou soluções viáveis para cada uma delas).

O agronegócio brasileiro vem crescendo em ritmo acelerado nos últimos anos, principalmente na região noroeste do Paraná onde a cultura da mandioca ocupa posição de destaque, tanto pela sua importância na alimentação humana, quanto no arração animal com indústrias produtoras de grandes quantidades de material orgânico e de nutrientes (nitrogênio e fósforo) que degradam o meio ambiente, comprometendo a qualidade da água. (Bley et al., 2009; Silva, Vegro, Assumpção, & Pontarelli, 1996).

Neste ponto, uma contribuição importante diz respeito tanto aos benefícios ambientais quanto à viabilidade econômica do projeto, uma vez que os materiais orgânicos residuais (antes lançados no meio ambiente) serão usados para a geração do biogás, substituindo a lenha e, portanto, reduzindo a degradação ambiental e diminuindo os custos com pesadas multas ambientais e gastos adicionais com a aquisição de lenha para as fornalhas que passarão a ser alimentadas pelo biogás.

A justificativa para este trabalho visa à discussão acerca da sustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento brasileiro (um dos maiores usuários de energia renovável) que, provocado pelo agravamento do quadro ambiental, crescimento da demanda de energia e adequação à lei ambiental, recobrou o interesse pelos biodigestores, apontados como uma das ações a serem tomadas a fim de mitigar os danos ambientais provocados pela emissão de material orgânico residual.

O biodigestor tem um futuro promitente, pois a expansão do setor energético pode advir do caráter limpo e sustentável da matriz energética nacional pela disponibilidade e quantidade das biomassas exigidas, principalmente na região sul do país (Paraná e Santa Catarina), podendo contribuir de forma decisiva na produção de bioenergia e biofertilizante para o produtor rural, elevando sua capacidade de competir em um mercado agroindustrial cada vez mais agressivo (Coelho, Paletta, & Freitas, 2000; Silva, 2006; EPE, 2012).

A pesquisa em questão pretende também demonstrar que as fontes alternativas de energia por meio de biodigestores podem contribuir para a instauração de um modelo energético que atenda as premissas da sustentabilidade, uma vez que a dependência de recursos não renováveis como carvão e petróleo pode provocar um colapso na sociedade atual em caso de as reservas naturais se esgotarem, conforme afirmam Coelho, Paletta, e Freitas (2000) e Silva (2006).

Além do aspecto econômico, a preocupação ambiental e social tem relevância, pois ao mesmo tempo em que houve um acelerado crescimento econômico mundial, aliado a uma interdependência entre os mercados, os frutos desse progresso não foram usufruídos pela grande maioria da população. A pobreza ainda persiste e os anos de desrespeito ao meio ambiente começam a apresentar seus custos, por meio da perda de biodiversidade, das mudanças climáticas e do crescimento da demanda de energia (Silva, 2006; Abreu, 2001).

Em suma, esta pesquisa se justifica, principalmente, por investigar a viabilidade econômica da implantação de biodigestores no setor de mandioca e como esta implantação pode contribuir para o meio ambiente. Estudos científicos levantados anteriormente, e que serão apresentados mais à frente, comprovaram a eficácia, a viabilidade econômica e a promoção do desenvolvimento sustentável em outros setores do agronegócio (suinocultura, bovinocultura, avicultura, citricultura, etc.). 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 de mandioca na cultura da mandioca do Paraná.

#### 1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Após a introdução, o presente estudo apresentará no capítulo 2 a revisão de literatura onde serão pontuadas a contextualização da biodigestão, da cultura da mandioca e dos estudos de viabilidade econômica sobre biodigestores (em outros setores da economia) levantados recentemente.

No capítulo 3 será apresentado o referencial teórico que servirá de subsídios para a elaboração das proposições da pesquisa e base para a interpretação dos dados coletados, trazendo a teoria da viabilidade econômica de projetos, inovação e desenvolvimento econômico, eco-inovação e desenvolvimento sustentável, direcionadores de eco-inovação, eco-eficiência e de sustentabilidade, a gestão verde da cadeia de suprimentos e a viabilidade econômica sustentável.

No capítulo 4 serão demonstradas as proposições deste estudo e a metodologia empregada para os resultados coletados, bem como o tipo de pesquisa, a população, amostras, instrumentos, coletas e análises utilizadas.

No capítulo 5 estarão os resultados e a discussão dos mesmos com referências às teorias apresentadas.

Por último, no capítulo 6, as considerações finais e, na sequência, as referências bibliográficas, os anexos e os apêndices pertinentes à pesquisa.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura tem o objetivo de substanciar o problema de pesquisa, fornecer informações sobre a situação atual do tema e apresentar resultados de estudos similares no intuito de relacionar um diálogo contínuo na literatura e comparar os resultados de um estudo com outros, sugerindo questões ou hipóteses que precisam ser tratadas (APA, 2012; Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008).

Neste capítulo, os temas abordados serão:

- Biodigestão
- A Cultura da Mandioca no Brasil
- Estudos Recentes sobre Viabilidade do Biodigestor

### 2.1 BIODIGESTÃO

A biomassa (matéria orgânica), considerada uma das principais fontes alternativas de energia, pode ser nova (estrume, restos de ração e outros materiais orgânicos residuais, que podem ser usados para gerar energia elétrica a partir do biogás) ou velha (madeiras e palhas, que podem ser usadas para gerar energia térmica). Nela estão inclusos biocombustíveis - etanol e biodiesel - e a bioenergia (Bley, 2013).

Segundo Bley (2013), a geração de eletricidade a partir da biomassa nova, no Paraná, encontra uma fonte fantástica (a maioria das propriedades rurais tem menos de 30 hectares onde existe uma produção agropecuária grande). Os produtores plantam soja e milho, utilizados como ração para alimentar porcos, bois e aves.

As cooperativas existentes integram essa rede de produção – desde o plantio dos grãos até a industrialização das carnes. Essa integração gera, de um lado, uma fonte variada de receita para os produtores e, de outro, preocupações quanto ao impacto ambiental e à saúde da população ocasionada pelas altas concentrações de resíduos orgânicos lançados no meio ambiente, o que pode provocar problemas graves (ocorrido em outros países) como o Mal da Vaca Louca, a Gripe Aviária e outros (Bley, 2013).

Os biodigestores, conforme Figura 1, são capazes de transformar esses resíduos em biogás e biofertilizantes, permitindo uma redução de quase 80% dos materiais orgânicos



residuais lançados na terra ou nos rios (sem falar da economia gerada), evitando o depósito no fundo de rios e o desastre ambiental na Bacia do Paraná (importantes afluentes da região). Cabe lembrar que, nesse caso, a geração de energia renovável, a partir da biomassa, não compete com a hidroelétrica da região (Itaipu) pelo seu caráter regional – mais um fator favorável à implantação de um projeto de biodigestor (Bley, 2013).

Para Bley et al. (2009) e Bley (2013), ao contato com o meio hídrico, os materiais orgânicos reagem com o oxigênio dissolvido, inviabilizando as formas de vida aquática, sensíveis à falta deste elemento. Os materiais orgânicos de origem animal, por exemplo, contêm índices altos de Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO e DQO, respectivamente), e também alta carga de fertilizantes orgânicos, principalmente nitrogênio e fósforo, devido ao maciço uso desses produtos nas rações animais. Esses nutrientes orgânicos são transportados pela malha hídrica e, ao atingirem águas, como as de um reservatório hidrelétrico, de abastecimento público, ou mesmo lagos naturais, passam a servir de substrato para o crescimento explosivo de algas de todos os tipos, inclusive cianofíceas tóxicas – o cenário base para a destruição do meio ambiente (Bley et al., 2009; Bley, 2013).

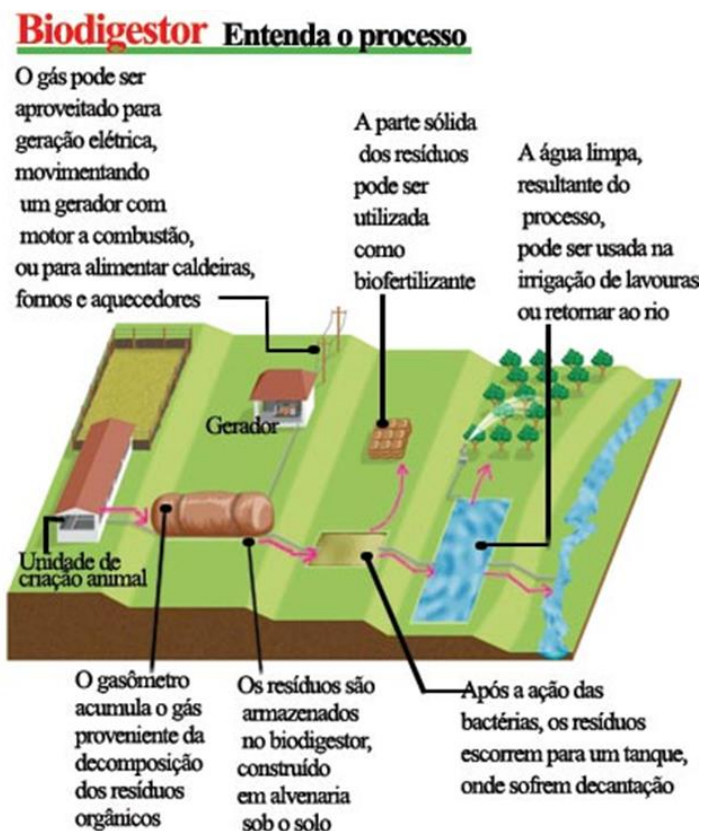


Figura 1: Fluxograma do processo de biodigestão.

Fonte: Geo-Conceição (2014) – <http://geoconceicao.blogspot.com.br>.

Segundo Baumann e Karpe (1980), a Índia foi o primeiro país a instalar biodigestores para a produção de biogás, de maneira sistemática. A primeira unidade foi construída por volta de 1908, tendo iniciado seu programa de implantação de biodigestores em 1951. O grande objetivo era a geração de energia oriunda do biogás (a partir do metano), motivado pela insuficiência de combustíveis fósseis e por um cenário local marcado pelas iniquidades sociais provocadas pelo sistema de castas (Baumann & Karpe, 1980).

Para Bley (2013), no Paraná, o complexo de proteínas (carnes e lácteos) consomem quase 425 mil toneladas de lenha ao ano. A região formada pelos países Paraguai, Argentina e Brasil já é considerada importadora de lenha. Graças à lei ambiental, essa mesma lenha é de madeira de reflorestamento. Se nada fosse feito, boa parte das florestas dessa região deixariam de existir. Quando a lenha torna-se escassa, o custo é bem maior. Não se pode plantar uma floresta da noite para o dia. Nessas regiões onde o solo e o clima são favoráveis, os barracões ficam abarrotados de grãos que servirão de alimento para a agropecuária instalada. Só a título de exemplo, um abatedouro de 200 mil aves/dia, gasta perto de R\$ 20 milhões por ano em energia elétrica e diesel. Quando se calcula o gasto com lenha, o custo assusta: para secar uma tonelada de milho consomem-se 50 quilos de lenha, para uma tonelada de soja, vão-se 15 quilos e para uma tonelada de frango, 84 quilos de lenha (no caso aqui, maravalha, raspa de madeira depositada na cama de frangos (Bley, 2013).

No Brasil, especificamente no Estado do Paraná, boa parte dos materiais orgânicos residuais vegetais advém da cultura da mandioca, tanto pela sua importância na alimentação humana, quanto no arração animal. (Silva et al., 1996). O processo de transformação da mandioca, tanto no sistema mecânico como artesanal gera resíduos que, se não tratados adequadamente, podem ser prejudiciais à saúde humana, além de causar poluição ambiental. O principal desses resíduos é a manipueira - um líquido de coloração amarelada proveniente do processo de prensagem ou escorrimento da massa, resultante do processo de ralação da mandioca - que, se despejada na natureza, provoca a poluição do solo e das águas (rios, riachos e açudes), causando grandes prejuízos ao meio ambiente e ao homem, que dele necessita para viver. A casca da mandioca geralmente é jogada no pátio próximo onde a mandioca é descascada, que, com o tempo, acaba apodrecendo, transformando-se em matéria orgânica – produzindo mau cheiro, surgimento de insetos, etc. (SEBRAE, 2003).

Segundo Bley et al. (2009), Bley (2013) e Teixeira (2005), quando os materiais orgânicos se decompõem na ausência de oxigênio geram biogás. Biogás é o produto da

decomposição natural de qualquer substância orgânica, como materiais orgânicos residuais de animais, resíduos vegetais e também de lixo residencial e industrial. É constituído de vários gases, mas os principais componentes são o metano ( $CH_4$ ), que corresponde a cerca de 65%, e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que corresponde a cerca de 35% da mistura. Encontramos também, dependendo da substância, nitrogênio ( $N_2$ ), hidrogênio ( $H_2$ ), oxigênio ( $O_2$ ) e gás sulfídrico ( $H_2S$ ), cada um destes correspondendo a no máximo 1% da mistura (Bley et al., 2009; Bley, 2013; Teixeira, 2005).

É relevante o fato de que o metano ( $CH_4$ ) é 21 vezes mais forte do que o gás carbônico ( $CO_2$ ) no efeito estufa, o que significa dizer que, a cada metro cúbico de metano queimado, pode ser contabilizada a queima de 21 metros cúbicos equivalentes de  $CO_2$  (Bley et al., 2009; Bley, 2013; Teixeira, 2005).

Uma proposta para diminuir a poluição ambiental e reaproveitar os materiais orgânicos residuais da mandioca é utilizá-los no biodigestor para a produção, recuperação e armazenamento de biogás que poderá ser utilizado para alimentar a fornalha (substituindo a lenha – evitando o desmatamento), como uma fonte renovável de geração de energia. Além disso, seu efluente poderá ser aplicado em lavouras como biofertilizante (Bley, 2013).

Na década de 1970, o Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil (IPQM) realizou estudos sobre biodigestores e acabou desenvolvendo o modelo conhecido como Biodigestor da Marinha do Brasil. O modelo apresenta uma base quadrangular, com paredes revestidas por lona impermeável e uma cúpula de lona preta também impermeável (Figura 2). É um modelo mais raso e longo, o que lhe garante uma maior produtividade de gás por massa fermentada (Barrera, 2011).

No biodigestor, a utilização das mantas plásticas – material de alta versatilidade e baixo custo – é o fator responsável pelo barateamento dos investimentos de implantação. O emprego de biodigestores para a extração de biogás e posterior conversão em energia térmica possui um grande potencial de crescimento. Ao empregar os materiais orgânicos residuais como fonte de energia, a propriedade deixa de lançar metano na atmosfera (Sganzerla, 1983).



Figura 2: Biodigestor.

Fonte: Foto – visita técnica em uma das empresas processadoras de mandioca do Paraná (2014).

Sua utilização encontra maior barreira quanto ao espaço físico disponível para a instalação. Por ter uma profundidade pequena, necessita de uma grande área superficial para que consiga armazenar uma grande quantidade de resíduos. Esse modelo é o mais indicado para projetos agroindustriais por ser versátil ao uso de diferentes resíduos orgânicos e capacidade de armazenamento de grande quantidade de resíduos passíveis de fermentação anaeróbica, produzindo assim uma grande quantidade de biogás e estabilizando os materiais orgânicos residuais, que podem ser utilizados como biofertilizantes. Atualmente esse modelo de biodigestor agroindustrial é o mais difundido no Brasil devido ao aperfeiçoamento da manta impermeável, que passou a ser confeccionada em Policloreto de Vinila (PVC), o que confere um menor custo e maior facilidade de instalação quando comparado a modelos antigos, como o Indiano e o Chinês, além de apresentar maior resistência à corrosão provocada pela água e pelo ácido sulfídrico presentes na mistura gasosa. Outra vantagem é que pode ser utilizado tanto em pequenos como em grandes projetos (Barrera, 2011).

Para o referido modelo, também é recomendada a construção abaixo do nível do solo para evitar bruscas variações de temperatura que possam ocorrer, além de aproveitar o calor da terra e o calor absorvido pela manta preta exposta ao sol, já que 90% do aquecimento do biodigestor são obtidos com raios solares incidentes na lona preta, o que acaba garantindo uma melhor temperatura de funcionamento e consequentemente uma maior produção de biogás com maior concentração de metano (Barrera, 2011).

Segundo Barrera (2011), o metano, principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, altamente combustível. Sua combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha. É esta percentagem de metano (aproximadamente de 60 a 80%) que confere ao biogás um alto poder calorífico, que varia de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, e que, submetido a um processo de purificação, pode gerar um índice de até 12.000 kcal por metro cúbico.

Ao se comparar a capacidade calorífica do biogás com a lenha, 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 1,536 Kg de lenha. No caso dos resíduos vegetais como matéria-prima, a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás requer 25 kg de resíduos vegetais. Assim sendo, se um biodigestor é alimentado com 100 kg diários de resíduos vegetais, ao final do dia obtêm-se 4 m<sup>3</sup> de biogás equivalente a 6,144 kg de lenha que deixaram de ser alimentadas na fornalha (Martins & Assis, 2007).

Segundo Oliveira et al. (2011), uma vez no biodigestor, o material orgânico residual reage por cerca de 35 dias, período denominado Tempo de Retenção, tempo suficiente para que ocorra a digestão anaeróbia e produção de biogás.

Para Teixeira (2005), os substratos mais comuns para a produção de biogás são:

- a) Materiais orgânicos residuais da suinocultura, pecuária e avicultura;
- b) Resíduos agrícolas, como cascas, folhagens, palhas e restos de cultura;
- c) Resíduos industriais, como bagaços, descartes, restos de restaurantes
- d) Vinhaça

O processo de produção de biogás ocorre devido às bactérias metanogênicas, sem a presença de ar (anaeróbio). A digestão é um processo biológico causado por ação bacteriana. Desta maneira, devido à presença de oxigênio na mistura da matéria prima, decorre um tempo até que as bactérias aeróbias consumam o oxigênio presente, para, então, o processo de digestão se iniciar (Teixeira, 2005).

Ainda, segundo Teixeira (2005), as bactérias metanogênicas podem ser divididas em dois grupos, conforme a temperatura do substrato. As bactérias mesofílicas desenvolvem-se em temperaturas na faixa de 20° C a 45° C. A temperatura ideal para este grupo gira em torno de 36,5° C. As bactérias termofílicas desenvolvem-se em temperaturas superiores a 45° C. Elas

possuem maior velocidade de digestão, o que reduz o tempo de retenção de sólidos no digestor. A temperatura ideal para este grupo gira em torno de 56° C (Teixeira, 2005).

Para Teixeira (2005), o processo de digestão pode ser definido em três fases distintas:

- a) A primeira fase ou fase de liquefação é quando ocorre a transformação de compostos complexos em substâncias mais simples. Esta etapa é realizada por bactérias que possuem capacidade enzimática de decomposição de carboidratos, gorduras e proteínas. A reação predominante nesta fase é a conversão de polissacarídeos insolúveis em matéria orgânica solúvel.
- b) A segunda fase é conhecida como acidogênese / acetogênese, ou ainda fase ácida. Nesta fase os aminoácidos, monossacarídeos, ácidos graxos e gliceróis, obtidos na primeira fase, tornam-se substratos para as bactérias saprófitas, que são facultativas. Essas bactérias são responsáveis pela formação de ácidos orgânicos simples, de baixo peso molecular, como o ácido fórmico, acético, propiônico e butírico, ou mesmo acetatos e hidrogênio, liberando produtos de degradação intermediária, como o  $CO_2$  e  $H_2O$ .
- c) A terceira fase é gaseificação. Nesta fase as bactérias metanogênicas metabolizam os ácidos voláteis produzidos na fase anterior. Nesta fase ocorre a produção do gás metano e do dióxido de carbono. Entre os produtos finais também são encontrados, entre outros, o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), água ( $H_2O$ ) e a amônia ( $NH_3$ ).

Teixeira (2005) finaliza afirmando que é importante que se observem os fatores que influenciam na maior ou menor produção de biogás. Dentre estes fatores podemos citar:

a) Temperatura: O desenvolvimento das bactérias metanogênicas e a produção de biogás é função da temperatura do biodigestor. As bactérias responsáveis pela biodigestão são bastante sensíveis a variações bruscas de temperatura. Uma variação de 3° C já é o suficiente para causar a morte da maioria das bactérias. Por isso, a temperatura nos biodigestores deve ser controlada.

b) Tipo de resíduos: O tipo de resíduo é o alimento a ser utilizado pelas bactérias. Uma vez que a relação carbono/nitrogênio é um fator muito importante, o material vegetal é uma das melhores matérias-primas, pois é fonte rica em carbono devido ao seu alto teor de carboidratos.

c) Relação carbono/nitrogênio: Este fator é de grande importância para a formação dos ácidos orgânicos utilizados pelas bactérias para a produção de biogás. Além disso, o carbono é

utilizado pelas bactérias como energia e o nitrogênio é usado para a construção das estruturas celulares. A relação ideal está na faixa de 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio.

d) Tempo de retenção: É o tempo em que o material orgânico permanece no interior do biodigestor. O tempo de retenção está relacionado a fatores como a granulometria, temperatura, entre outros. Em geral recomendam-se tempos de retenção de 4 a 60 dias.

e) pH: O pH adequado situa-se na faixa entre 6 e 8, tendo 7 como o ideal. Ambientes muito ácidos causam a morte das bactérias metanogênicas.

Conforme Oliveira et al. (2011), o biodigestor deve atender uma série de pré-requisitos, a fim de garantir o ambiente propício para uma adequada produção de biogás:

- a) Vedação completa, para evitar a entrada de oxigênio e com isso possibilitar a criação das bactérias anaeróbicas, responsáveis pela digestão dos materiais orgânicos residuais;
- b) pH não ácido, o que significa níveis acima de 7; e
- c) Temperatura entre 28° C e 35° C, pois os microrganismos produtores de metano são muito sensíveis a variações de temperatura,

Neste último caso, segundo Oliveira et al. (2011), é preciso assegurar a estabilidade da temperatura, seja através do aquecimento interno ou de melhor isolamento térmico da câmara de digestão durante os meses de inverno, quando ocorre uma maior demanda por energia térmica e uma tendência dos biodigestores em produzirem volumes menores de biogás. Se as referidas condições são atendidas, o biogás oriundo do processo possui cerca de 60 ou 65% do volume total de metano (Oliveira et al., 2011).

Segundo Sganzerla (1983), após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. O biofertilizante, aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste. Este excelente fertilizante é rico em nitrogênio e húmus, ótimo adubo para fins agrícolas.

Para Sganzerla (1983), o biofertilizante gerado pelo biodigestor pode ser utilizado para a adubação da própria propriedade na produção de grãos e gramíneas, possibilitando o aumento

de produção de outro empreendimento. Também pode ser utilizado, após desidratado, para dar volume à composição de rações animais (Sganzerla, 1983).

Sganzerla (1983) esclarece que a alta capacidade de fixação apresentada pelo biofertilizante evita a solubilidade excessiva e a lixiviação dos sais, mantendo-os sob formas aproveitáveis pelas plantas, cujo delicado sistema radicular é o único capaz de desagregar esses nutrientes. O biofertilizante, ao contrário dos adubos químicos, melhora a estrutura e a textura do solo, deixando-o mais fácil de ser trabalhado e facilitando a penetração de raízes, que conseguem absorver melhor a umidade do subsolo, podendo resistir mais facilmente a longos períodos de estiagem.

O poder de fixação dos sais neste tipo de solo é maior que o das argilas e é responsável direto pela maior parte de nutrição das plantas, com até 58% da capacidade total de troca de bases do solo. Estabiliza os agregados, de modo que resistam à ação desagregadora da água, absorvendo as chuvas mais rapidamente, evitando a erosão e conservando a terra por mais tempo (Sganzerla, 1983).

Outra vantagem advinda da aplicação de biofertilizante é que ele deixa a terra mais porosa, permitindo maior penetração do ar na zona explorada pelas raízes. Assim, a respiração dos vegetais é facilitada e eles obtêm melhores condições para se desenvolver. O gás carbônico presente no ar, ao circular melhor pelo solo, forma ácido carboxílico, o qual irá solubilizar sais que se encontram em formas insolúveis, facilitando sua assimilação pelas plantas (Sganzerla, 1983).

Sganzerla (1983) detalha que o biofertilizante favorece a multiplicação de bactérias aos milhões, dando vida e saúde ao solo. A intensa atividade das bactérias fixa o nitrogênio atmosférico, transformando-o em sais aproveitáveis pelas plantas. As bactérias radícolas que se fixam nas raízes das leguminosas têm seu desempenho e desenvolvimento melhorados.

Além destas características, que aumentam muito a produtividade das lavouras, deve-se destacar, segundo Sganzerla (1983), que o biofertilizante já se encontra completamente “curado”, na expressão do campo, pois não sendo passível de nova fermentação, não apresenta odor nem é poluente e, desse modo, não atrai moscas ou outros insetos. Ao contrário de outros tipos de adubos, o biofertilizante pode ser aplicado diretamente no solo, em forma líquida ou



desidratada, uma vez que mais de 85% são compostos de material orgânico já tratado (Sganzerla, 1983).

## 2.2 A CULTURA DA MANDIOCA NO BRASIL

De acordo com Felipe, Alves, e Camargo (2010), vários setores da economia foram beneficiados, nas últimas décadas, pelas recentes mudanças econômicas no cenário mundial e nacional, o que afetou também as cadeias agroindustriais (ocasionando mudanças na estrutura da cadeia de mandioca nacional). A cultura de mandioca vem conquistando lugar de destaque em vários países do mundo devido à facilidade de adaptação às mais diversas condições de clima e de solo e pelo fato, também, de suprir a necessidade alimentar da população mais carente.

O continente africano, conforme Tabela 1, é o principal responsável pelo aumento da produção mundial, com a liderança absoluta. Nesse continente destaca-se a Nigéria, consagrada líder na produção de mandioca em raiz, cuja participação no ano de 2010 atingiu 16,3% do volume total mundial. Na Ásia destacam-se principalmente a Tailândia e a Indonésia, países que isoladamente representam em média 10% da produção mundial de mandioca. A Tailândia concentra grandes indústrias, tornando-se o maior produtor e exportador mundial de fécula de mandioca. Além de fécula, a Tailândia também produz rações para animais à base de mandioca – produto exportado, principalmente, para a União Europeia e a China (FAO, 2013; Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Tabela 1: Produção mundial de mandioca (em milhões de toneladas) – países selecionados

Continente/País	1970	2005	2006	2007	2008	2009	2010	%
<b>África</b>	<b>40,5</b>	<b>113,0</b>	<b>117,5</b>	<b>114,0</b>	<b>118,0</b>	<b>120,0</b>	<b>121,4</b>	<b>52,9</b>
Nigéria	10,2	45,7	35,4	35,4	44,6	36,8	37,5	16,3
Rep do Congo	10,3	38,2	45,7	35,4	44,6	15,0	15,0	6,5
Gana	1,5	9,7	9,6	9,6	9,7	12,2	13,5	6,0
Outros	18,5	50,1	47,2	54,0	48,7	56,0	55,4	24,1
<b>Ásia</b>	<b>23,1</b>	<b>57,3</b>	<b>67,5</b>	<b>73,0</b>	<b>78,8</b>	<b>81,6</b>	<b>74,8</b>	<b>32,6</b>
Tailândia	3,2	16,9	22,6	22,6	27,6	30,1	22,0	9,6
Indonésia	10,7	19,4	20,0	20,0	21,6	22,0	23,9	10,4
Outros	9,2	21,3	24,9	30,4	29,6	29,5	28,9	12,6
<b>América do Sul</b>	<b>34,5</b>	<b>34,5</b>	<b>35,4</b>	<b>35,4</b>	<b>35,5</b>	<b>33,0</b>	<b>33,3</b>	<b>14,5</b>
Brasil	30,0	25,9	26,7	26,6	26,7	24,4	24,5	10,7
Outros	4,5	8,6	8,7	8,8	8,8	7,0	7,2	3,1
<b>Outros Países</b>	<b>1,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>6,7</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>99,1</b>	<b>207,1</b>	<b>222,3</b>	<b>224,1</b>	<b>233,8</b>	<b>234,6</b>	<b>229,5</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado da SEAB/DERAL (2012)

Na América do Sul, a produção de mandioca se destacou no ano de 1970 com média de 35% - mantendo-se até 2010, porém, na sequência, a sua participação foi reduzida e, atualmente, representa cerca de 15% sobre o total mundial. Com recorde de 30 milhões de toneladas em 1970, o Brasil estabilizou sua produção na média de 25 milhões nos anos seguintes. Esta redução da produção brasileira deveu-se a três fatores principais. Pelo menor consumo animal quando comparado a década de 1970, atualmente substituída pelas rações balanceadas; pela redução no consumo humano de farinha, dando lugar e preferência às massas de trigo; e pelo forte avanço nos plantios da Nigéria, República do Congo e Tailândia. Estes fatores aliados à falta de mão-de-obra, certamente estão impactando para a estagnação ou até mesmo redução da produção em alguns estados brasileiros (FAO, 2013; Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012; Souza, Staduto, Rocha, & Rinaldi, 2005).

Para Felipe et al. (2010), a farinha, em seus diversos tipos, é a forma mais ampla de aproveitamento agroindustrial da raiz, constituindo-se em alimento básico, sobretudo da população nordestina. Apesar dos múltiplos destinos possíveis para a raiz de mandioca, as agroindústrias de farinha constituem o segmento de maior consumo. Em São Paulo e no Paraná estima-se que cerca de 60% da mandioca industrial destinam-se a esse fim. Deste modo, a expansão da produção paranaense, acompanhada da ampliação do número de fábricas (farinha e fécula), transformou o Estado do Paraná no maior exportador líquido de farinha para outras regiões, conforme Tabela 2, tendo forte influência sobre a formação dos preços nas principais praças brasileiras.

Tabela 2: Produção e área ocupada de mandioca – Brasil e Paraná

Anos	Brasil		Paraná		Produção	Colocação
	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	PR/BR %	PR/BR
2005	1.902	25.872	167	3.347	12,9	3°
2006	1.897	26.639	170	3.800	14,3	3°
2007	1.894	26.541	150	3.400	12,8	3°
2008	1.889	26.703	179	3.900	14,6	3°
2009	1.761	24.404	153	3.660	15,0	3°
2010	1.787	24.524	172	4.013	16,4	2°
2011	1.754	26.128	184	4.174	16,0	2°
2012	1.787	26.105	178	4.087	15,7	2°

Fonte: Adaptado da SEAB/DERAL (2012)

O estudo da SEAB/DERAL (2012) corrobora a afirmação de Felipe et al. (2010). A região Sul, além de importante produtora de raiz, conta com o maior número de indústrias,

principalmente as de fécula, consideradas em sua maioria de médio e grande porte. O estado do Paraná é o principal produtor da Região Sul e o 2º no ranking nacional (perdendo apenas para o estado do Pará). Responde em média por 70% da produção agrícola na Região Sul e contribui com 65% do volume de fécula, conforme Tabela 3. Santa Catarina, que foi pioneiro na produção de fécula, reduziu consideravelmente a sua participação e o Rio Grande do Sul apesar de expressiva produção de raiz, não possui indústrias de fécula ou de farinha (SEAB/DERAL, 2012).

Tabela 3: Área/Produção/Produtividade da mandioca nos principais estados do Brasil

Regiões/Estados	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	Produtividade (kg/ha)	%
<b>Nordeste</b>	<b>772</b>	<b>8.505</b>	<b>11.017</b>	<b>32,6</b>
Bahia	273	3.367	12.333	12,9
Maranhão	203	1.744	8.591	6,7
Ceará	97	984	10.144	3,8
Outros	199	2.410	12.111	9,2
<b>Norte</b>	<b>498</b>	<b>7.628</b>	<b>15.317</b>	<b>29,2</b>
Pará	294	4.616	15.701	17,7
Amazonas	85	881	10.365	3,4
Outros	119	2.131	17.908	8,2
<b>Sudeste</b>	<b>149</b>	<b>2.803</b>	<b>18.812</b>	<b>10,7</b>
São Paulo	63	1.566	24.857	6,0
Minas Gerais	57	806	14.140	3,1
Outros	29	431	14.862	1,7
<b>Centro-Oeste</b>	<b>74</b>	<b>1.279</b>	<b>17.284</b>	<b>4,9</b>
Mato G do Sul	31	620	20.000	2,4
Mato Grosso	25	361	14.444	1,4
Outros	18	298	16.556	1,1
<b>Sul</b>	<b>294</b>	<b>5.890</b>	<b>20.034</b>	<b>22,6</b>
Paraná	186	4.113	22.113	15,8
Rio G do Sul	80	1.257	15.713	4,8
Santa Catarina	28	521	18.607	2,0
<b>Brasil</b>	<b>1.787</b>	<b>26.105</b>	<b>14.608</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado da SEAB/DERAL (2012)

Segundo Felipe et al. (2012), SEAB/DERAL (2012) e Souza et al. (2005), a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, mas a sua produção maior se dá na Região Nordeste, que representa valores em média de 35% da produção. Este produto, à semelhança da África, também exerce papel fundamental na dieta alimentar da população. Devido às frequentes secas na região, a cultura da mandioca apresenta maior resistência se comparada aos plantios como milho e feijão que são mais exigentes em volume de chuvas. Pelo fato de existirem centenas de farinhas e praticamente total ausência de fecularias, a produção nordestina se destina basicamente ao consumo humano, por meio do uso “in natura” da farinha, goma, bijus, tapiocas,

entre outros. Seus principais produtores são a Bahia, Maranhão e Ceará. A Bahia é o maior produtor nordestino e possui um importante centro de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado em Cruz das Almas (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012; Souza et al., 2005).

A Região Norte guarda muita semelhança com o Nordeste, pois sua produção também se destina principalmente ao consumo humano. A cultura da mandioca é explorada em pequenas propriedades familiares com grande número de fábricas (chamadas de “casas de farinha”) e elevado consumo “per capita” destes produtos (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Apesar de ser menos representativa, a Região Sudeste, com pouco mais de 10% da produção brasileira, possui o principal polo de comercialização do país, localizado na cidade de São Paulo. O estado de Minas Gerais, com suas fábricas de polvilho azedo – fécula de mandioca, se destaca na região do Triângulo Mineiro, cujo produto se destina ao consumo humano, em especial nas fábricas de pão de queijo e de bolachas (SEAB/DERAL, 2012).

O aumento no processamento de raiz de mandioca no Brasil deveu-se às alterações significativas deste sistema nos ambientes tecnológico, organizacional e institucional. A fécula (amido) tornou-se o principal subproduto da mandioca, o que ocasionou alterações importantes no mercado competitivo. Apenas no Brasil, vem sendo utilizada em uma série de produtos, tanto na alimentação humana (na forma de farinhas e/ou como componente de alimentos embutidos) quanto como matéria-prima (em uma série de produtos não alimentares presentes nas áreas de embalagens, colas, mineração, produtos têxteis e produtos farmacêuticos). No mercado internacional, segundo a Organização Mundial do Comércio, as negociações para reduzir as barreiras tarifárias e não tarifárias que incidem sobre os produtos agropecuários e agroindustriais se intensificaram. Com isso, a cadeia da mandioca seria beneficiada, uma vez que é altamente competitiva na produção do amido em relação às outras fontes tradicionalmente exploradas, tais como o milho e a batata (FAO, 2013; Souza et al., 2005).

Segundo uma pesquisa realizada em 2011 pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ), o parque industrial feculeiro teve um crescimento de 31,3%, no período de 2004 a 2011, passando de 14.063 para 18.467 toneladas/dia de mandioca em raiz. O aumento na capacidade instalada deveu-se ao número de novas indústrias e também pela ampliação da capacidade de moagem. As indústrias de fécula estão concentradas no Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Santa Catarina (FAO, 2013; SEAB/DERAL, 2012).

Por outro lado, a produção brasileira de fécula, nos últimos 6 anos, estabilizou-se na faixa de 563 mil toneladas; porém, se comparando o período de 1990 com 2011, a evolução foi de 204%. 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, conforme Tabela 4 (FAO, 2013; Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Tabela 4: Produção de fécula de mandioca – estados selecionados do Brasil

Estados	2009		2010		2011	
	Produção (t)	%	Produção (t)	%	Produção (t)	%
Paraná	413.210	71,0	404.260	74,6	365.980	70,8
Mato G do Sul	80.450	13,8	80.800	14,9	88.530	17,1
São Paulo	76.270	13,1	50.730	9,3	55.380	10,7
Santa Catarina	6.930	1,2	5.860	1,1	7.110	1,4
Goiás	5.000	0,9	560	0,1	0	0
Brasil	581.860	100,0	542.210	100,0	517.000	100,0

Fonte: Adaptado da SEAB/DERAL (2012)

Acredita-se que o salto alcançado pelo Paraná foi ocasionado pelo aumento da demanda pelas fecularias e eventualmente pelas farinhas (quando o mercado é favorável). No Paraná, o cultivo da mandioca mais representativo se destina ao consumo industrial, cuja produção se localiza especialmente nas Regiões Norte, Oeste e Noroeste. A concentração maior está em Paranavaí, Umuarama, Toledo e Campo Mourão (com a maior parte das fecularias e também de farinhas e polvilheiras) – Tabela 5. Nestas regiões as áreas são maiores que no restante do estado, os produtores utilizam as melhores técnicas de cultivo, como manivas selecionadas (ramo da mandioca destinada ao plantio), adubação adequada e muitos recebem assistência técnica oficial ou privada – Tabela 5 (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Tabela 5: Produção de mandioca – principais regiões do Paraná

Núcleos Regionais	Safra 2011/2012	Safra 2011/2012	Safra 2012/2012	Safra 2011/2012	%
	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	
Paranavaí	55	1.266	55	1.188	31
Umuarama	47	1.034	47	1.034	27
Toledo	18	542	17	493	13
Campo Mourão	14	256	13	233	6
Cascavel	7	188	7	192	5
Outros	37	714	36	710	18
Total Paraná	178	4.000	175	3.850	100

Fonte: Adaptado da SEAB/DERAL (2012)

O estudo da SEAB/DERAL (2012) indica que projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento apontam que até a safra 2019/20 a produção de mandioca poderá ter crescimento de 1,2% a.a. no Brasil, podendo totalizar 30,0 milhões de toneladas no último ano da projeção. O possível cenário atrela-se principalmente a acréscimos de produtividade, uma vez que a área a ser cultivada sinaliza pequeno aumento. Destaca-se ainda que o avanço da cultura em termos de área pode ser limitado em razão da competição com outras atividades agrícolas. Tendo em vista que o consumo de amido tem correlação positiva com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), existe uma possibilidade de aumento na demanda nos próximos anos. Contudo, isso dependerá também do avanço da produção de amido de milho, que normalmente se apresenta competitivo em determinados setores, havendo facilmente a substituição da fécula por este produto (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Segundo estes mesmos autores, vale lembrar ainda que a produção de mandioca brasileira é considerada como livre de Organismos Geneticamente Modificados (Free OGM's), o que poderá ser diferencial, principalmente para se atender a segmentos específicos do mercado internacional, em especial os alimentícios. Se comparado a outros países, o Brasil tem vantagens comparativas na produção de mandioca, destacando-se área para o avanço tecnológico, mão-de-obra, know-how e tecnologia para a produção de derivados de mandioca.

Todavia, a falta de pesquisa agrônômica, gestão adequada de matéria-prima e acesso ao mercado internacional são fatores de perda de competitividade. As iniciativas para mudar este Quadro acontecem de forma isolada, via ações estaduais ou até regionais, havendo pouca disseminação dos avanços na cadeia produtiva. Ações conjuntas dos agentes da cadeia produtiva conduziriam a mandiocultura brasileira a elevados níveis de competitividade em mercados de concorrência crescente (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

Felipe et al. (2010) e o estudo da SEAB/DERAL (2012) apontam que o segmento de processamento da cadeia da mandioca está intimamente relacionado com o uso das raízes para a indústria de farinha, de fécula, de alimentos pré-cozidos, de congelados de mandioca e de ração animal, tendo a maioria das fecularias a capacidade operacional para moer, no mínimo, 150 toneladas de mandioca por dia.

Segundo a ABAM (2013), um resíduo bastante volumoso desse processo é a massa que também é conhecida por farelo ou bagaço, composta principalmente pelas fibras da mandioca e por aproximadamente 85% de água. A característica principal do farelo ou massa, é de conter

elevado teor de amido residual, sendo que esse resíduo, depois de seco tem, em média, a seguinte composição: Amido 63,6 %, Glicose 0,24%, Proteína 2,31%; Fósforo 0,03%; Cálcio 0,09%; Potássio 0,28%; Extrato Etéreo 0,65% e Fibra 8,33% (ABAM, 2013).

Para a ABAM (2013) as características da fécula são sensivelmente alteradas pela matéria-prima, visto que quanto mais branca maior é a qualidade da fécula.

As etapas do processamento de mandioca são semelhantes em todas as regiões do país, seguindo o ritual de colher, transportar até a farinheira, descascar as raízes, triturar, prensar, torrar a massa, peneirar e ensacar a farinha (Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012).

O processo de obtenção de fécula de mandioca, de forma genérica consiste na retirada de terra, limpeza, retirada de cepa, trituração, desintegração, peneiramento e, por seguinte, a secagem até a obtenção da fécula seca. No processamento atual, a trituração resulta em pedaços de mandioca de 2 a 3 cm de comprimento. Os pedaços são armazenados em um alimentador dosador, na sequência a mandioca é destinada ao moinho desintegrador (cevadeira), onde ocorre a quebra intercelular e, assim, liberação da fécula. (ABAM, 2013).

Após a moagem, a mistura passa para as peneiras rotativas extratoras com aberturas de 2,00 mm, onde será separada a fécula dissolvida em água (leite de fécula) das fibras (massa) e da água residual. A massa residual é enviada para o lado externo da fábrica, na casa das massas, onde esse resíduo é armazenado e destinado para consumo animal, enquanto os resíduos líquidos assim como dos demais processos, são enviados para as lagoas de tratamento (ABAM, 2013).

## 2.3 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 a seguir.

Jorge (2006) apresentou estudos de casos de biodigestores em países periféricos e desenvolvidos, assim como desenvolveu um projeto piloto especialmente para a indústria de cítricos.

O primeiro estudo apresentado por Jorge (2006), o Caso da Planta Valorga (Holanda), mostrou um projeto comunitário que trouxe benefícios pela venda do biogás e pelo tratamento do lixo orgânico gerado por mais de 380 mil habitantes (450 kg de lixo/ano per capita). O investimento gerava à Planta, anualmente, a receita de U\$ 3.800.000, descontados os custos com funcionários (U\$ 800.000), manutenção e equipamentos (U\$ 800.000) e em amortizações (U\$ 920.000), sua receita líquida anual chegava a U\$ 1.600.000, o que tornou a planta um projeto lucrativo, ainda que muito custoso para ser implementado (um projeto desta magnitude nunca teria sido viável sem a participação de um financiamento a juros muito baixos. O financiamento do projeto foi feito a uma taxa de juros menor que 0,5% ao ano – a amortização anual da Planta era de U\$ 920.000,00).

No Caso Fazenda Bebida Velha, Jorge (2006), situou o trabalho de um biodigestor localizado no Rio Grande do Norte, que foi implementado em 2002 com o objetivo de substituir o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) utilizado para aquecer o aviário. Por meio do levantamento de dados (investimento inicial, produção de biogás e retorno sobre o investimento), o autor concluiu que o projeto se paga após três anos.

Finalmente, na elaboração de um Projeto Piloto para uma Indústria de Cítricos, o autor (Jorge, 2006) pontua os objetivos principais: construção de quatro biodigestores de 75 m<sup>3</sup> cada (para a produção de 100 m<sup>3</sup> de gás/dia); localização dos biodigestores em lugar estratégico onde acontece a formação de resíduos; aproveitamento do resíduo final, que se formará nos biodigestores depois da produção de biogás (como biofertilizante para as plantações); geração de 150 kW de energia elétrica por dia com o gás produzido; utilização de todos os resíduos orgânicos gerados, inclusive a água residuária, num processo de biodigestão; diminuição dos custos na utilização da ureia usada como fertilizante nas plantações de frutas cítricas.

Após todos os cálculos realizados (custo e receita gerada), Jorge (2006) utilizou o lucro líquido anual para fazer um cálculo da Taxa Interna de Retorno do projeto (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL). O autor concluiu que a empresa pagaria todo o projeto em oito anos e passaria a economizar R\$ 8.886,21 líquidos anuais em energia elétrica a partir desse período.

O estudo de múltiplos casos permitiu, assim, concluir que um projeto que utiliza biodigestores para a produção de biogás deve ser cuidadosamente analisado. Baseado em uma visão de longo prazo, como o caso do Projeto Piloto para uma Indústria de Cítricos, pode ser viável tanto no quesito retorno sobre o investimento quanto na questão da deposição dos



resíduos sólidos orgânicos e o seu reaproveitamento como biofertilizante. Mas no curto prazo, do ponto de vista econômico, o projeto torna-se inviável, uma vez que obter-se-á o retorno após oito anos (Jorge, 2006).

Islas, Manzini, e Masera (2007) simularam um estudo sobre a substituição do uso de fogões à lenha por fogões à biogás, no México, nos períodos de 2005-2015 e 2016-2030, por meio do modelo LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system). O modelo é um Quadro contabilístico, que serve como um banco de dados e uma ferramenta de previsão: permite a avaliação das emissões ambientais correspondentes de diferentes políticas energéticas e tecnologias no consumo de energia e de abastecimento. Os autores concluíram que o consumo anual de lenha seria reduzido em 0,35%, resultando em 0,08 milhões de toneladas de madeira em 2015. A redução no consumo de lenha equivaleria a 4,05 milhão de toneladas e seria equivalente a uma economia de 15,87% em 2030. A redução de  $CO_2$  emitido seria de, aproximadamente, 0,12 milhões de toneladas em 2015 e 6,23 milhões de toneladas em 2030.

Para os supracitados autores, o estudo prospectivo mostrou que o uso da bioenergia pode ser substancialmente aumentado, a fim de chegar a 16,17% em geração de energia elétrica até 2030. Quando os cálculos foram analisados pelo setor, indicaram que a participação da bioenergia na geração de eletricidade (plantações, madeira de reflorestamento, bagaços, resíduos de biomassa e biogás de aterros sanitários) poderiam representar 15,45% de toda a eletricidade produzida em 2030. Os resultados indicaram que a premissa básica, para o atual sistema de energia do México, precisa evoluir no sentido de uma utilização cada vez maior da bioenergia como um substituto para os combustíveis fósseis, a fim de alcançar a sustentabilidade ambiental.

Com o intuito de não só reduzir os impactos ambientais provocados pelos materiais orgânicos residuais no meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, mas também analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de biodigestor, Junges, Kleinschmitt, Shikida, e Silva (2009), utilizando o método de estudo de casos exploratórios em duas propriedades rurais produtoras de suínos (Granja A e Granja B), localizadas no município de Toledo (Paraná), concluíram que a implantação deste sistema é um caminho alternativo para o crescimento econômico, podendo gerar biogás, energia elétrica, combustíveis alternativos e ganhos com a comercialização dos créditos de carbono (Junges, Kleinschmitt, Shikida, & Silva, 2009).

Em seu trabalho, os autores estimaram o investimento necessário para a instalação dos biodigestores, bem como o retorno que o investimento daria e o tempo necessário para ressarcir os custos. Para a avaliação do retorno sobre os investimentos e a despesa do empreendimento, foram utilizados os seguintes indicadores: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Taxa de Rentabilidade (TR) que consiste na relação entre o VPL, determinado a partir da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o valor atualizado dos gastos de capital e o Payback (Junges et al., 2009).

Para a Granja A, a análise de viabilidade econômico-financeira foi realizada com e sem o subsídio da terraplenagem. A partir dos valores dos investimentos, custo de manutenção e das receitas obteve-se o fluxo de caixa do sistema por um período de dez anos. Assim, a análise de viabilidade econômico-financeira sem subsídio considerando uma TMA de 8% obteve-se VPL negativo no valor de R\$ 59.182,20, TIR de -1,08%, TR de -36,30% e payback negativo para o período considerado. Já a análise de viabilidade econômico-financeira com subsídio considerando uma TMA de 8% obteve-se um VPL negativo no valor de R\$ 14.182,20, TIR de 5,20%, TR de -12,00% e payback negativo para o mesmo período (Junges et al., 2009).

Para a Granja B, a análise de viabilidade econômico-financeira foi realizada, também, com e sem o subsídio. A partir dos valores dos investimentos, dos custos de manutenção e das receitas obteve-se o fluxo de caixa do sistema por um período de dez anos. Assim, os investimentos iniciais para a análise de viabilidade econômico-financeira sem subsídio custaram R\$ 365.052,91 e considerando a TMA de 8% obteve-se um VPL positivo no valor de R\$ 733.592,81, TIR de 45,47%, TR de 201,00% e payback do segundo para o terceiro ano. Já os investimentos iniciais para a análise de viabilidade econômico-financeira com subsídio custaram R\$ 252.131,91 e considerando a TMA de 8% obteve-se VPL positivo no valor de R\$ 1.003.806,50, TIR de 75,47%, TR de 398,10% e payback do primeiro para o segundo ano (Junges et al., 2009).

Analisando os resultados obtidos nas Granjas A e B, os autores demonstraram que a Granja A, com ou sem subsídios, não recupera os investimentos ao longo dos dez anos, o que torna o investimento inviável econômico e financeiramente. Já na Granja B não seriam necessários outros estudos para provar a viabilidade do investimento (Junges et al., 2009).

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. 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 onde 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 num período de 10 h  $dia^{-1}$ . 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 m<sup>3</sup>  $dia^{-1}$  de biogás, durante 10 horas  $dia^{-1}$ , 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  $dia^{-1}$  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.

A pesquisa de Oliveira, Leoneti, Caldo, e Oliveira (2011) avalia o estudo de caso de uma propriedade rural (criação de suínos) no Município de Caconde (SP), na divisa com Minas Gerais. 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 qualidade ambiental e da qualidade de vida dos funcionários (30 funcionários da fazenda vivem na propriedade, nas 17 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. (Oliveira, Leoneti, Caldo, & Oliveira 2011)).

Recentemente, Elaiyaraju e Partha (2012) investigaram a produção de biogás e tratamento de águas residuais em uma indústria de sagu (mandioca) na Índia. O efluente de sagu (biolodo), rico em matéria orgânica, foi coletado em uma estação de tratamento de esgoto. Para a produção de biogás foram utilizados dois minis 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 a diferentes cargas orgânicas. O experimento foi realizado na temperatura de 38° C sob condição anaeróbica. As produções de gás foram monitoradas para ambos os minis biodigestores durante um período de 19 dias. Os resultados, obtidos em laboratório, indicaram que: o método de se obter biogás a partir do efluente de sagu (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).

Para Elaiyaraju e Partha (2012), 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 de sagu 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).

Por último, no trabalho de Avaci, Souza, Werncken, e Chaves (2013) – mais um estudo de caso de suínos (Granja Colombari localizada no Município de São Miguel do Iguaçu, no oeste do estado do Paraná) – 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 do investimento é de 15 anos e a produção é de  $20 \text{ h dia}^{-1}$  sem a venda de crédito carbono; com a venda de crédito carbono o VPL se torna 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. Enfim, 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.

ARTIGO	PAÍS/SETOR	METODOLOGIA	RESULTADOS
Avaci et al. (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 et al. (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.

Quadro 1: Principais estudos elaborados sobre biodigestores no agronegócio.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2013).

Em suma, todos os estudos apresentados indicam que projetos que propõem alternativas para um manejo mais sustentável dos materiais orgânicos residuais advindos da agroindústria se apresentam como uma boa opção de investimentos. E neste ponto, o biodigestor se mostra como uma ferramenta muito importante no processo de mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEE)<sup>4</sup>. A conversão de matéria orgânica em energia pode ser consumada por meio de vários processos, dependendo do material e do tipo de energia desejada – conforme demonstrado no estudo de Elaiyaraju e Partha (2012).

A utilização dos biodigestores no meio rural tem merecido destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. O aspecto saneamento surge no instante em que se isolam os resíduos do homem e dos animais, proporcionando diminuição de moscas e odores, permitindo também a redução das demandas química e bioquímica de oxigênio e de sólidos, tornando mais disponíveis os nutrientes para as plantas (biofertilizante), encontrando-se em algumas referências a redução de parasitas e patógenos do homem e dos animais – observado no trabalho de Junges et al. (2009).

O estudo de Martins e Oliveira (2011) 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), 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).

No trabalho de Islas et al. (2007), o biogás produzido a partir da instalação de biodigestores pode ser utilizado em substituição à lenha ou ao GLP, gerando economia de

---

<sup>4</sup> GEE são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam seu escape para o espaço. Isso impede que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida. O efeito estufa é um fenômeno natural. Esse fenômeno acontece desde a formação da Terra e é necessário para a manutenção da vida no planeta, pois sem ele a temperatura média da Terra seria 33 °C mais baixa impossibilitando a vida no planeta, tal como conhecemos hoje. O aumento dos gases estufa na atmosfera têm potencializado esse fenômeno natural, causando um aumento da temperatura (fenômeno denominado mudança climática).

energia e receitas provenientes da venda dos créditos de carbono e da energia elétrica, que pode ser utilizada internamente na instalação ou ser vendida à própria concessionária de energia (Islas et al., 2007).

O biodigestor mostrou-se, também, um instrumento capaz de propiciar a qualidade ambiental – como demonstrado nos estudos de Islas et al. (2007) e Oliveira et al. (2011). Os benefícios sócios-ambientais são superiores aos benefícios financeiros. 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).

Os resultados desta pesquisa bibliográfica na literatura científica apontaram possibilidades promissoras na utilização dos biodigestores como uma fonte renovável para a geração de diferentes formas de energia e produção de biogás, favorecendo o desenvolvimento sustentável. Além disso, apresentaram uma visão sobre a avaliação econômica e financeira do desempenho de biodigestores anaeróbios já realizada no setor agrícola, tornando possível, em determinados aspectos, a viabilização de tais biodigestores na produção de biogás para fins energéticos.

Com base nesta pesquisa bibliográfica, ficou evidenciado que a geração de energia à base de biogás a partir dos materiais orgânicos residuais mostra-se viável, desde que sejam instalados biodigestores nas zonas rurais onde esses resíduos têm a sua origem. Além disso, demonstrou que o biogás pode ser utilizado não só como fonte de energia térmica (em substituição à lenha), mas também como fonte de energia elétrica, de biofertilizante e da mitigação dos danos ambientais provocados pela emissão de material orgânico residual.

O que se pôde observar a partir de todos estes estudos foi que 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.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão tratados os conceitos e definições a respeito da teoria da viabilidade econômica de projetos, inovação e desenvolvimento econômico, eco-inovação e desenvolvimento sustentável, direcionadores de eco-inovação, eco-eficiência e de sustentabilidade, a gestão verde da cadeia de suprimentos e a viabilidade econômica sustentável, que servirão de subsídios para a elaboração das proposições da pesquisa e base para a interpretação dos dados coletados.

Ao longo de todo o referencial, será abordada a perspectiva da estratégia que explica a vantagem competitiva a partir dos recursos da firma. A escolha estratégica, inevitavelmente, baseia-se em recursos, pois a estratégia competitiva, por menor que seja, implica em um custo que depende de tecnologias para obter economias de escala, de fontes de matérias primas e mão de obra de baixo custo; e a estratégia competitiva por diferenciação de produto depende de recursos raros e valiosos, tais como as redes de serviços e de distribuição, que também são fatores de produção. Em ambos os casos, os fatores são recursos. Esta perspectiva que surgiu em contraposição à economia industrial, foi formada a partir da convergência entre a Escola Austríaca e os estudos de Chamberlin (1933) e Penrose (1959), cujo propósito é explicar o desempenho econômico das firmas a partir de fatores competitivos internos, situados dentro da organização: os recursos e as capacidades distintivas à disposição da firma para gerar vantagens competitivas (Bellante, 1986; Hart, 1985; Kor & Mahoney, 2004; Rugman & Verbeke, 2002; Signorino, 2012)

O objetivo deste trabalho será demonstrar porque as 10 empresas processadoras de mandioca escolhidas adotaram o biodigestor como recurso e uma possível vantagem competitiva aliada ao desenvolvimento sustentável.

#### 3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS

##### 3.1.1 Risco e Incerteza

Para Fonseca (2012), 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).

Um projeto de viabilidade econômico-financeira inicia-se pelas especificidades do mercado (a oferta e a demanda do produto é a base de sustentação de um projeto de viabilidade). A própria investigação do mercado é primordial em termos de logística para o projeto – a localização da indústria em relação aos insumos utilizados na cadeia de suprimentos torna-se uma variável determinante de todo o processo produtivo (Brigham, Gapenski, & Ehrhardt, 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Segundo tais autores, um projeto de viabilidade econômico-financeira é um conjunto de informações que, reunidas, possibilitam a tomada de decisão de se alocar ou não recursos em determinado negócio. Assim, a decisão deve estar alicerçada por todas as variáveis envolvidas no projeto que minimizem os riscos envolvidos. Por exemplo, na maioria dos processos industriais, a água serve para a lavagem, seja na indústria, seja no próprio processo produtivo. O resultado do emprego da água é a geração dos efluentes líquidos jogados na natureza, originando a poluição (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Para Ferreira (2009), Fonseca (2012), Gomes (2013), Mathias e Gomes (2008) e Woiler e Mathias (2013), nesses termos, o projeto de viabilidade 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).

O risco, para Woiler e Mathias (2013), é parte inerente de todo e qualquer investimento. Na economia, comumente associa-se um retorno maior a um risco maior e é difícil, ou mesmo impossível, eliminá-lo uma vez que não se é capaz de coletar todas as informações relevantes ou prever o futuro. A inclusão do risco na análise do investimento exige uma complexidade

maior na tomada de decisão. Sempre haverá risco enquanto existirem possibilidades de variações inesperadas no retorno ou quando são conhecidos os estados futuros e suas respectivas probabilidades de ocorrência (Woiler & Mathias, 2013).

Fonseca (2012), por outro lado, pontua que os empresários estão cada vez mais atentos às demandas do mercado e que dificilmente lançarão novos produtos sem algumas certezas e os profissionais com especialização técnica em projetos são capazes de identificar e avaliar os possíveis problemas contribuindo na tomada de decisão. Gomes (2013) corrobora esta afirmação ao esclarecer que toda análise de investimento (desembolso de caixa) deve ser criteriosa e clara para todos: qual será o investimento necessário para a implementação do projeto, todos os custos envolvidos, qual o tempo e o valor de retorno esperado, dentre outros, a ponto de habilitar o gestor na análise segura do projeto dentro da visão de negócios da empresa permitindo o sucesso e a continuidade dela no mercado.

Woiler e Mathias (2013) ressaltam ainda que, em qualquer projeto de investimento, o risco advém de duas fontes: o grande volume de informações e as projeções dos valores futuros (uma vez que, em ambas, os fatores internos do projeto possuem um controle parcial e os fatores externos, não). No caso dos fatores internos, levantados por Gomes (2013), como por exemplo: custos envolvidos, total do investimento, etc., Woiler e Mathias (2013) reafirmam que a empresa pode exercer um controle maior, mas no caso dos fatores externos, como por exemplo, a economia do país ou do setor, o grau de avanço tecnológico, inflação, etc., a empresa nada pode fazer.

Na tentativa de atenuar estes riscos, Woiler e Mathias (2013) sugerem a criação de estimativas mais cuidadosas – refinar as informações envolvidas no projeto de modo que possam ser as mais confiáveis possíveis –, a criação de margens de segurança em todos os valores envolvidos – com base na experiência passada da empresa em outros projetos –, a criação de, pelo menos, três cenários – o otimista, o pessimista e o mediano –, ajustes nos principais indicadores do projeto – na Taxa de Desconto e no Valor Presente Líquido – e, por último, realizar a Análise de Sensibilidade – identificar, dentre todos os indicadores do projeto, quais são os mais suscetíveis a influências (Woiler & Mathias, 2013).

Para Brigham et al. (2001), Brigham e Houston (1999), Ferreira (2009), Fonseca (2012), Gomes (2013), Mathias e Gomes (2008) e Woiler e Mathias (2013), incerteza pode ser caracterizada por não serem conhecidos os estados futuros ou suas probabilidades de

ocorrência. Nesta linha de raciocínio, é possível pensar nas incertezas como fenômenos que podem ocorrer fora do campo em que é possível analisar os riscos associados ao projeto. Incerteza, portanto, corresponde a situações futuras imagináveis, porém de modelagem mais difícil em relação aos riscos (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Para Woiler e Mathias (2013), as incertezas podem ser geradas, principalmente, por questões técnicas, pelo mercado, por pessoas, pelos custos envolvidos, pelo cronograma do projeto e pela qualidade final.

Estes mesmos autores vão mais além e afirmam que é possível classificar as incertezas como: a) incerteza decorrente de variações (resultantes de muitas influências); b) incerteza previsível (influências compreendidas e identificáveis, mas cuja ocorrência não é certa; c) incerteza não previsível (influências que não foram identificadas durante o planejamento do projeto – aquilo que ninguém espera que vai acontecer e acontece); e d) caos (a própria estrutura do projeto é incerta).

Com o objetivo principal de reduzir incertezas, a técnica de projetar cenários estabelece uma sequência lógica e temporal de acontecimentos, o desenvolvimento de todo o processo, qual a inter-relação entre os diversos fatores envolvidos e para onde o processo pode conduzir o projeto. Com isso, procura-se entender e antever como certas situações podem ocorrer e, mais importante, quais as alternativas existentes para se atenuar ou, até mesmo, evitar a ocorrência de determinada situação (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Segundo Ferreira (2009), Fonseca (2012), Gomes (2013), Mathias e Gomes (2008) e Woiler e Mathias (2013), a grande contribuição desta técnica é forçar as pessoas envolvidas no projeto a pensarem em aspectos não familiares do meio ambiente, através da dramatização dos fatores mais relevantes. Outra vantagem é o exame da dinâmica de situações que, de outro modo, poderiam ser ignoradas. Cenários projetados com uma metodologia mais definida, levando em conta as características da indústria e as tendências das incertezas associadas trazem um benefício maior para a análise da decisão sobre o projeto (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Elaborar boas projeções faz parte de um processo de aprendizagem em que as hipóteses incorretas constituem a maior causa de erro nas projeções de cenários. O analista deve comunicar ao administrador as hipóteses implícitas e explícitas para que haja a necessária confiança na projeção. Outro aspecto importante é que o analista deve entender o escopo da decisão, ou seja, o que o processo decisório pretende. Isto porque o tempo e os recursos gastos para fazer a projeção, bem como o critério de projeção, irão depender do que está em jogo em termos de incerteza e de risco (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Para esses autores, nestas condições, cabe lembrar que uma decisão importante pode envolver um volume apreciável de recursos. Neste caso, o analista deve dedicar grande esforço, medido em tempo e dinheiro, para preparar a projeção. É importante que o analista tenha uma boa ideia da precisão de sua projeção, bem como das consequências para a empresa dos erros associados. Por outro lado, os administradores devem saber como a projeção foi feita e as hipóteses admitidas, para reconhecer a projeção de cenário como boa e para usá-la na tomada de decisão (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

### 3.1.2 Critérios de Análise

Na opinião de Ferreira (2009) e Fonseca (2012), pode-se afirmar, então, que a elaboração de um projeto de viabilidade econômico-financeira nada mais é do que a reunião de um conjunto de informações necessárias para possibilitar a tomada de decisão de se alocar recursos ou não em determinado negócio.

Quando se realiza a análise criteriosa de determinado investimento, a decisão da viabilidade de desembolsar recursos no projeto ou manter o dinheiro aplicado caberá ao gestor da empresa (que deverá saber, também, qual é a estratégia da empresa). Neste sentido, é preciso saber todas as variáveis envolvidas no projeto, que conduzirão a duas grandes análises: econômica e financeira (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012).

Segundo Brigham et al. (2001), Brigham e Houston (1999), Ferreira (2009), Fonseca (2012), Gomes (2013), Mathias e Gomes (2008) e Woiler e 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 um 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 et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Comparando-se os indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital e considerando-se 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, 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, ou seja,  $VPL = 0$  (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

O Valor Presente Líquido é dado por:

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

Onde:

$VPL(i)$  = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros  $i$ ;

$n$  = número de fluxos de caixa;

$(fcx)_j$  = fluxo de caixa do período  $j$ ;

$J = 0, 1, 2, \dots, n$ ;

$i$  = taxa de juros ou de desconto do período.

A Taxa Interna de Retorno é dada por:

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

Onde:

$VPL(i)$  = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros  $i$ ;

$n$  = número de fluxos de caixa;

$(fcx)_j$  = fluxo de caixa do período  $j$ ;

$J = 0, 1, 2, \dots, n$ ;

$i$  = taxa de juros ou de desconto do período.

Assim se diz 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 pode-se obter a TIR e o VPL (os critérios mais usuais para se 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.

Em outras palavras, o método do VPL consiste em trazer para o tempo presente, após a definição prévia da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou Taxa de Desconto, os valores obtidos a partir de um determinado fluxo de caixa, ou seja, VPL é a soma algébrica dos saldos do fluxo de caixa descontados àquela taxa (TMA) para determinada data. A TMA será utilizada como parâmetro de retorno exigido do investimento, sinalizando ao investidor optar ou não pelo mesmo. Sendo assim, a TMA deve ser no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes de menor risco de investimento (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Para esses mesmos autores, 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. Os métodos de cálculo de Payback mais utilizados são: o Payback Simples (PBS) que não considera o valor do dinheiro no tempo e, além disso, não considera as entradas de fluxo de caixa após a

recuperação do investimento – não mede o resultado total do projeto, que pode apresentar ganhos substanciais após o período de recuperação do capital. A TMA neste método é nula ( $i = 0$ ). Já o Payback Descontado (PBD) demonstra o tempo que leva para se ter o retorno do investimento, ou seja, o tempo necessário para o investimento ser pago e começar a dar lucro, levando em consideração o efeito de se trazer o fluxo de caixa a valor presente, descontado pela TMA. O Payback Descontado tem exatamente a mesma definição do Payback Simples, porém o cálculo é mais preciso por levar em consideração o valor do dinheiro no tempo. (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

O Payback Simples é dado por:

$$PBS = \frac{I_j}{(fcx)_j} \quad (3)$$

Onde:

$I_j$  = investimento do período  $j$ ;

$(fcx)_j$  = fluxo de caixa do período  $j$ ;

O Payback Descontado é dado por:

$$PBD_t = -I_j + \sum_{j=0}^n \frac{(R_j - C_j)_j}{(1+i)^j} \quad (4)$$

Onde:

$PBD_t$  = o valor presente do capital, ou seja o fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante  $t$ ;

$-I_j$  = investimento inicial do período  $j$ ;

$R_j$  = receita proveniente do período  $j$ ;

$C_j$  = custo proveniente do período  $j$ ;

$i$  = taxa de juros mínima de atratividade (TMA).

### 3.1.3 Diretrizes da Avaliação de um Projeto

A qualidade de um projeto, bem como da decisão correspondente podem ser melhoradas através de um processo de elaboração criterioso. A qualidade das informações, associada ao uso de modelos conceituais provados e sólidos, irá contribuir para que a governança corporativa seja enfatizada através de decisões de investimento em fase com a estratégia da empresa (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Um primeiro ponto a ser examinado é o próprio gasto com elaboração e análise de um projeto de investimento. Estes custos são menores que os custos de investimento, principalmente, quando se considera a importância vital (evitar investimentos antieconômicos e ou mal intencionados) para a decisão de investir. Além disso, a decisão estratégica de investimento apresenta-se como pouco flexível, de difícil reversão, de impacto demorado no tempo, requerendo grandes volumes de recursos. Acrescenta-se ainda que as decisões tomadas nesta fase de viabilidade irão influir sobre toda a vida útil da empresa, de modo que o grau de liberdade operacional tende a ser muito menor, ou seja, uma administração operacional bem executada pode não ser capaz de compensar os erros do projeto (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Muitas vezes, a análise de viabilidade não é elaborada ou, então, é feito um projeto de financiamento que é assumido como se fosse o projeto de viabilidade. Neste caso, é preciso então que o processo de elaboração e análise de projetos seja realizado levando-se em conta alguns fatores básicos (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013).

Como observado anteriormente, o ponto de partida é realizado com base em projeções. Além disso, é frequente que cada fase de verificação da viabilidade corresponda a um processo de decisão aplicada a um problema complexo, com limites não muito bem definidos e com informação parcial. Estes dois fatores fazem com que a coleta e o processamento de informações custem tempo e recursos. É uma questão de lógica a empresa investir recursos na análise de viabilidade de modo proporcional ao risco que o projeto apresenta (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

O que estes últimos autores querem afirmar é que se determinada opção de investimento apresentar um grau de risco elevado (capaz de colocar em jogo a rentabilidade, a estabilidade ou mesmo a sobrevivência da empresa), então, quantias maiores de recursos devem ser gastas



para a correta análise de viabilidade. É importante observar que o risco pode estar associado a uma diversificação, por exemplo, e ou a projetos que requerem um volume elevado de recursos para a empresa (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Porém, a experiência diz que os processos de busca, coleta e processamento de informações saturam longe da certeza absoluta. Isto decorre em parte da incerteza inerente a qualquer processo de inferência e, em parte, dos limites impostos pelo próprio meio (carência de informações secundárias e pelas dificuldades em se levantarem informações primárias). Isto faz com que o custo de coleta e processamento de informações cresça de modo exponencial com a confiabilidade já alcançada, isto é, a empresa deve gastar em consonância com o grau de confiabilidade já atingido na análise de viabilidade (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

A ideia primária do projeto pode ter surgido de uma oportunidade que a empresa detectou no meio ambiente ou pode ter aparecido de uma oportunidade interna, como um novo produto ou o aproveitamento de um resíduo que antes era descartado. Esta ideia inicial passa por uma análise de viabilidade superficial para verificar se vale a pena fazer a análise de pré-viabilidade para, só depois, entrar na fase de análise de viabilidade. Os custos serão crescentes em pesquisas de mercado, análise de viabilidade técnica, determinação do tamanho, localização, etc. Mas, dois pontos importantes precisam ser destacados: estes gastos devem ser feitos por etapas e a empresa não deve gastar mais do que o necessário em cada estágio da decisão, ou seja, a análise deve ser aprimorada de forma gradativa (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Como bem destacam Woiler e Mathias (2013), o projeto é parte integrante do processo decisório que implementa uma estratégia pretendida. Ele representa o comprometimento do processo em suas diversas fases. Quando se examina o processo de tomada de decisão de modo mais abrangente, a decisão precisa ser monitorada e controlada em todos os níveis da organização, para garantir que a estratégia realizada seja adequada no sentido de atender às demandas dos stakeholders<sup>5</sup> externos e internos. Da mesma forma que a ausência de stakeholders podem desequilibrar o processo decisório (Woiler & Mathias, 2013).

---

<sup>5</sup> É um termo usado em diversas áreas referente às partes interessadas que devem estar de acordo com as práticas de governança corporativa executadas pela empresa.

O uso de cenários poder ser funcional para se fazer uma relação entre a estratégia da empresa e a decisão de investir em um determinado projeto, principalmente que se quer incorporar à decisão do projeto os impactos possíveis da concorrência. O modo de elaborar cenários corresponde, assim, a se partir de uma determinada estrutura da empresa em análise e projetar uma estrutura para um futuro compatível com a decisão de investimento. Para tanto, é necessário identificar as incertezas que podem afetar uma estrutura ao longo do tempo de análise. Uma vez elaborado um ou mais cenários e escolhida a estratégia, é necessário escolher a trajetória para sua implementação.. Assim, a estratégia realizada pode ser mapeada no ambiente da empresa projetado no cenário (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Decidir se é mais vantajoso investir o dinheiro em uma aplicação bancária ou destinar o recurso para um projeto envolve um conjunto de variáveis que devem ser apresentadas e discutidas no momento da avaliação do investimento. As variáveis, por vezes, apresentam-se inter-relacionadas, dificultando a análise de cada aspecto separadamente. Além disso, ainda existem as hipóteses e as considerações além do projeto (as análises qualitativas – como produto, mercado, consumidor, etc.) que desempenham, geralmente, papel muito mais relevante do que os próprios resultados da análise quantitativa – fluxo de caixa, taxas, valor do dinheiro no tempo, entre outras (Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Woiler & Mathias, 2013).

A solução encontrada para um complexo problema de análise, na opinião dos mesmos autores, foi a separação dos diferentes aspectos em grupos distintos em que cada grupo passa a ser analisado separadamente para, em um momento posterior, ser adicionado aos demais na análise final do projeto. A análise é realizada sequencialmente, de modo iterativo e em grau crescente de complexidade para cada grupo, até que se alcance o grau de refinamento adequado. O refinamento começa, por exemplo, pelo setor econômico do projeto (agrícola, industrial ou de serviços), pelo objetivo (de implantação, expansão, modernização, inovação, de P&D, dentre outros), pela função (de viabilidade, final ou de financiamento) e pelo método de avaliação (econômica e financeira).

Para Ferreira (2009), Fonseca (2012) e Woiler e Mathias (2013), além das tradicionais avaliações econômicas (estudo de mercado, escala de produção, localização, estudos técnicos na elaboração do produto ou serviço a ser oferecido, receitas diretas e indiretas e custos fixos e variáveis) e financeira (análise do fluxo de caixa do projeto em termos quantitativos, das saídas e entradas de caixa e a rentabilidade do projeto em ambiente de uma economia competitiva de

mercado na qual será implantado), 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).

Para os referidos autores, 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.

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 (assunto que abordaremos mais adiante em profundidade). 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).

## 3.2 DA INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

### 3.2.1 Destruição Criativa

Para Costa (2006), Dias (2014) e Tidd, Bessant e Pavitt (2008), as transformações econômicas mundiais ocorridas desde o século passado despertaram o interesse de um dos economistas mais brilhantes de todos os tempos: Joseph Alois Schumpeter. Para ele, as empresas usam novas combinações (inovações) a fim de obter vantagem estratégica. Além disso, a criatividade está estreitamente relacionada com a economia, uma vez que ambas conduzem ao processo de destruição criativa – por meio do qual antigos hábitos de produção são destruídos (substituídos) por novos e melhores meios – onde o principal responsável é o empreendedor inovador (agente perseverante e ambicioso – um herói – na criação de mercados, empresas e projetos empreendedores). Cabe ao empreendedor a missão de tornar a empresa criativa, pois todo processo de inovação se inicia na geração de ideias, embora, por vezes, nem

toda ideia gere, necessariamente, uma inovação (Costa, 2006; Dias, 2014; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006; Tidd, Bessant, & Pavitt, 2008).

Para Schumpeter, a inovação é a chave do capitalismo, o motor do crescimento econômico. A concorrência cede seu lugar a uma superioridade decisiva entre custo e qualidade, no qual a incerteza é um obstáculo para o investimento em inovação, em que o tamanho da empresa (empresas maiores são mais inovadoras) e a concentração do setor (barreiras de entrada concentram as inovações) constituem fatores relevantes na redução da incerteza (Dias, 2014; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

A concorrência baseada na inovação provoca mudanças na economia advindas da evolução tecnológica dos diferentes setores e ramos de atividade. A trajetória de cada setor e ramo dependerá da frequência e intensidade das inovações. Não apenas isso, mas o empreendedor inovador de Schumpeter também terá que romper o equilíbrio entre oferta e demanda por meio da inovação. A mudança radical destrói as tecnologias existentes e a necessidade de inovação surge em função do ambiente externo (Dias, 2014; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

No Manual de Oslo (OCDE, 2005), o conceito clássico de inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, um processo, um novo método de marketing ou organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Para Tidd et al. (2008), a inovação não é apenas isso, mas também a habilidade de relacionar-se, detectar oportunidades e obter vantagem (seja conquistando novos mercados, seja oferecendo novas ofertas a mercados já existentes). Para isso, a tecnologia sempre será um fator fundamental na aquisição de melhorias que conduzam à criação de um produto ou processo novo (inovação radical) ou ao aperfeiçoamento de um mesmo produto ou processo já existente (inovação incremental).

Segundo Schumpeter (1939, 1961, 1997, 2002, 2006), Tidd, et al. (2008) e Tigre (2006), produtos novos podem capturar e reter fatias de mercado, aumentando não só a competitividade, mas também, por consequência, a lucratividade da empresa – que deve ter uma capacidade de substituir produtos com uma frequência cada vez maior, em um mundo onde o ciclo de vida dos produtos é cada vez menor. Cabe ressaltar que a vantagem obtida por meio da inovação

perde seu poder competitivo à medida que outras empresas as imitam. E, a partir desse ponto, outras inovações surgirão, novos lucros serão obtidos advindas da nova capacidade de competitividade e o ciclo se repetirá onde o empreendedor inovador sempre buscará a próxima inovação que leve a maiores lucros e vantagem estratégica (Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006; Tidd, et al., 2008; Tigre, 2006).

Acima de tudo, o mais importante, na opinião de Dias (2014), é que a inovação se torne uma atividade primordial para as empresas que buscam uma vantagem competitiva frente ao mercado. É por meio desta que uma empresa pode se sobressair em relação a outra atingindo a liderança por meio de vantagens que a manterão melhor posicionada. A maior parte das inovações de sucesso não ocorre devido a um lampejo momentâneo, mas a partir de uma implementação sistemática na área administrativa da empresa por meio de atividades inovativas com apoio tecnológico e voltadas para o desenvolvimento de processos ou produtos novos ou melhorados. O Quadro 2 mostra a opinião de alguns empresários e especialistas sobre “O que é inovação?”:

Inovação	Autor
"O futuro é colaborativo. Para uma empresa entrar nessa era deve desmontar paredes, quebrar egos, colocar jovens no conselho e perceber que a inovação não está nas salas das reuniões da diretoria"	Gil Giardelli, diretor executivo da consultoria Gaia Creative
"Vinte séculos depois de Heráclito, transformar ainda é a questão. Inovamos ou a realidade mudará o tempo todo, obrigando cada um a se virar como pode?"	Gilson Schwartz, economista, professor e pesquisador brasileiro
"Inovação não é invenção, é algo que não acontece da noite para o dia. Acontece quando a empresa prima pela melhoria contínua dos processos"	Alfred Hackenberger, presidente da BASF para a América do Sul
"A inovação é pré-requisito para o sucesso. Deve ser buscada diariamente, com a ajuda de funcionários e líderes. Profissionais com conhecimento, capacidade criativa e espírito empreendedor são fundamentais em cidades. Essa alta urbanização representa grandes oportunidades econômicas, mas também desafios sociais e ambientais"	Rodrigo Kede, presidente da IBM Brasil
"Competitividade e inovação estão fortemente ligadas. Para que o país se torne mais inovador, é importante aproximar a academia da indústria. A inserção de pequenas e médias empresas no processo inovador é fundamental, visto que elas constituem parte significativa da cadeia produtiva nacional"	Marcos Assayag, gerente executivo do centro de pesquisas e desenvolvimento da Petrobras
"Para que o país possa se tornar ainda mais inovador, precisamos garantir um ambiente de negócios propício à inovação, caracterizado, entre outros, pelo respeito à propriedade intelectual"	Pedro Arraes, presidente da Embrapa

Quadro 2: O que é inovação.

Fonte: Adaptado de Gutierrez (2012) e Dias (2014).

### 3.2.2 O Processo de Inovação e o Modelo de uma Empresa Inovadora

Segundo Dias (2014), OCDE (2005), Tidd et al. (2008) e Tigre (2006), a geração, a exploração e a difusão do conhecimento são fundamentais para o crescimento econômico, o desenvolvimento e o bem-estar das empresas e, consequentemente, dos países. Nesse aspecto, a inovação é um processo contínuo e dinâmico, em que as empresas buscam, por meio de

conhecimento e experiência, melhorar seus produtos e/ou processos por meio de etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais que realmente conduzam à implementação de inovações (Dias, 2014; OCDE, 2005; Tidd et al., 2008; Tigre, 2006).

As empresas procuram inovar em produtos, mercados, eficiência, qualidade ou capacidade de aprendizado e de realização de mudanças. Identificar os motivos que levam as empresas a inovar, contribui para revelar as forças exercidas nas atividades de inovação, tais como a competição e as oportunidades de novos mercados. Por outro lado, fatores econômicos (custos elevados e demanda fraca, por exemplo), fatores organizacionais tais como, carência de pessoal especializado, fatores legais (regulações ou regras tributárias) e, até mesmo, a incapacidade que determinadas empresas possuem de proteger suas inovações da imitação dos seus competidores podem desestimular uma empresa a inovar (Dias, 2014; OCDE, 2005; Tidd et al., 2008; Tigre, 2006).

Segundo Dias (2014) e Tidd et al. (2008), as empresas que desejam inovar precisam ter as seguintes questões bem analisadas: a criatividade é imprescindível, a inovação deve ser sistematizada (cada etapa cuidadosamente planejada), gestão voltada para a inovação e para o conhecimento (além da rigidez hierárquica não incentivar a inovação, o saber precisa ser compartilhado) e gerenciamento da diversidade (culturas distintas contribuem para a inovação). Para defender sua competitividade, as empresas inovam e procuram obter vantagens em relação aos concorrentes. Mas essa inovação só poderá ocorrer se alguns fatores forem eliminados ou minimizados: relações verticais restritas ou comunicações laterais precárias, recursos limitados, inflexibilidade para a mudança, atividade da inovação sem foco e, até mesmo, práticas contábeis que não apoiam a inovação.

Para estes mesmos autores, quando se desenvolve uma cultura de inovação dentro de determinada empresa, espera-se que os funcionários estejam cientes dos mais recentes métodos e rotinas de trabalho para que estes sejam aplicados na própria empresa contribuindo para que as ideias se transformem em novos ou melhores produtos ou processos. Eles precisam ter o comportamento, o compromisso e um espírito de equipe com um propósito comum a todos. Porém, para a consolidação desta cultura, o papel dos gestores é fundamental: devem possuir habilidades de oratória, capazes de transmitir a ideia principal e a motivação necessária facilitando a criatividade e o crescimento contínuo das inovações. Este tipo de cultura organizacional convive em um cenário de constantes mudanças, pois enfatiza a inovação contínua, administrando o caos por meio da capacidade de adaptação, identificando novas

oportunidades para inovar e habilitando as equipes para que saibam onde buscá-las (Dias, 2014; Tidd et al., 2008).

Para se atingir um modelo de cultura organizacional inovadora, torna-se necessário que a empresa ofereça a oportunidade de participação dos funcionários, reconheça publicamente as ideias e metas alcançadas pelas equipes e tenha um forte compromisso em cumprir as decisões adotadas em comum acordo com todos: gestores e funcionários. Além disso, a empresa deve adaptar o avanço científico e tecnológico à sua atividade, desenvolvendo novidades significativas que desequilibrarão a estrutura do mercado (Dias, 2014; Schumpeter, 1961, 1997, 2002; Tidd et al., 2008; Tigre, 2006).

O processo de inovação deve ser visto, pelos gestores, como um plano de negócio, e, não como uma função, ou seja, a inovação precisa ser elemento imprescindível na estratégia da organização. As novas empresas caracterizam-se por seu dinamismo, sua capacidade de desenvolver e alterar protótipos tecnologicamente muito diferentes da oferta existente e para detectar e aproveitar oportunidades do mercado, demonstrando assim flexibilidade (Dias, 2014; Schumpeter, 1961, 1997, 2002; Tidd et al., 2008; Tigre, 2006).

Tidd et al. (2008) são mais enfáticos quando o assunto é participação dos funcionários. “As pessoas são o nosso maior ativo” é o slogan primordial e assunto de interesse central, uma vez que a inovação tem a ver com trabalho em equipe e com a combinação criativa de diferentes disciplinas e perspectivas (o sucesso vem de pessoas trabalhando juntas em equipes de alto desempenho). Igualmente, uma organização inovadora é um conjunto integrado de componentes que trabalham juntos para criar e fortalecer o tipo de ambiente que permita que a inovação prospere (Quadro 3).

Componente	Características-chave
Visão	Comprometimento da alta gestão
Estrutura	Promove criatividade, aprendizagem e interação
Indivíduos	Promotores e defensores da inovação
Trabalho em Equipe	Investimento: seleção e formação de equipe
Desenvolvimento Individual	Ensino e treinamento contínuos para altos níveis de competência e aprender eficazmente
Comunicação	Internamente (ascendente, descendente e lateralmente) e externamente
Envolvimento	Participação de toda a organização
Foco	Trabalho em rede no cliente externo e interno
Ambiente	Ideias criativas apoiadas por sistemas de motivação relevantes
Tipo de Organização	Proativa, disseminadora de conhecimento, experiências e solucionadora de problemas

Quadro 3: Componentes da organização inovadora.

Fonte: Adaptado de Tidd et al., (2008).

Tidd et al. (2008) pontuam que as rotinas das empresas criarão os cenários que permitirão as atividades de aprendizagem, conduzindo a novas ideias que produzirão a inovação estável. Mas, inevitavelmente, o contexto dentro do qual as atividades ocorrem mudam sem cessar e há que se adquirir uma abordagem que redirecione a organização para novas aprendizagens a fim de lidar com os desafios incessantes. É como se fosse um ciclo de aprendizagem, envolvendo um processo de experimentação, prática, reflexão e consolidação.

O fator determinante de sucesso ou fracasso para as organizações é a capacidade de gerenciar um ciclo de aprendizagem de forma explícita – na criação de novos produtos ou novas tecnologias de processos. É claro que não existe uma organização perfeita a ponto de inovar continuamente. Sempre haverá oportunidades para experimentação e melhorias contínuas. O desafio é reconhecer as habilidades-chave: análise e reconfiguração constante que visem ao desenvolvimento das capacidades dinâmicas das organizações. Só assim elas serão capazes de inovar (Tidd et al., 2008).

### 3.2.3 Desenvolvimento Econômico de Schumpeter

Segundo Costa (2006) e Nelson (2006), na economia neoclássica, com transações e trocas estabelecidas entre os agentes, dentro de um equilíbrio “regido” pelo mercado, a vida econômica era concebida fluindo por canais que, interligando empresas e unidades familiares, caracterizavam o chamado fluxo circular da renda, em que canais e tipos de fluxos, ano após



ano, não sofriam alterações substantivas e significativas. Com base em tal ideologia, Schumpeter acreditava que a vida econômica experimentava mudanças não contínuas que alteravam o limite e o próprio curso tradicional das relações entre os agentes do sistema econômico, de forma que tais mudanças não poderiam ser captadas por uma análise do fluxo circular da renda. A ocorrência de mudanças de tal natureza, às quais Schumpeter denominou de “revolucionárias”, consistia no problema central do processo de desenvolvimento econômico. “Entenderemos por desenvolvimento, portanto, apenas as mudanças da vida econômica que não forem impostas de fora, mas que surjam de dentro, por sua própria iniciativa...” (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

Schumpeter não considerava o crescimento da economia derivado do crescimento populacional, da renda e da riqueza, como parte de um processo de desenvolvimento, desde que a verificação do crescimento não resultasse em nenhum fenômeno qualitativamente novo (tais incrementos, portanto, são por ele considerados meras mudanças dos dados naturais). Além do mais, o desenvolvimento, no sentido em que o tomamos, é um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que pode ser observado no fluxo circular ou na tendência para o equilíbrio. É uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo, perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente. Mudanças espontâneas e descontínuas no canal do fluxo circular e perturbações do centro do equilíbrio aparecem na esfera da vida industrial e comercial, não na esfera das necessidades dos consumidores de produtos finais (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

Segundo a teoria schumpeteriana do desenvolvimento (Schumpeter, 2006), é o produtor que inicia a mudança econômica promovendo “novas combinações” de meios produtivos, que vão definir uma situação ou um processo de desenvolvimento. Elas consistem no emprego diferente dos recursos produtivos disponíveis no sistema econômico, estando vinculadas em sua realização a empresas novas, que não surgem das antigas, mas começam a produzir lado a lado e em simultâneo às mesmas. De acordo com Schumpeter, o conceito de “novas combinações” (inovações) se aplica aos 5 casos que seguem:

- ☐ Introdução de um novo bem, ou de uma nova qualidade de um bem;
- ☐ Introdução de um novo método de produção, ou uma nova maneira de comercializar uma mercadoria;
- ☐ Abertura de um novo mercado;

- Conquista de uma nova fonte de matérias-primas, ou de bens intermediários;
- Estabelecimento de uma nova forma de organização de qualquer indústria.

Para que novas combinações possam se concretizar, o modelo de Schumpeter destaca o relevante papel desempenhado pelo sistema de crédito, cujo fornecimento é atribuído aos indivíduos chamados de “capitalistas”, os capitalistas privados – proprietários de dinheiro, de direitos ao dinheiro ou de bens materiais. O banqueiro como produtor da mercadoria e “poder de compra” substitui os capitalistas privados ou se torna o seu agente, na função de suprir o volume de crédito indispensável ao financiamento das novas empresas, que vão introduzir as mudanças revolucionárias na vida econômica, as inovações. Desse modo, o banqueiro transforma-se no capitalista por excelência, se colocando entre os que desejam formar combinações novas e os que possuem os fatores de produção (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

Ao lado dos elementos “nova combinação de meios de produção” e o crédito, a análise de Schumpeter (2006) contempla um terceiro elemento que ele considera como o fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico: o “empreendimento”, que consiste na realização de combinações novas, o qual é impulsionado pelos “empresários”, aqueles indivíduos cuja função é realizar tais combinações. Essa atuação é de natureza especial, com o indivíduo assumindo a característica de empresário ao reunir e combinar de forma inédita os recursos produtivos, ou seja, apenas quando a nova combinação ocorre pela primeira vez. A partir daí, com a nova combinação perdendo o caráter inovador e se tornando rotina, não se teria mais a figura do empresário, na concepção de Schumpeter, e sim a de um mero administrador.

Segundo Costa (2006) e Nelson (2006), colocadas as bases de análise da teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter, pode-se responder à pergunta por ele mesmo formulada: “por que o desenvolvimento econômico, como o definimos, não avança uniformemente como cresce uma árvore, mas, sim, espasmodicamente; apresentando os altos e baixos que lhe são característicos?” A resposta não poderia ser mais curta e precisa: exclusivamente porque as novas combinações (inovações) não são, como se poderia esperar segundo os princípios gerais de probabilidade, distribuídas uniformemente por meio do tempo, mas aparecem, se é que o fazem, descontinuamente, em grupos ou “bandos”. Verifica-se, então, o aparecimento em massa de novos empreendimentos, de empresários em grupos, pressionando as empresas antigas e a situação econômica estabelecida, causando um “boom”, que teria um efeito qualitativamente diferente sobre o sistema econômico se tal aparecimento ocorresse de

forma contínua e uniformemente distribuído no tempo. Dessa forma, o sistema capitalista para Schumpeter, se traduz em um método de transformação econômica, não podendo se esperar ou querer que tal sistema seja estacionário (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

A questão para Schumpeter (1961) é que as inovações transformadoras não podem ser previstas com antecedência. Contudo, esses tipos de inovações, que são originadas no próprio sistema, quando introduzidas na atividade econômica, produzem mudanças que são qualitativamente diferentes daquelas alterações do dia-a-dia, levando ao rompimento do equilíbrio alcançado no fluxo circular. Assim, a evolução econômica se caracteriza por rupturas e descontinuidades com a situação presente e se devem à introdução de novidades na maneira de o sistema funcionar.

Schumpeter (1997) procura estabelecer de onde proveem as inovações, quem as produz e como são inseridas na atividade econômica. Ele descarta a hipótese de que elas se originem no âmbito dos desejos e necessidades dos consumidores, embora sejam elementos importantes para a adoção e difusão de novas combinações. Todavia, esses atores são passivos em relação à pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos e processos. Apenas os incorporam aos seus hábitos diários. As mudanças se originam, portanto, no lado da produção, na maneira distinta de combinar materiais e forças para produzir as coisas a serem utilizadas na vida diária das pessoas.

O dinamismo do sistema econômico para Schumpeter depende, assim, do surgimento do empresário como criador de novas combinações. Mais do que isso, é alguém que tem a habilidade para que o novo seja implementado. Após as novas combinações serem adicionadas ao fluxo regular da atividade econômica, o empresário perde sua condição, passando, assim, a fazer parte da classe capitalista ou da burguesia. É esse o sentido que Schumpeter atribui ao termo empresário (Schumpeter, 1961, 1997).

Ao romper com o estabelecido, as inovações causam desequilíbrios, gerando ondas de desenvolvimento econômico mediante prosperidades e depressões – aumento e queda na produção e no emprego – além de todas as outras repercussões provocadas no ambiente sociocultural. Os altos e baixos na produção e no emprego – a forma assumida pelo desenvolvimento econômico no capitalismo, segundo Schumpeter – decorrem de dois movimentos. No que se refere aos períodos de expansão, esses se devem à própria difusão das

inovações. A introdução no mercado de um novo produto ou processo gera lucros extraordinários, o que atrai uma leva de imitadores que buscam aproveitar as oportunidades abertas pela inovação. Isso se manifestará na construção de novas plantas e na contratação de mão-de-obra e compra de insumos. Os novos investimentos levam ao boom na atividade em questão e em outras secundárias (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

O outro movimento deriva de adaptações que são feitas pelos agentes, oriundas de mudanças causadas pelas inovações. A introdução de uma novidade de produtos ou processos vem alterar as condições competitivas dos empreendimentos já estabelecidos. As inovações, ao se colocarem como alternativas a produtos e processos antigos, levam esses últimos à perda de espaço no mercado, sucateando capacidade instalada e destruindo postos de trabalho, espalhando-se para outros setores relacionados e para mais distantes, atingidos pelo efeito-renda negativo. Predomina, nessa situação, um clima de incerteza nos negócios. Na ótica de Schumpeter, o processo de concorrência apresenta ganhadores e perdedores; não é um jogo de ganha-ganha. É uma situação em que o sistema deve se ajustar às inovações, gerando depressões na economia (Schumpeter, 1961, 1997).

O impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista procede dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista. Trata-se de um processo de mutação industrial que revoluciona incessantemente – originando os ciclos econômicos – a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos. O processo de destruição criadora é básico para se entender o capitalismo. É dele que se constitui o capitalismo e a ele deve se adaptar toda a empresa capitalista para sobreviver (Costa, 2006; Nelson, 2006; Schumpeter, 1939, 1961, 1997, 2002, 2006).

Trazendo para os dias de hoje, Nelson (2006) esclarece que, as empresas com fins lucrativos e concorrentes rivais entre si são os principais agentes do capitalismo. O contexto no qual elas operam é estabelecido, de um lado, pelas leis e crenças do próprio capitalismo, que habilitam as empresas a manter a propriedade, ao menos por um tempo, das novas tecnologias por elas criadas, e, de outro, pelo conhecimento científico público. Este último confere à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) industrial o poder de resolução de problemas. Já as novas tecnologias apropriadas capacitam as empresas a lucrarem quando sua P&D cria algo

valorizado pelo mercado. Com efeito, dado que suas concorrentes são induzidas por esse contexto a investir em P&D, uma organização não tem outra escolha a não ser fazer o mesmo. Disto resulta um significativo investimento empresarial em P&D, gerando um fluxo abundante de novos produtos e processos. Cabe ao mercado selecionar tanto as inovações oferecidas pelas diferentes empresas como as próprias organizações que irão produzi-las (Nelson, 2006).

### 3.3 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A ECO-INOVAÇÃO

#### 3.3.1 Desenvolvimento Sustentável – “Nosso Futuro Comum”

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. O desmatamento e o uso exagerado de combustíveis fósseis, por exemplo, mudaram completamente a relação do homem com o meio ambiente. O crescimento populacional, demandando cada vez mais bens e serviços, provocou um aumento no uso de recursos naturais e um incremento, ainda maior, na utilização de energia. A principal questão que vem à tona para o debate mundial é: como a humanidade pode usufruir do ambiente natural sem destruí-lo? Mais ainda: é possível, por meio de um processo de inovação, encontrar substitutos para os combustíveis não-renováveis e que apresentem vantagens maiores em relação aos existentes? Responder a estas questões implica em gerar ideias que possibilitem superar estes problemas causados pelo crescimento populacional (Dias, 2014; Markovska, Duic, Guzovic, Mathiesen, & Lund, 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<sup>6</sup>. A preocupação crescente com o desenvolvimento sustentável enseja, no seu horizonte, um aumento da procura por um crescimento ecologicamente aceitável, ou seja, 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).

---

<sup>6</sup> Conjunto de processos produtivos – industriais, comerciais, agrícolas e de serviços – que ao ser aplicado em um determinado local – país, cidade, empresa, comunidade, etc. –, possa gerar nele um desenvolvimento sustentável nos aspectos econômico, social e ambiental.

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, Meadows, Randers, & Behrens III, 1972; Meadows, Meadows, & Randers, 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<sup>7</sup>, 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).

Segundo o Relatório Meadows, seria possível alterar essas tendências e estabelecer condições de estabilidade ambiental, econômica e sustentável a longo prazo em que as necessidades de cada ser humano no planeta pudessem ser satisfeitas com oportunidades igualitárias no intuito de cada um poder realizar seu potencial individual. Quanto mais cedo tais alterações ocorrerem, maiores serão as chances de sucesso. Entretanto, é imprescindível que as pessoas queiram e façam mudanças (Kool, 2012; Heinberg, 2010; Hinterberger & Giljum, 2008; Meadows et al., 1972; Meadows et al., 1992; Romeiro, 2003; Singer, 2010; Stavins, 1992).

Segundo estes mesmos autores, vinte anos depois, com a publicação do 2º Relatório Meadows (Além dos Limites, 1992) constatou-se que: a) o uso de muitos recursos naturais e a geração de poluentes já haviam ultrapassado as taxas aceitáveis (se nada fosse realizado nas décadas posteriores, ocorreria um declínio incontrolável na produção de alimentos, no uso de energia e na produção industrial); b) Para evitar este declínio, duas mudanças seriam necessárias: revisão das políticas e práticas que controlavam o crescimento da população e do

---

<sup>7</sup> Grupo de pessoas ilustres que se reúnem para debater um vasto conjunto de assuntos relacionados a política, economia internacional e, sobretudo, ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

consumo de materiais, e um rápido e drástico aumento na eficiência com que os materiais e a energia eram utilizados. Porém, a transição para uma sociedade sustentável requer uma análise criteriosa entre os objetivos de curto e longo prazo com ênfase na eficiência, na equidade e na qualidade de vida. A ideia dos limites, da sustentabilidade, da suficiência, da equidade e da eficiência não devem ser barreiras ou obstáculos, mas, sim, direcionadores para um novo mundo (Kool, 2012; Heinberg, 2010; Hinterberger & Giljum, 2008; Meadows, 1994; 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. A cobertura da mídia e o crescimento da consciência pública acerca dos problemas ambientais pressionaram as empresas a assumirem maiores responsabilidades relacionadas ao declínio do impacto ambiental. Dessa forma, começou a surgir, então, a necessidade de se encontrarem outras fontes de vantagens competitivas. 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).

Dias (2014) ressalta que esse evento produziu três grandes decisões de ampla repercussão: a) a Declaração de Estocolmo (com 24 princípios para preservar e melhorar o meio ambiente, dos quais os oito primeiros resumem a definição de desenvolvimento sustentável); b) o Plano de Ação de Estocolmo (contendo 109 recomendações internacionais sobre os problemas ambientais); e c) a ONU assume o papel de direcionar e coordenar esforços para integrar os órgãos, países e organizações sobre a questão da proteção ambiental, – é criado o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA) – propondo as bases dos problemas ambientais a nível mundial de desenvolvimento, onde, mais tarde, se formaria o conceito de desenvolvimento sustentável (Dias, 2014; GEF/UNCCD, 2011; Handl, 2012; Sohn, 1973; UN, 1972, 2012a, 2012b, 2013; WCED, 1987).

Segundo Barbieri, Vasconcelos, Andreassi e Vasconcelos (2010), Handl (2012), Markovska et al. (2013) e 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, Vasconcelos, Andreassi, & Vasconcelos, 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 documento foi publicado após três anos de audiências com líderes de governo e o público em geral, ouvidos em todo o mundo, sobre questões relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento. Foram realizadas reuniões públicas tanto em regiões desenvolvidas quanto nas em desenvolvimento e o processo possibilitou que diferentes grupos expressassem seus pontos de vista em questões como agricultura, silvicultura, água, energia, transferência de tecnologias e desenvolvimento sustentável em geral. O relatório faz parte de uma série de iniciativas que reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas (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 sim essa conciliação entre as questões ambientais e sociais, enfatizando problemas ambientais, como o 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).

Segundo Barbieri et al. (2010), GEF/UNCCD (2011), Handl (2012), Markovska et al. (2013), UN (2012a, 2012b, 2013) e WCED (1987), “Nosso Futuro Comum” (Relatório Brundtlandt) apresenta uma lista de ações a serem tomadas pelos Países (Quadro 4) e também



define metas a serem realizadas no nível internacional (Quadro 5), tendo como agentes as diversas instituições multilaterais. Entre as medidas apontadas pelo relatório, constam soluções, como a diminuição do consumo de energia, o desenvolvimento de tecnologias para uso de fontes energéticas renováveis e o aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas. As medidas deixam muito claro, nessa nova visão das relações homem-meio ambiente, que não deveria existir apenas um limite mínimo para o bem-estar da sociedade; mas, também, um limite máximo para a utilização dos recursos naturais, de modo que sejam preservados (Barbieri et al., 2010; GEF/UNCCD, 2011; Handl, 2012; Markovska et al. 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013; WCED, 1987):

Principais medidas a serem tomadas pelos países para o desenvolvimento sustentável
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitação do crescimento populacional;</li> <li>• Garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;</li> <li>• Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;</li> <li>• Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;</li> <li>• Aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;</li> <li>• Controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;</li> <li>• Atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).</li> </ul>

Quadro 4: Principais medidas para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2014) com base no Relatório Brundtland – WCED, 1987.

Em âmbito internacional, as metas propostas são:

Principais metas para o desenvolvimento sustentável – âmbito internacional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);</li> <li>• proteção dos ecossistemas supranacionais como a Antártica, oceanos, etc., pela comunidade internacional;</li> <li>• banimento das guerras;</li> <li>• implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).</li> </ul>

Quadro 5: Principais metas para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2014) com base no Relatório Brundtland – WCED, 1987.

Segundo estes mesmos autores, apesar de ter aumentado a percepção do mundo em relação aos problemas ambientais, a comissão de Gro Harlem Brundtland não se restringiu somente aos aspectos em questão. O Relatório mostrou que a possibilidade de um estilo de desenvolvimento sustentável está intrinsecamente ligada aos problemas de eliminação da pobreza, da satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde e habitação e, aliado a tudo isto, à alteração da matriz energética, privilegiando fontes renováveis e o processo de inovação tecnológica. As principais medidas para um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são apresentadas no Quadro 6 (Barbieri et al., 2010; GEF/UNCCD, 2011; Handl, 2012; Markovska et al. 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013; WCED, 1987).

Principais medidas para um desenvolvimento sustentável mínimo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• uso de novos materiais na construção;</li> <li>• reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;</li> <li>• aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;</li> <li>• reciclagem de materiais reaproveitáveis;</li> <li>• consumo racional de água e de alimentos;</li> <li>• redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.</li> </ul>

Quadro 6: Principais medidas para um desenvolvimento sustentável mínimo.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2014) com base no Relatório Brundtland – WCED, 1987.

A Declaração de Política de 2002 da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo, afirma que o Desenvolvimento Sustentável é construído sobre “três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores” – desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental. Esse paradigma reconhece a complexidade e o inter-relacionamento de questões críticas como pobreza, desperdício, degradação ambiental, decadência urbana, crescimento populacional, igualdade de gêneros, saúde, conflito e violência aos direitos humanos (GEF/UNCCD, 2011; Handl, 2012; Markovska et al. 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013).

Handl, 2012 e Markovska et al. 2013, observam que o desenvolvimento sustentável, na sua essência, não é um estado permanente de equilíbrio, mas sim de mudanças quanto ao acesso aos recursos e quanto à distribuição de custos e benefícios. Ele satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades, ou seja, é o desenvolvimento econômico, social, científico e cultural das

sociedades que garante mais saúde, conforto e conhecimento, sem esgotar os recursos naturais do planeta. Para isso, todas as formas de relação do homem com a natureza devem ocorrer com o menor dano possível ao ambiente. As políticas, os sistemas de produção, a transformação, o comércio, os serviços - agricultura, indústria, turismo, mineração - e o consumo têm de existir preservando a biodiversidade (GEF/UNCCD, 2011; Handl, 2012; Markovska et al. 2013; UN, 2012a, 2012b, 2013).

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).

### 3.3.2 Eco-inovação

A preocupação com a sustentabilidade tem-se mostrado um fator essencial para a continuidade do planeta. Com isso, muitas empresas impulsionadas pelas pressões exercidas pela mídia, sociedade e órgãos governamentais, têm acompanhado toda cadeia produtiva, com o propósito de assumirem maiores responsabilidades ambientais, e estão, cada vez mais, preocupadas em torná-la mais verde (Arundel & Kemp, 2009; Azevedo, Cudney, Grilo, Carvalho, & Cruz-Machado, 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 1998; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008).

Na tentativa de atender os desafios de produzir sem degradar o meio ambiente aliado 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 (Arundel & Kemp, 2009; Azevedo et al., 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 1998; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008).

Para estes mesmos autores, assumir um processo de inovação ambiental envolve um compromisso muito maior do que uma iniciativa tradicional de produção industrial sustentável. Isso requer ajustes relacionados com a criação de processos e produtos que permitam, por exemplo, o descarte reutilizável como insumo. E mais ainda: examinar cada fase do sistema produtivo para identificar as áreas em que podem ser aplicadas potenciais soluções envolvendo eco-inovações (Arundel & Kemp, 2009; Azevedo et al., 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 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 – um ponto que está intimamente ligado à superação da pobreza e da extrema desigualdade existente entre ricos e pobres em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Arundel & Kemp, 2009; Azevedo et al. 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 1998; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008).

Fica claro, mais uma vez, que a inovação ambiental exerce papel central rumo à construção de uma economia verde, cujos agentes de transformação conduzirão a sociedade a condições mais sustentáveis de sobrevivência, na medida em que ao se reduzir a pressão exercida no meio ambiente, incrementada pela utilização dos recursos naturais de modo eficiente e, ao mesmo tempo, proporcionar mais oportunidades de trabalho, aumentarão a competitividade entre as empresas que atuam no mercado (Arundel & Kemp, 2009; Azevedo et al. 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 1998; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008).

James (1997) enfatiza que, quanto a produtos ou processos envolvendo eco-inovação, eles devem fornecer valor ao cliente e à empresa, diminuindo, significativamente, os impactos ambientais. Para Kemp e Pearson (2008), as eco-inovações não se destinam tão somente a produtos ou processos, mas 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. Fussler e James (1996) complementam que eco-inovação está intimamente ligada a eco-design, eco-eficiência e tecnologia ambiental (uma vez que todo investimento feito por uma organização inclui uma escolha – intencional ou não – entre as tecnologias mais ou menos benéficas ambientalmente).

Kemp e Arundel (2009) salientam que a eco-inovação é um novo conceito de grande importância para as empresas. As eco-inovações podem ser motivadas por considerações econômicas ou ambientais. A primeira inclui objetivos de redução de recursos, controle de poluição ou redução de custos baseada na gestão de resíduos ou na venda de produtos advindos da eco-inovação para o mercado mundial. A segunda compreende muitas inovações de benefício ambiental.

No início, as eco-inovações centravam-se sobre o controle da poluição e atividades de redução, mas atualmente elas não devem ser limitadas apenas a isso. A atenção das empresas deve ser ampliada para incluir a eco-inovação para a utilização de recursos, a eficiência energética, redução de gases do efeito estufa, minimização de resíduos, reutilização e reciclagem, novos materiais (por exemplo, com base em nanotecnologia), eco-design e eco-eficiência (Kemp & Arundel, 2009).

Essa nova perspectiva contribui para o crescimento e desenvolvimento de Schumpeter, 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. Associada ao conceito de destruição criativa, a eco-inovação tem um potencial muito maior de provocar rupturas significativas no mercado em um tempo menor devido às crescentes pressões para que as empresas adotem a economia verde por meio de tecnologias limpas (Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Stevels, 1997).

### 3.3.3 O Modelo de Gestão Sustentável

O conceito de eco-inovação, apesar de ser bem aceito e desejável nas empresas que adotam a estratégia competitiva, é pouco compreendido. A razão principal para a pouca compreensão deve-se, por um lado, à complexidade dos eco-produtos e, por outro, ao fato de muitas empresas ainda estarem organizadas em departamentos especializados em que o conceito total do produto está dividido em subáreas (isto é, mecânica, elétrica, eletrônica, marketing, planejamento de produção, etc.) quando, na verdade, a eco-inovação deve ser uma atividade inter-relacionada com todas as subáreas da empresa que adote uma estratégia de produto com uma perspectiva mais ampla e integrada (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

Empresas se tornam fortes quando associam sua marca com os benefícios socioambientais das eco-inovações: redução de custos de matéria-prima, ganhos de eficiência na produção, redução nas despesas ambientais, segurança do trabalho e melhoria da imagem corporativa. Elas se constituem em oportunidades de investimento atraentes para os capitalistas de risco ao formar uma base de um negócio totalmente novo, vistas como uma oportunidade para uma produção socialmente desejável das externalidades ambientais positivas a longo prazo e uma plataforma para a renovação da indústria. A mudança das condições de competitividade da economia de mercado na era do conhecimento, nos últimos anos, já denota a ascensão da tecnologia limpa como uma questão corporativa primordial (Andersen, 2006, 2008; Hellström, 2007; Sezen & Çankaya, 2013).

Novas opções tecnológicas, demandas ambientais dos clientes e políticas do governo tornarão possíveis novas condições para as empresas. Aquelas que aprenderem a antecipar, interpretar e corresponder a essas mudanças serão capazes de criar vantagem competitiva. Uma empresa pode adotar uma posição reativa e apenas alcançar as demandas mínimas ou escolher uma posição proativa, a fim de ultrapassar as demandas exigidas. A adoção de uma posição proativa é um fator chave para as empresas se estabelecerem no mercado onde as eco-inovações são realizadas (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

A fim de alcançar vantagem competitiva, os gestores destas empresas devem assumir uma postura proativa com relação às questões ambientais, apoiando o desenvolvimento de eco-inovações por meio, por exemplo, da implementação de uma política ambiental que promova a ética ambiental com um sistema de recompensas que incentive a criatividade na produção ou processo que respeite o meio ambiente (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

Os autores referidos acima complementam quando pontuam que a empresa eco-inovadora deve ser capaz de inovar com eficiência nos âmbitos econômicos, mas com responsabilidade social e ambiental, buscando vantagem competitiva no desenvolvimento de produtos ou serviços, processos ou negócios, novos ou modificados, com base nas dimensões sociais, ambientais e econômicas (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

A empresa, continuam, possui duas características fundamentais: inovadora e voltada para a sustentabilidade, cujos processos de produção promovem estas diretrizes. O modelo de negócio vem adquirindo cada vez mais espaço entre as empresas líderes por meio do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e limpas, e gestão voltada para a eco-inovação. Por outro lado, estes autores alertam: o aumento da produtividade estimulada pela demanda de novos produtos pode neutralizar ou, até mesmo, superar os ganhos auferidos ao meio ambiente. Compete ao gestores manter a empresa alinhada e, de forma equilibrada, atender às três dimensões da sustentabilidade (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

Porter e Linde (1995a, 1995b) já haviam apresentado tal ideia ao afirmarem que o impacto ambiental deve ser inerente ao processo mais amplo de estratégia da empresa para a melhoria da produtividade e da competitividade. O processo decisório tem que ser norteado pelo modelo de produtividade dos recursos e, não apenas, pelo controle da poluição. As empresas que adotam esse referencial são as que obtêm os melhores benefícios, pois, por exemplo, ao fazerem um levantamento de todos os recursos e embalagens não utilizados, descartados ou armazenados em locais inadequados, avaliam o custo de oportunidade<sup>8</sup> dos recursos desperdiçados. Poucas são as empresas que vão além da análise dos custos com o tratamento da poluição e avaliam, também, os custos envolvidos no não aproveitamento dos recursos.

As empresas devem examinar minuciosamente os despejos, as sucatas, as emissões poluentes e o descarte, tanto próprias como de clientes, analisar o custo da toxidade, dos resíduos e os impactos indiretos destes, inclusive, em outras atividades de produção, de modo a facilitar mudanças nos projetos dos produtos, nas embalagens, nas matérias-primas e, até mesmo, nos processos de produção (reconfiguração de grupos de atividades ou substituição de insumos e embalagens que ampliem a recuperação e utilização de recursos outrora descartados) agregando valor para o cliente e para a empresa (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

---

<sup>8</sup> Termo usado em economia para indicar o custo de algo em termos de uma oportunidade renunciada, ou seja, o custo, até mesmo social, causado pela renúncia do ente econômico, bem como os benefícios que poderiam ser obtidos a partir desta oportunidade renunciada ou, ainda, a mais alta renda gerada em alguma aplicação alternativa.

Para estes mesmos autores, cabem aos gestores o papel de acelerar o progresso da empresa rumo a uma abordagem ambiental mais competitiva por meio da mensuração adequada dos impactos ambientais diretos (explicados nos parágrafos anteriores) e indiretos. Estes ocorrem no nível dos fornecedores, canais de distribuição e clientes. Quanto a estes últimos, a ineficiência aparece no uso do produto, na embalagem descartada e nos recursos remanescentes do produto utilizado. Os gestores devem ser capazes de reconhecer os custos de oportunidade de recursos por meio de projetos que abordem não somente as questões econômicas e financeiras, mas também as questões de ordem ambiental e social como um investimento direto para o sucesso da empresa. A adoção de uma análise mais ampla em projetos de investimento contribuirá para a redução do impacto ambiental e, ao mesmo tempo, melhorar a produtividade dos recursos (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

O mercado internacional mudou drasticamente nas últimas décadas por meio do entrelaçamento entre meio ambiente e competitividade. Cada vez mais, as empresas que apresentam maior competitividade são aquelas que empregam a tecnologia limpa e os métodos mais avançados na sua utilização. O progresso nas discussões ambientais exigiu que as empresas se tornassem eco-inovadoras para aumentar a produtividade dos recursos sem degradar o meio ambiente. A maneira como estas empresas respondem aos problemas ambientais é um indicador chave da sua competitividade. A regulamentação governamental (assunto que será tratado mais à frente) não leva, necessariamente, à eco-inovação ou a um aumento na produtividade para todas as empresas, mas apenas àquelas que inovarem com êxito. Um setor competitivo tem maiores chances de enfrentar a nova norma como desafio e apresentar eco-inovações (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

Os gestores de agora se deparam com evidências crescentes de que a melhoria ambiental e social, aliada, de forma amigável, ao cumprimento das normas ambientais, é um bom negócio, baseada na lógica econômica subjacente, que interliga o meio ambiente, a produtividade dos recursos, a eco-inovação e a competitividade. A maioria dos gestores já percebeu que assumir a liderança com um comportamento eco-inovador pode trazer benefícios. Criar produtos com melhor desempenho e menor impacto ambiental é uma importante estratégia competitiva para as empresas (Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).



### 3.4 DIRECIONADORES DE ECO-INOVAÇÃO E ECO-EFICIÊNCIA

#### 3.4.1 Os Principais Direcionadores de Eco-Inovação

O desenvolvimento de direcionadores é de valor imprescindível para as empresas como referência para o comportamento ambiental, uma vez que todos os aspectos da produção podem afetar o meio ambiente: a escolha dos materiais, as características do processo de produção e as características dos produtos fabricados. Além do mais, os efeitos ambientais não ocorrem somente durante a fase de produção, mas durante todo o ciclo de vida de um produto. Neste sentido, é de suma importância um sistema de medição e gestão estratégica que considere a eco-inovação no seu conjunto de premissas operacionais (Andersen 2006, 2008; Arundel & Kemp, 2009; Borch, 2007; Hart & Milstein, 2003, 2004; Horbach, 2005; Horbach, Rammer & Rennings, 2012; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008; Nascimento, Mendonça, & Cunha, 2012; Nidumolu, Prahalad, & Rangaswami, 2009; Ulian, Santos, & Gobbo, 2012; WBCSD, 2000; Ziolkowski, 2013).

As empresas que competem em setores de rápida inovação devem dominar a arte de prever as necessidades futuras dos clientes, idealizando produtos e serviços radicalmente inovadores, e incorporando rapidamente novas tecnologias de produto para dar eficiência aos processos operacionais. Mesmo para empresas de setores com ciclos de vida relativamente longos, a melhoria contínua dos processos e produtos é fundamental para o sucesso a longo prazo (Andersen 2006, 2008; Arundel & Kemp, 2009; Borch, 2007; Hart & Milstein, 2003, 2004; Horbach, 2005; Horbach et al., 2012; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008; Nascimento et al., 2012; Nidumolu et al., 2009; Ulian et al., 2012; WBCSD, 2000; Ziolkowski, 2013).

Entender a natureza da eco-inovação é necessário para sua efetiva mensuração. Cada inovação ambiental é única, vista de determinada perspectiva, e diferentes tentativas foram feitas para criar um sistema de classificação. Chegar a um acordo amplo e internacional sobre o que são inovações ambientais foi considerado difícil porque muitas inovações têm várias utilizações, além da proteção ambiental, dificultando o desenvolvimento de direcionadores (Andersen 2006, 2008; Arundel & Kemp, 2009; Borch, 2007; Hart & Milstein, 2003, 2004; Horbach, 2005; Horbach et al., 2012; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008; Nascimento et al., 2012; Nidumolu et al., 2009; Ulian et al., 2012; WBCSD, 2000; Ziolkowski, 2013).

Para estes mesmos autores, a inovação ambiental ajuda a lidar com o equilíbrio entre o crescimento econômico e a proteção ao meio ambiente. As consequências no crescimento da

economia e no emprego não são simples e podem variar, dependendo do tipo da inovação ambiental e o contexto em que ela é usada. Além do que, as empresas estão mais interessadas nos micros efeitos, ou seja, nos efeitos da inovação sobre as vendas, preços, custos de energia, materiais e disposição de resíduos (Andersen 2006, 2008; Arundel & Kemp, 2009; Borch, 2007; Hart & Milstein, 2003, 2004; Horbach, 2005; Horbach et al., 2012; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008; Nascimento et al. 2012; Nidumolu et al. 2009; Ulian et al. 2012; WBCSD, 2000; Ziolkowski, 2013).

Segundo Horbach (2005) e Horbach, Rammer e Rennings (2012), os direcionadores de eco-inovação devem alcançar os seguintes propósitos: a) focar no desenvolvimento da eco-inovação, b) permitir uma avaliação comparativa internacional, c) integrar-se com estatísticas da área de inovação, d) proporcionar incentivos máximos para a ação ambiental entre os principais intervenientes no sistema de eco-inovação e e) proporcionar novas perspectivas de análise para a indústria verde e a economia. No Quadro 7, os autores propõem os principais direcionadores por tipo de eco-inovação relacionados com as fontes de dados disponíveis.

Tipos de Eco-Inovação	Principais Direcionadores	Principais Fontes de Dados
Eco-produtos (bens e serviços)	Direcionadores de Saída: características ambientais dos novos produtos em relação aos anteriores e patentes Direcionadores de Entrada: as despesas de P&D (gastos e com pessoal)	Pesquisas e informações de associações industriais, rótulos ecológicos, estudos de caso, estatísticas de patentes e estudos bibliométricos
Processo integrado de medidas organizacionais e logística	Melhoria da intensidade energética, redução do uso de materiais, etc.	Pesquisas, estudos de caso e estatísticas oficiais
Processos de Fim-de-linha (End-of-pipe)	As atividades de inovação de fornecedores de bens ambientais (patentes, despesas de pessoal e P&D), análise de investimento ambiental, etc.	Pesquisas, estatísticas oficiais de produtos, de investimento ambiental, de patentes, estudos de caso e estudos bibliométricos
Reciclagem	Reciclagem com relação à quantidade total de resíduos	Pesquisas, estatísticas oficiais de reciclagem de resíduos, de patentes, estudos de caso e estudos bibliométricos

Quadro 7: Principais direcionadores por tipo de eco-inovação e fontes de dados.

Fonte: Adaptado de Horbach, 2005; Horbach et al., 2012.

Para Andersen (2006, 2008), o campo da eco-inovação carece de direcionadores. Tentar combinar o sistema ou a cadeia de inovação e a tecnologia ambiental, visto de uma perspectiva mais ampla, torna-se um grande desafio. Os direcionadores de inovação procuram medir a capacidade de inovação dos agentes (país, região, setor ou empresa), cuja medição pode ser feita na inovação de saída (taxa de novos produtos no mercado, a intensidade de conhecimento de produtos, grau de patentes, participação de mercado, etc.), ou na inovação de entrada (investimentos em pesquisa e educação, grau de citações bibliográficas, o fluxo de conhecimento, etc.) que fornecem a base para a realização de inovação.

A autora destaca ainda a necessidade de estabelecimento de uma estrutura que permita identificar um conjunto coerente de parâmetros que abordam questões chave da inovação ambiental. Desta forma, Andersen (2006, 2008) cita duas diferentes (mas complementares) abordagens: uma “abordagem objeto” ou uma “abordagem sujeito”. A “abordagem objeto” está concentrada nas características das inovações individuais, enquanto a “abordagem sujeito” enfoca o comportamento inovador e as atividades da empresa como um todo. A estrutura sugerida por ela está no Quadro 8.

Categorias	Direcionadores
Medidas de Entrada	Investimentos em P&D ambiental
Medidas de Saída	Patentes
Surveys (Pesquisas)	Estatísticas sobre inovação ambiental.

Quadro 8: Estrutura de direcionadores de eco-inovação.

Fonte: Adaptado de Andersen, 2006, 2008.

Na sugestão apresentada por Andersen (2006, 2008), os dados de P&D ambiental podem ser usados para mostrar o montante gasto em processos e equipamentos que impedem ou reduzem a poluição, mas não há a informação se esses equipamentos são novos no mercado ou se são antigos que sofreram alguma modificação, pois são incluídos como agregados de outros dados. A análise de patentes é uma forma para a identificação de tecnologias ambientalmente amigáveis, mas que requer atenção, pois algumas classes de patentes são claramente identificáveis como tecnologias ambientais enquanto que, em outros casos, são inovações que resultaram em melhorias ambientais. No caso de “surveys”, as estatísticas sobre inovação ambiental são muito dependentes de pesquisas para a obtenção de dados mais detalhados sobre o desempenho da inovação. Essas estatísticas precisam ser investigadas, sejam em pesquisas internacionais existentes ou em novas e/ou em bases de dados relacionados, pois podem se transformar em um banco de dados para direcionadores da inovação ambiental.

A perspectiva de Kemp e Arundel (2009) sobre os direcionadores de eco-inovação se assemelha com as de Horbach (2005), Horbach et al. (2012) e Andersen (2006, 2008) quando ressaltam a importância de como o processo de eco-inovação pode ser mensurado (Quadro 9).

Categorias	Direcionadores
Medidas de Entrada	Gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), despesas em inovação (por exemplo, despesas de projeto, custos de software, etc.)
Medidas de Saída Intermediária	Número de patentes, publicações científicas, etc.
Medidas de Saída Direta	Número de inovações, descrições das inovações individuais, dados sobre as vendas de novos produtos, etc.
Medidas de Impacto Indireto	Mudanças na eficiência dos recursos e da produtividade por meio da análise de decomposição.

Quadro 9: Categorias de análise das eco-inovações.

Fonte: Adaptado de Kemp e Arundel, 2009.

Pontuam ainda os autores que os principais condutores para a eco-inovação são a regulamentação governamental, a demanda dos usuários, a captação de novos mercados, a redução de custos e a imagem institucional. Além deles, as barreiras para tecnologias ambientais: a) econômicas, que vão desde os preços de mercado, que não refletem os custos externos dos produtos ou serviços (como os custos da saúde devido à poluição atmosférica urbana) até o elevado custo dos investimentos em tecnologias ambientais devido ao seu risco percebido, o volume do investimento inicial, ou a complexidade da mudança das tecnologias tradicionais para as ambientais; b) normas regulamentares, que podem atuar como barreiras à inovação, quando não são claras ou muito detalhadas, enquanto uma boa legislação pode estimular as tecnologias ambientais; c) insuficientes esforços em pesquisa, juntamente com o funcionamento inadequado dos sistemas de pesquisa, informação e treinamento; d) pouca disponibilidade de capital de risco e e) falta de demanda do setor público e dos consumidores (Andersen, 2006, 2008; Kemp & Arundel, 2009; Horbach, 2005; Horbach et al., 2012).

Segundo Horbach et al. (2012), existe uma vasta literatura sobre Quadros e sistemas de medição de desempenho similares aos apresentados. No entanto, existe um trabalho anterior a todos, que se diferencia dos demais: o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), que utilizou o termo eco-eficiência para mensurar a criação de produtos ou processos que contribuam para uma redução, tanto na utilização de recursos, como na produção de desperdícios e poluição:

A eco-eficiência atinge-se por meio da oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra (WBCSD, 2000. p. 4).

Azevedo, Cudney, Grilo, Carvalho, e Cruz-Machado (2012) adotam tal ideia quando afirmam que não só a eco-inovação mas, principalmente, a eco-eficiência permite direcionar os negócios para alcançar um nível adequado de desenvolvimento sustentável e uma forma de competitividade internacional a longo prazo. Os autores reforçam que além das preocupações econômicas imediatas, as empresas devem abordar questões ambientais e sociais para serem mais sustentáveis por meio de práticas inovadoras que apoiem a minimização dos impactos ambientais negativos, ao mesmo tempo em que aumentem o desempenho operacional e financeiro do negócio. A avaliação da eco-eficiência empresarial surge como uma prática com grande potencial para fornecer aos gestores de empresas informações relevantes como uma base sólida para a tomada de decisão estratégica (Azevedo et al., 2012).

Por tratar-se de tema relevante, fundamental e um dos objetivos deste estudo (identificar os construtos do desenvolvimento sustentável na eco-inovação e de que forma ela promove este desenvolvimento), o presente trabalho utilizará os direcionadores de eco-eficiência, elaborados pelo WBCSD. A seguir, de forma detalhada, estes direcionadores serão evidenciados e as primeiras proposições do trabalho serão apresentadas.

### 3.4.2 Eco-Eficiência

Segundo Dias-Sardinha, Reijnders, e Antunes (2002), EPA (2000) e Schaltegger e Burritt (2000), a eco-eficiência está-se tornando cada vez mais um requisito fundamental para o sucesso nos negócios. A noção de eficiência econômico-ecológica, como foi conhecida inicialmente, surgiu na década de 1990 como uma abordagem prática para o conceito mais abrangente de sustentabilidade: a redução da intensidade de recursos e minimização dos impactos ambientais da produção e produtos ou serviços, juntamente com a criação de valor por uma melhoria incremental contínua. Ela é vista tanto como um conceito e como uma

ferramenta cuja ideia básica é a de produzir mais com menos impacto na natureza. Ao serem eco-eficientes, produtos e serviços podem ser produzidos com menos energia e matérias-primas, o que resulta em menos desperdício, menos poluição e menos custo (Dias-Sardinha, Reijnders, & Antunes, 2002; EPA, 2000; Schaltegger & Burritt, 2000).

Existem várias razões pelas quais é importante medir a eco-eficiência nos negócios: rastrear e documentar o desempenho, identificar economias de custos e benefícios, identificar e priorizar oportunidades de melhorias. Além disso, ela pode atuar como um instrumento de gestão para mesclar informações de contabilidade de gestão financeira e ambiental proporcionando aos gestores ideias sobre como mudar para melhorar o desempenho da organização. Mais ainda: pode ser usada como um instrumento para a análise da sustentabilidade entre a economia e o meio-ambiente, uma vez que a eco-eficiência reporta informações ambientais como o consumo de energia, emissão de poluentes, consumo de materiais, potencial de toxicidade e potencial de risco existente (Burritt & Saka, 2006; Hupples & Ishikawa, 2009; Saling, Kicherer, Dittrich-Krämer, Wittlinger, Zombik, Schmidt, & Schrott, 2002).

Medidas de eco-eficiência são utilizadas em diferentes escalas, tanto temporais como espaciais. Também podem estar relacionadas ao produto ou desempenho da organização (Hupples & Ishikawa, 2009). De acordo com Chen, Lai, e Wen (2006), o desempenho da inovação de eco-produtos está relacionado, desde as normas ISO 14031, com a economia de energia, reciclagem de resíduos e toxicidade. Para o conceito de eco-eficiência tornar-se realidade nas organizações, segundo o National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE, 2001), é fundamental a medição e monitoramento do desempenho empresa, a fim de estabelecer metas para direcionadores de eco-eficiência, principalmente no que diz respeito ao consumo de recursos com referência à capacidade de produzir valor econômico.

Para Müller e Sturm (2001) e Hupples e Ishikawa (2005), o conceito de eco-eficiência expressa-se pela seguinte equação:  $\text{Eco-eficiência} = \frac{\text{desempenho ambiental}}{\text{desempenho econômico}}$ . Nesta relação, o desempenho ambiental da organização é considerado como o impacto causado por suas atividades durante um período específico e o desempenho econômico é o valor financeiro produzido pelas mesmas atividades durante este período. Portanto, os gestores podem aumentar a eco-eficiência diminuindo o impacto ambiental e, ao mesmo tempo, aumentando o desempenho econômico da empresa.

Preuss (2005) corrobora as afirmações acima quando pontua que as melhorias de eco-eficiência são alcançadas por meio de um melhor desempenho ambiental e econômico. Em seu estudo foram utilizadas medidas econômicas e ambientais para analisar as práticas eco-inovadoras implantadas pelas organizações e de que forma elas contribuíram para melhorar a eco-eficiência nos negócios. As medidas de desempenho econômico utilizadas por ele foram os custos ambientais, custos de material, o custo total de produtos, volume de vendas e fluxo de caixa. As medidas ambientais adotadas foram: resíduos do negócio e consumo de energia.

### 3.4.3 As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Primeira Parte)

Neste trabalho, as práticas de eco-inovação discutidas na seção anterior serão operacionalizadas utilizando oito itens direcionadores para representar manifestações do construto. Além disso, o desempenho econômico e ambiental das empresas será avaliado utilizando, respectivamente, cinco e dois itens de medição (adaptado de Azevedo et al., 2012):

Variáveis:

Práticas de Eco-inovação (PEI)

Medidas:

Parceria Ambiental com os Fornecedores (PEI1): A interação entre as organizações e seus fornecedores para o planejamento ambiental compartilhando conhecimento para projetos de desenvolvimento tecnológico e organizacional conjunto.

Parceria Ambiental com os Clientes (PEI2): Atividades ambientais envolvendo as organizações e seus clientes para uma mútua compreensão das responsabilidades em matéria de desempenho ambiental, reduzindo o impacto ambiental de suas atividades e de seus produtos.

Compra Verde (PEI3): Seleção e aquisição de produtos e serviços que minimizem os efeitos negativos ao meio ambiente sobre o ciclo de vida da fabricação, transporte, utilização, reciclagem ou eliminação.

Logística Reversa (PEI4): Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta

e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação.

**Design de Eco-Produtos (PEI5):** Programas que incorporem os atributos ambientalmente preferíveis do produto como reciclagem, desmontagem, manutenção, renovação e reutilização.

**Sistema de Gestão Ambiental (SGA) (PEI6):** Norma internacionalmente reconhecida que define o que deve ser feito para estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) efetivo. A norma é desenvolvida com objetivo de criar o equilíbrio entre a manutenção da rentabilidade e a redução do impacto ambiental; com o comprometimento de toda a organização. Com ela é possível que sejam atingidos ambos objetivos.

**Inovação do Processo de Produção (IPP) (PEI7):** Na geração de ideias, estágio inicial do IPP, os indivíduos nas organizações recolhem informações das fontes internas e externas, tornando os processos mais eficientes por meio de uma diminuição das matérias-primas, energia e resíduos dos negócios.

**Desenvolvimento de Novos Eco-Produtos (PEI8):** Desenvolvimento e lançamento para o mercado de produtos verdes que permitam a economia de energia, resíduos, reciclagem e redução de toxicidade.

#### Desempenho Econômico (DE)

##### Medidas:

**Custo Total de Produtos (DE1):** Soma de todos os custos fixos e variáveis associada com a produção do produto final.

**Custo Ambiental (DE2):** Custos para prevenir, reduzir ou recuperar os danos que a organização tenha provocado ou possa vir a causar ao meio ambiente como resultado de suas atividades.

**Custo de Materiais (DE3):** Custo de todos os materiais comprados ou obtidos a partir de outras fontes como matérias-primas, processamento de materiais ou peças e bens pré-fabricados.



Volume de Vendas (DE4): Quantidade de produtos ou serviços vendidos nas operações normais de uma empresa em um período específico.

Fluxo de Caixa (DE5): Valores recebidos ou gastos por uma empresa durante um período de tempo definido, algumas vezes ligado a um projeto específico.

Desempenho Ambiental (DA)

Medidas:

Consumo de Energia (DA1): Soma total de energia consumida.

Resíduos dos Negócios (DA2): Resíduos que vêm das atividades do negócio das empresas (a quantidade de fluxo total de sucata ou a percentagem de materiais remanufaturados).

As práticas de eco-inovação utilizadas nesta pesquisa visam a contemplar não apenas as práticas internas da organização, mas também as que transcendem as fronteiras das organizações, envolvendo fornecedores e clientes. A parceria entre fornecedores, empresa e clientes é importante para que se possa perceber os vários benefícios da inovação, tais como maior qualidade, menores custos, entregas mais oportunas e de coordenação mais eficaz das atividades (Hart & Milstein, 2003, 2004; Porter & Linde, 1995; Soosay, Hyland, & Ferrer, 2008).

Algumas práticas avançadas de gestão ambiental, como projetos para o meio ambiente, gestão do ciclo de vida do produto, logística reversa e compra verde melhoram a capacidade de coordenar as operações e o fluxo de trabalho em fornecedores, empresa e clientes contribuindo para a redução dos resíduos dos negócios, do custo ambiental e, conseqüentemente, do custo total (Azevedo, Carvalho, & Cruz-Machado, 2011; Vachon & Klassen, 2006, 2008; Zsidisin & Siferd, 2001).

Para Min e Gale (2001) e Tsoulfas e Pappis (2006), uma das maneiras mais eficazes para resolver os problemas ambientais é focar em prevenção de resíduos e compra verde. A compra verde não pode ser totalmente bem sucedida sem a redução sistemática de fontes de resíduos associadas à compra de materiais/peças e suas embalagens. Embora este tipo de compra represente um custo, ela pode gerar valor econômico, evitando o desperdício e

reduzindo os custos ambientais (pois suas embalagens são recicláveis ou biodegradáveis), preservando os recursos na organização (Min & Gale, 2001; Tsoufas & Pappis, 2006).

De acordo com a Johnson e Leenders (1997), o processo de logística reversa tem como objetivo principal a reciclagem, remanufatura, revenda, reutilização ou descarte. Quando não há este tipo de processo, principalmente no pós-venda, a marca da empresa pode ficar marcada, negativamente, caso o seu produto ou, até mesmo, sua embalagem ocasione degradação ambiental. O descarte descontrolado de lixo pode danificar, irremediavelmente, os recursos naturais e outras indústrias ao longo do tempo (Richey, Tokman, Wright, & Harvey, 2005).

Rogers e Tibben-Lembke (1998, 2001) argumentam que o valor sustentável da marca ou produto pode ser obtido a partir do correto gerenciamento do fluxo reverso de logística, de forma rentável, criando uma vantagem competitiva para o negócio. A fim de aumentar o valor do cliente, as empresas investem enormes quantidades de recursos para construir a lealdade garantindo a melhor satisfação entre cliente e empresa. Neste ponto, a logística reversa contribui na medida em que possibilita ao cliente a devolução de um produto defeituoso ou indesejado e seu ressarcimento de forma rápida. Consequentemente, a satisfação do cliente é positivamente correlacionada com o desempenho das organizações em relação ao volume de vendas e o produto trocado pode ser reaproveitado na própria linha de produção ou descartado de maneira adequada (Rogers & Tibben-Lembke, 1998; Wiele, Boselie, & Hesselink, 2002).

O design de eco-produtos permite a introdução de modificações no início do processo, antes mesmo da fabricação do produto, mais uma prática que contribui para a redução de custos e desperdício de negócios. Já a implementação de um sistema de gestão ambiental é vista como primordial em uma organização que objetive a sustentabilidade (Horbach, 2005, 2012). A certificação, nestes casos, pode ser obtida por meio da ISO 14001 (Gonzalez, Sarkis, & Adenso-Diaz, 2008) que foi introduzida a partir de 1996. A rentabilidade econômica na implantação de um sistema de gestão ambiental é identificada, a longo prazo, pelas vantagens adquiridas, tais como a economia no consumo de energia, a reciclagem de resíduos e a possibilidade de competir em novos mercados onde os aspectos ambientais são de grande importância (Halila, 2007; Halila & Rundquist, 2011).

De acordo com o referencial teórico, a proposição relativa às práticas de eco-inovação com o desempenho econômico e ambiental é:

P1: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho

econômico e ambiental das organizações.

Para que se possa entender se as práticas de eco-inovação exercem maior influência no desempenho econômico ou ambiental, a primeira proposição pode ser dividida em duas:

P1.1: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho econômico das organizações.

P1.2: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho ambiental das organizações.

Esta proposição fornece detalhes sobre as principais características das organizações que implantam práticas de eco-inovação. As organizações que realizam práticas de eco-inovações serão capazes de reduzir seus custos de produção e/ou entrar em expansão de mercados para eco-produtos (Kesidou & Demirel, 2012). Além disso, as eco-inovações podem ser mais ou menos bem-sucedidas nos mercados do que outras inovações (Halila & Rundquist, 2011). Elas também são economicamente importantes para a empresa, pois os consumidores estão dispostos a pagar mais por um produto que é menos prejudicial ecologicamente (Essoussi & Linton, 2010).

### 3.5 DIRECIONADORES DE SUSTENTABILIDADE E A GESTÃO VERDE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

#### 3.5.1 Triple Bottom Line – O Tripé da Sustentabilidade

Para Elkington (1994, 1998, 2004), três grandes ondas de pressão pública moldaram a agenda ambiental. Os papéis e responsabilidades dos governos e do setor público se transformaram em resposta a cada uma destas três ondas: 1) a primeira onda (com a publicação, em 1972, do Relatório de Meadows – Limites do Crescimento) trouxe um entendimento de que os impactos ambientais e as demandas de recursos naturais têm que ser limitado, resultando em uma onda inicial de legislação ambiental cuja resposta das empresas foi defensiva; 2) a segunda onda (com a publicação, em 1987, do Relatório de Brundtland – Nosso Futuro Comum) trouxe uma percepção mais ampla, com novos tipos de tecnologias de produção e de novos tipos de produtos, que culminou com a percepção de que os processos de desenvolvimento têm que se tornar sustentáveis e a resposta das empresas começou a ser mais competitiva; 3) a terceira onda (com a globalização e os protestos, em 1999, contra a Organização Mundial do Comércio – OMC, o Banco Mundial, o Fundo Monetário Internacional – FMI, Grupo dos 8 países mais

industrializados – G8) centrou-se no crescente reconhecimento de que o desenvolvimento sustentável exigirá mudanças profundas na governança das empresas e em todo o processo de globalização, colocando um foco renovado sobre o governo e sobre a sociedade civil (Elkington, 1994, 1998, 2004).

Além das dimensões de conformidade e competitividade, a resposta das empresas precisa se concentrar na criação de valor sustentável de mercado. Para isto, torna-se necessária uma abordagem muito mais abrangente que envolve uma ampla gama de partes interessadas (stakeholders) e coordena em muitas áreas da política interna e externa da empresa: política do governo, fiscal, de tecnologia, de desenvolvimento econômico, de normas do trabalho, obrigações legais, de segurança, de comunicação da empresa e assim por diante. Desenvolver essa abordagem abrangente, chamada de Responsabilidade Social Corporativa (RSC) ou Desempenho Corporativo Sustentável (DCS) é um desafio de governança central – e, mais criticamente, um desafio do mercado – no século 21 (Elkington, 1994, 1998, 2004; Fauzi et al., 2010; Jackson et al., 2011; Hubbard, 2009; Monast & Adair, 2013; Savitz & Weber, 2006; Slaper, & Hall, 2011).

Criação de valor sustentável tem sido uma meta frequentemente mencionada pelas empresas, mas pode ser difícil medir o grau em que uma organização é sustentável ou tenta manter-se em crescimento sustentável. E nesse ponto, John Elkington se esforçou para medir a sustentabilidade abrangendo um novo quadro do desempenho corporativo. Este Quadro contabilístico, Figura 3, chamado de Triple Bottom Line (TBL), foi além das medidas tradicionais de lucro, retorno sobre o investimento e valor para o acionista para incluir as dimensões ambientais e sociais, ou seja, o desempenho é medido com base no impacto das empresas na sociedade como um todo (econômico, social e ambiental), tanto agora como no futuro. Centrando-se sobre o abrangente resultado do que é investimento, no que diz respeito ao desempenho ao longo das dimensões inter-relacionadas de pessoas, planeta e lucro (os 3 P's – People, Planet & Profit), Figura 4, o TBL pode ser uma ferramenta importante para apoiar as metas de sustentabilidade (Elkington, 1994, 1998, 2004; Fauzi, Svensson, & Rahman, 2010; Jackson, Boswell & Davis, 2011; Hubbard, 2009; Monast & Adair, 2013; Savitz & Weber, 2006; Slaper, & Hall, 2011).

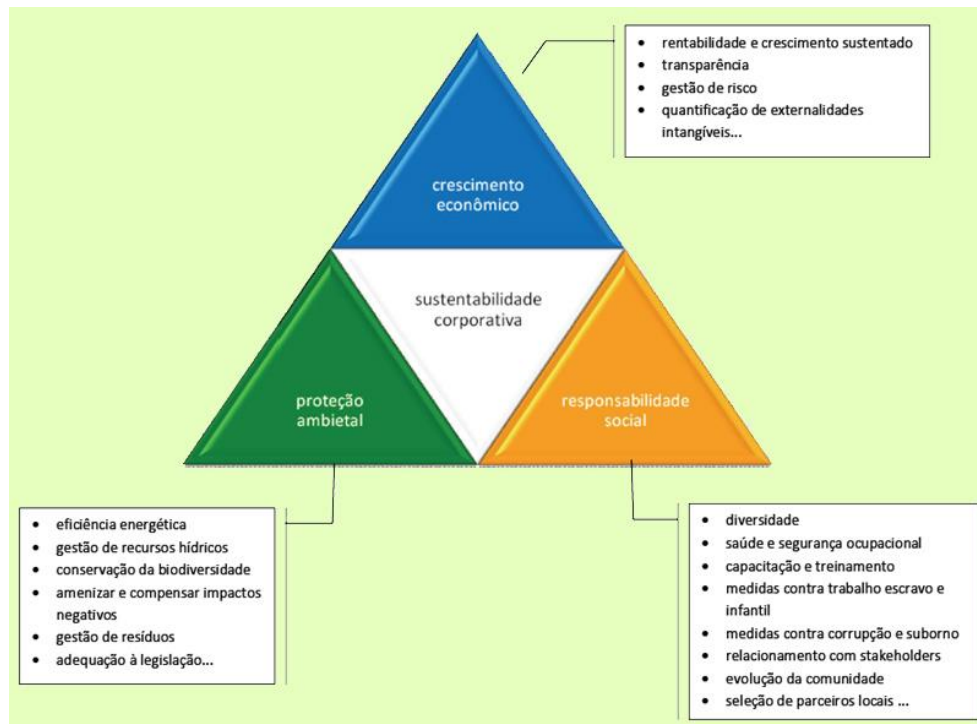


Figura 3: Triple Bottom Line – O Tripé da Sustentabilidade.

Fonte: Trilha Ass. em Sustentabilidade (2014) – <http://trilhasustentavel.com.br>.

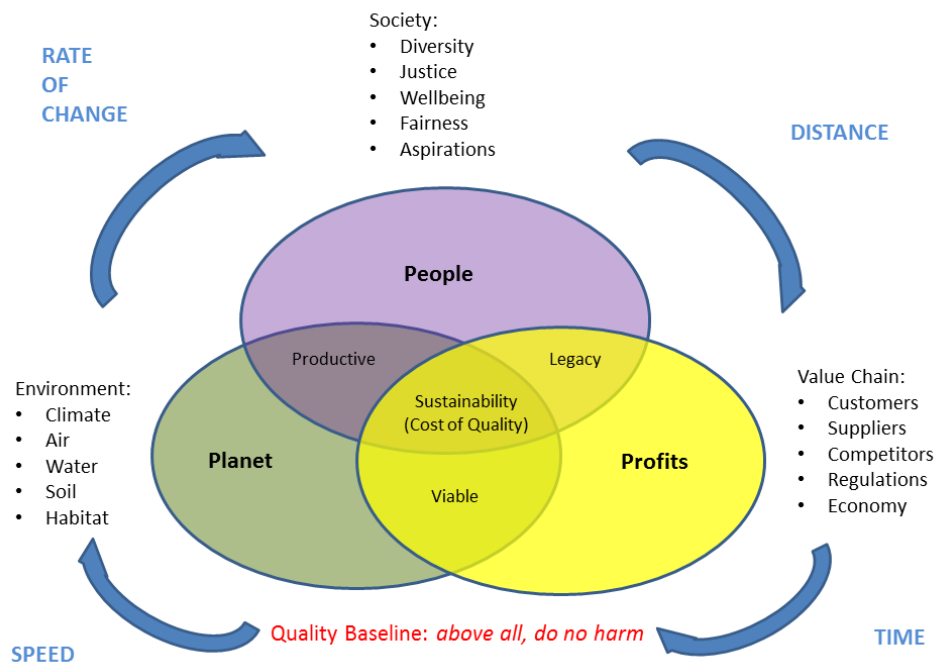


Figura 4: Triple Bottom Line – 3 P's (People – Planet – Profit).

Fonte: Snapshots of Success from Developing Markets – Information for a New Ecological, Sustainable & Industrial Revolution (2014) – <http://businessandpublicpolicy.wordpress.com>.

O que Elkington propôs com o TBL foi a abordagem que uma empresa deve usar para medir o seu desempenho envolvendo também os stakeholders. Estes estão preocupados com o desempenho da empresa não só na visão de insumo-produto (como as apresentadas pelas práticas de eco-inovação e desempenho econômico e ambiental – a eco-eficiência), mas também por aqueles que afetam diretamente ou são afetados pelas decisões tomadas pela empresa e que são classificadas em dois grupos: a) as partes interessadas primárias, formadas por fornecedores, clientes, funcionários e investidores; e b) as partes interessadas formadas pelas comunidades locais, o público, grupos empresariais, mídia, ativistas sociais, governo estrangeiro e pelos governos centrais e locais. Consequentemente, as decisões tomadas pela empresa devem satisfazer positivamente os dois grupos de interessados. Com base nessa visão, a RSC ou DCS será melhor do que aquela baseada na visão de insumo-produto uma vez que estas partes têm o seu próprio interesse e poder de influenciar a empresa. Em alguns casos, elas estabelecem coligações para forçar a empresa a atender a um certo interesse (Fauzi et al., 2010; Jackson et al., 2011; Hubbard, 2009; Monast & Adair, 2013; Savitz & Weber, 2006; Slaper, & Hall, 2011).

Mas a questão crucial para Monast e Adair (2013) é saber se os conceitos do TBL voltados para o Desempenho Corporativo Sustentável estão incorporados na visão gerencial dos gestores das empresas. Nesta visão, o conceito TBL em sua forma mais geral é um esforço para encorajar as empresas privadas a terem uma visão mais holística dos impactos dos negócios e do valor medido pelos impactos sociais e ambientais de uma empresa, além da saúde financeira, incentivando não só a criação de valor sustentável do negócio, mas também, alterando o modo como os líderes empresariais visualizam o valor e a tomada de decisões em torno da sustentabilidade.

Jackson, Boswell, e Davis (2011) reforçam que para uma empresa cuja missão é a verdadeira sustentabilidade, todos os indivíduos envolvidos, principalmente os gestores, precisam ter uma melhor compreensão do que a sustentabilidade implica. O foco deve acrescentar, além do desempenho financeiro, um ponto de vista mais abrangente do impacto da empresa sobre o mundo. Uma vez que esta informação é compartilhada, é necessário, então, começar a olhar para a comunidade e perceber as preocupações ambientais envolvidas.

Fauzi, Svensson, e Rahman (2010) são mais enfáticos ao afirmarem que é de responsabilidade da gestão melhorar o desempenho financeiro de uma empresa. Em prol dos stakeholders, um desempenho financeiro superior criará, consequentemente, oportunidades

para melhorar o desempenho social e ambiental. Ou seja, é a eficácia competitiva aliada à eficiência interna corporativa. Mas não só isso. As práticas de gestão de uma empresa socialmente responsável devem ser introduzidas nas agendas corporativas de cada gestor para que, diariamente, ele possa ajustar a empresa na direção da sustentabilidade. Isto requer um planejamento de longo prazo (responsável por possíveis mudanças no custo relativo de tecnologias de geração ao longo do tempo, incluindo mudanças que resultam de novas regulamentações ambientais) e investimentos necessários para atender a demanda e oferecer a oportunidade de ganhar uma taxa de retorno suficiente para atrair capital de baixo custo )Fauzi et al., 2010).

Para Savitz e Weber (2006), os gestores, além de estrategistas, comerciantes, psicólogos, designers de produto, e assim por diante, devem ter o tempo necessário para pensar muito sobre as transformações políticas, ambientais, culturais, sociais e econômicas que estão por vir, e decidir como a empresa participará destas mudanças, pois, caso contrário, se não o fizerem, perderão o controle dos negócios e da própria empresa. Isso ocorre porque muitos gestores não conseguem enxergar o problema, como se um otimismo incansável não permitisse reconhecer as deficiências existentes e os ajustes necessários (o que só pode ser conseguido por meio de uma auto avaliação honesta das habilidades de gestão da empresa).

Por último, estes autores ressaltam que, ao dirigir uma grande mudança em direção à sustentabilidade, uma forte gestão empresarial começa com a clareza da mensagem. Junto com uma mensagem clara, o gestor precisa ter um sentido de compromisso que vem desde o topo da organização. Por último, ele deve dedicar tempo para controlar os esforços humanos da empresa, conquistando-os e mantendo-os envolvidos e informados sobre cada passo dado rumo ao objetivo principal da empresa – a sustentabilidade.

### 3.5.2 Regulamentação Governamental

Para Botkin e Keller (2011), Bursztyn e Bursztyn (2013), Dias (2014), Hart e Milstein (2003, 2004) e Miller (2013), assim como a criação de valor para os stakeholders exige desempenho em múltiplas dimensões, os desafios globais associados com o desenvolvimento sustentável também são multifacetados, envolvendo interesses econômicos, sociais e ambientais. Na verdade, esses desafios têm implicações para praticamente todos os aspectos da estratégia de uma empresa e modelo de negócio. No entanto, a maioria dos gerentes enxergam o Quadro de desenvolvimento sustentável, não como uma oportunidade multidimensional, mas

sim como um incômodo unidimensional, envolvendo regulamentações governamentais, custo adicional e responsabilidade (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Hart & Milstein, 2003, 2004; Miller, 2013).

A regulamentação governamental é um dos aspectos mais relevantes que devem ser considerados significativos para incentivar a eco-inovação. Quando os custos da poluição não são internalizados pelas empresas por vontade própria (não investem em eco-inovação), um dos principais fatores que a tornam possível é a intervenção governamental por meio de medidas de regulação ambiental – desde que seja adequadamente planejada e executada (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Hart & Milstein, 2003, 2004; Miller, 2013).

Os estudos pioneiros de Porter e Linde (1995a, 1995b) derrubaram o mito de que a excessiva regulação ambiental prejudica a competitividade das empresas. Eles demonstraram que a intervenção governamental rigorosa nas questões ambientais tende a melhorá-la, uma vez que, segundo eles, o aumento da produtividade dos recursos favorece, em vez de comprometer a competitividade. As eco-inovações geradas por meio de normas ambientais permitem que as empresas utilizem os insumos de forma mais produtiva – abrangendo matéria prima, energia e mão de obra – compensando os custos de melhoria do impacto ambiental (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Hart & Milstein, 2003, 2004; Miller, 2013).

A legislação ambiental brasileira é uma das mais avançadas do mundo. Sua estrutura começou a ser implementada no país a partir de 1981 com a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), que tem uma série de instrumentos para o planejamento, a gestão ambiental e a fiscalização. Todas as ações e atividades que são consideradas como crimes ambientais podem ser punidas com multas pesadas (que podem chegar a R\$ 50 milhões ou mais), seja para pessoas físicas ou jurídicas (CONAMA, 2014).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2014), com o passar do tempo, a legislação se consolidou. Foram criadas normas, como a própria Lei de Crimes Ambientais e o decreto que a regulamenta, estabelecendo as infrações administrativas com acompanhamento do poder público das questões ambientais e a garantia da qualidade do meio ambiente (segundo esta lei, a própria questão de lançar resíduos sólidos nas praias e no mar - ou em qualquer outro solo ou recurso hídrico é uma infração grave). Já a Constituição Federal trata de forma abrangente os assuntos ambientais, reservando à União, aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios a tarefa de proteger o meio ambiente e de controlar a poluição de



forma a implementar e garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Recentemente, mais focado na questão de resíduos sólidos, surgiu a lei 12.305/2010 – a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o decreto que a regulamenta (CONAMA, 2014).

Este decreto reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (CONAMA, 2014).

Destacam-se os quatro objetivos iniciais que resumem o que será apresentado neste trabalho:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais.

No Quadro 10, mais a frente, é possível observar os princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (CONAMA, 2014).

Outro aspecto a ser considerado na regulamentação governamental é seu papel sobre a sociedade civil em campanhas de esclarecimento sobre a destinação do lixo, a correta disponibilização de recicláveis, etc., estimulando a criatividade das empresas na inovação de suas embalagens, promovendo ações para facilitar a reciclagem e criando mecanismos inovadores de acesso dos consumidores a produtos ecologicamente sustentáveis. Em suma, os governos podem estimular a inovação ambiental de diversas formas: subsidiando a inovação (por meio de políticas de incentivo de órgãos fomentadores), por meio da regulação ambiental e, por último, por todos os stakeholders no processo incentivando a melhoria do desempenho econômico, social e ambiental, criando demanda para a inovação (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Hart & Milstein, 2003, 2004; Miller, 2013).

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
PRINCÍPIOS	OBJETIVOS
I - a prevenção e a precaução	I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental
II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor	II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos
III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública	III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços
IV - o desenvolvimento sustentável	IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais
V - a eco-eficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta	V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos
VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade	VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados
VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	VII - gestão integrada de resíduos sólidos
VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania	VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos
IX - o respeito às diversidades locais e regionais	IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos
X - o direito da sociedade à informação e ao controle social	X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira
XI - a razoabilidade e a proporcionalidade	XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis
	XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos
	XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto
	XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético
	XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável

Quadro 10: Política de resíduos sólidos – princípios e objetivos.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2014).

### 3.5.3 As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Segunda Parte)

Atendendo às premissas do TBL de John Elkington (desempenho econômico, social e ambiental) e relevando a regulamentação governamental, este trabalho de pesquisa utiliza o modelo de Rao e Holt (2005) – com visão gerencial de negócios, que ajuda a identificar estratégias e práticas que contribuam para um mundo mais sustentável, apresentando uma avaliação empírica da relação entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico – para medir o grau de conhecimento dos gestores à cerca das premissas para o desempenho corporativo (preocupação de diversos autores como: Fauzi et al., 2010; Jackson et al., 2011; Monast & Adair, 2013; Savitz & Weber, 2006).

Para Barbieri et al. (2010), uma empresa sustentável é aquela que contribui com o desenvolvimento sustentável, gerando, simultaneamente, benefícios econômicos, sociais e ambientais – conhecidos como os três pilares da sustentabilidade.

Uma oportunidade de sustentabilidade facilmente identificada está relacionada ao consumo de matérias-primas e geração de resíduos e poluição. Com isso, há um grande foco na eco-eficiência dos produtos atuais dentro da cadeia de suprimentos (Supply Chain – SC). Para tanto, necessita-se de envolvimento dos colaboradores e acompanhamento das atividades levando a melhorias contínuas e controle de qualidade (Dias & Pedrozo, 2012; Hart & Milstein, 2003, 2004; Menezes, Winck, & Dias, 2010; Santos, Magalhães, Nascimento, Correia-Neto & Dornelas, 2012; Suptitz & Noro, 2009; Telles, Petrokas, & Nakagawa, 2012; Ulian, Santos, & Gobbo, 2012).

Uma questão fundamental na gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management - SCM), nos últimos tempos, é a gestão relacionada ao meio ambiente. É importante integrar práticas de gestão ambiental em toda a SC, a fim de alcançar uma cadeia mais verde e manter uma vantagem competitiva (Azevedo et al., 2011; Figueiredo & Mayerle, 2008; Linton, Klassen, & Jayaraman, 2007; Paulraj, 2009; Rao & Holt, 2005; Seuring & Muller, 2008; Srivastava, 2007; Yang, Wang & Li, 2009; Zhu, Sarkis & Lai, 2008a).

Para esses autores, gestão verde da cadeia de suprimentos (Green Supply Chain Management – GSCM) é definida como "a integração do conceito ambiental em SCM, incluindo design de produto, fornecimento de material e seleção, processos de fabricação, a entrega do produto final para os consumidores, bem como a gestão de fim de vida do produto

após a sua vida útil”. O conceito surgiu como uma filosofia empresarial que contribui para que as organizações e seus parceiros alcancem os lucros almejados e os objetivos de participação de mercado através da redução de riscos e impactos ambientais, melhorando a eficiência ecológica (Azevedo et al., 2011; Figueiredo & Mayerle, 2008; Linton et al, 2007; Paulraj, 2009; Rao & Holt, 2005; Seuring & Muller, 2008; Srivastava, 2007; Yang et al., 2009; Zhu et al., 2008a) .

O aumento da pressão da comunidade associado a consumidores ambientalmente conscientes levaram a normas ambientais rigorosas. Muitos fabricantes tiveram que integrar as preocupações ambientais nas suas práticas de gestão. Além disso, quando se fala em Cadeia de Suprimentos, cada empresa pode ser responsabilizada pelo desempenho ambiental e social de seus fornecedores. Embora as organizações tenham adotado ecologicamente práticas responsáveis para atender aos requisitos legais, essas práticas podem produzir vantagem competitiva sustentável, melhorando a sua rentabilidade a longo prazo. Portanto, as dimensões competitivas associadas com preocupações ambientais e SCM não podem passar despercebidas pelas organizações (Azevedo et al., 2011; Figueiredo & Mayerle, 2008; Linton et al, 2007; Paulraj, 2009; Rao & Holt, 2005; Seuring & Muller, 2008; Srivastava, 2007; Yang et al., 2009; Zhu et al., 2008a).

Similarmente às práticas de eco-inovação apresentadas anteriormente, atualmente as práticas verdes GSCM devem cobrir todas as atividades SC, desde a compra verde para a integração da gestão do ciclo de vida, por meio do fabricante e do cliente, até o fechamento do ciclo com a logística reversa. Várias práticas verdes ao nível do produto estão descritas na literatura, incluindo eco design e design para reciclagem do produto. Outra prática comumente referida é logística reversa: qualquer ação que é realizada em todo o SC (para dentro da empresa envolvendo relações com parceiros) para eliminar ou reduzir qualquer tipo de impacto ambiental negativo. Portanto, as práticas GSCM podem ser identificadas a nível estratégico, tático ou operacional e poderiam estar relacionadas com o processo de abastecimento, o produto em si, o processo de entrega ou ações que envolvam algum tipo de inovação (Chen & Sheu, 2009; Linton et al., 2007, Zhu, Sarkis, & Lai, 2008b; Srivastava, 2007).

Para Azevedo et al. (2011), as pesquisas raramente têm estabelecido uma ligação potencial entre as iniciativas SC verdes, aumento da competitividade e um melhor desempenho econômico. Há uma falta de estudos mais aprofundados que associam elementos GSCM e

medição de desempenho, salientando a necessidade de futuros estudos que abordam GSCM e resultados ambientais (Azevedo et al., 2011).

Por outro lado, pesquisas anteriores já haviam considerado que GSCM pode ser alcançada através de diferentes tipos de práticas verdes e têm usado macro variáveis ou construtos agregados para avaliar a relação entre as práticas verdes e desempenho de SC. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Zhu e Sarkis (2004), que investigaram as relações entre a gestão interna ambiental, GSCM externo, a recuperação do investimento, eco design e seu impacto no desempenho ambiental e desempenho econômico. Seus resultados mostraram uma relação positiva entre GSCM e desempenho ambiental, mas também a ausência de uma relação significativa com os resultados econômicos. No estudo de Rao e Holt (2005) foram considerados cinco construtos latentes (função de entrada verde, produção verde, função de saída verde, a competitividade e o desempenho econômico) e concluíram que o SC verde realmente leva ao aumento da competitividade e melhor desempenho econômico (Hervani, Helms, & Sarkis, 2005; Rao & Holt, 2005; Zhu & Sarkis, 2004; Zhu, Sarkis, & Lai, 2007).

Complementarmente às práticas de eco-inovação e focando no trabalho desenvolvido por Rao e Holt (2005) – que apresentou os resultados de uma pesquisa realizada em organizações do Sudeste Asiático para investigar a proposição de que há uma correlação significativa entre a gestão verde da cadeia de suprimentos, a competitividade e o desempenho econômico – este estudo desenvolveu a mesma pesquisa para analisar a gestão da cadeia de suprimentos da mandiocultura na região noroeste do Paraná.

O modelo conceitual analisado no trabalho de Rao e Holt (2005) e testado por meio de técnicas de Modelagem de Equação Estrutural (Structural Equation Modeling – SEM), foi desenvolvido por meio de um exame da literatura em todos os aspectos da totalidade da cadeia de abastecimento. Esta "totalidade" é encapsulada usando cinco construtos latentes: entrada verde, produção verde, saída verde, competitividade e desempenho econômico (Rao & Holt, 2005). Estes construtos, bem como algumas variáveis envolvidas são apresentados no Quadro 11.

Entrada Verde	Produção Verde	Saída Verde	Competitividade	Desempenho Econômico
3.1 Realizar seminários de sensibilização para fornecedores / empreiteiros	1.1 Matérias-primas favoráveis ao meio ambiente	1.17 Adquirir Rótulo Ecológico	2.1 Aumento da eficiência	2.4 Novas oportunidades de mercado
3.2 Orientar fornecedores para estabelecer seus próprios programas ambientais	1.2 Substituir materiais questionáveis (que causam impacto ambiental)	1.18 Melhorar as embalagens dos produtos para reduzir o impacto ambiental	2.2 Melhoria da qualidade	2.11 Aumento do preço do produto
3.4 Informar os fornecedores sobre os benefícios da produção e tecnologias mais limpas	1.5 Considerar critérios ambientais	1.19 Recolher de volta as embalagens	2.3 Melhoria da produtividade	2.12 Aumento da margem de lucro
3.5 Pressionar fornecedores a tomar medidas ambientais	1.7 Otimizar processos para reduzir os resíduos sólidos	1.20 Fornecer aos consumidores informações sobre os produtos e/ou métodos de produção amigos do ambiente	2.5 Redução de custos	2.14 Aumento das Vendas
3.6 Escolher fornecedores por critérios ambientais	1.9 Otimizar processos para reduzir as emissões atmosféricas	1.21 Modificar o transporte de materiais/produtos para reduzir o impacto ambiental		2.15 Aumento da quota de mercado
	1.10 Otimizar processos para reduzir o ruído			
	1.11 Utilizar processos de tecnologia mais limpa para fazer economia (energia, água, resíduos)			
	1.12 Reciclar materiais internos para a empresa			

Quadro 11: Variáveis para o desenvolvimento dos construtos (extraídas do questionário).

Fonte: Adaptado de Rao e Holt (2005).

Segundo Hines e Johns (2001), Min e Galle (1997), Noci (2000), Rao (2002) e Walton, Handfield e Melnyk (1998), a partir da "entrada verde" da cadeia de suprimentos, argumenta-se que a ecologização tem inúmeros benefícios para uma organização, que vão desde a redução de custos, a integração de fornecedores em um processo de tomada de decisão participativa que promova a inovação. Uma grande parte da função de entrada compreende essencialmente as estratégias de compra verde adotadas pelas organizações em resposta às crescentes preocupações globais de sustentabilidade ambiental. Compra verde pode tratar de questões como a redução de resíduos produzidos, a substituição de material através de terceirização

ambiental das matérias-primas e minimização de resíduos de materiais perigosos. O envolvimento e o apoio de fornecedores são cruciais para alcançar tais objetivos. Portanto, as empresas estão cada vez mais preocupadas com a gestão do desempenho ambiental de seus fornecedores para garantir que os materiais e equipamentos fornecidos por eles sejam ecologicamente corretos na natureza e produzidos por meio de processos ecológicos ambientais (Hines & Johns, 2001; Min & Galle, 1997; Noci, 2000; Rao, 2002; Walton, Handfield & Melnyk, 1998).

Na fase de produção de uma cadeia verde de suprimentos, há uma série de conceitos que pode ser explorada, como produção mais limpa, design de ambiente, remanufatura e produção enxuta. As empresas verdes são inovadoras em suas práticas ambientais e essas estratégias emergem de um verdadeiro compromisso com a redução de resíduos e poluição. Produção enxuta é considerada importante na redução do impacto ambiental da fase de produção. Um estudo realizado por Lewis (2000) identificou uma melhoria duas vezes maior na produtividade em empresas automotivas japonesas quando comparados com os do Ocidente e atribuiu as principais diferenças nos sistemas de produção das organizações japonesas por meio da redução dos prazos de entrega, redução de materiais e diminuição dos custos com o pessoal ao mesmo tempo em que houve um aumento de produção e melhoria da qualidade resultando em uma maior competitividade. A produção enxuta também é responsável pela melhoria do desempenho ambiental das empresas através de boas práticas de manutenção, tais como a redução de resíduos em geral e minimização de resíduos perigosos (Florida, 1996; Florida & Davison, 2001; King & Lenox, 2001; Lewis, 2000; Sanches & Perez, 2001).

Para Florida (1996), Florida e Davison (2001), King e Lenox (2001), Lewis (2000) e Sanches e Perez (2001), a fase de produção tem um papel fundamental para garantir que produtos / serviços produzidos por uma organização sejam ambientalmente amigáveis na natureza; prevenção da poluição na fonte é conseguida por meio de processos de produção; práticas de produção mais limpas são adotadas; fabricação de circuito fechado (logística reversa) é incorporada em toda a extensão possível, de modo que os resíduos gerados sejam processados e reciclados de volta para a fase de produção; reutilização e reciclagem de materiais é maximizada; a utilização de material é reduzida; o conteúdo de um produto reciclável é aumentada; os processos de produção são otimizados para que a geração de resíduos, tanto perigosos ou não, sejam minimizados; e os produtos são redesenhados (projeto para o meio ambiente) para que os impactos ambientais adversos de um determinado produto por ser

diminuídos ou eliminados (Florida, 1996; Florida & Davison, 2001; King & Lenox, 2001; Lewis, 2000; Sanches & Perez, 2001).

No lado da saída verde da cadeia de suprimentos, marketing verde, embalagem amiga do ambiente e distribuição favorável ao meio ambiente, são todas as iniciativas que possam melhorar o desempenho ambiental de uma organização e sua cadeia de suprimentos na função de saída, tal como logística reversa e troca de resíduos que podem levar à redução de custos e aumento da competitividade. Muitas destas iniciativas envolvem compromissos entre várias funções de logística e análise ambiental, a fim de melhorar o desempenho ambiental de uma organização (Lamming, & Hampson, 1996; Rao, 2003; Sarkis, 1999; Wu & Dunn, 1995).

Como parte da logística de distribuição, marketing verde tem um papel importante a desempenhar na ligação entre a inovação ambiental e vantagem competitiva. Incentivar os fornecedores a recuperar as embalagens é uma forma de logística reversa, que pode ser um fator importante na saída verde. Recipientes padronizados reutilizáveis e bons layouts reduzem o armazenamento e recuperação de atrasos, o que leva a uma economia nos custos operacionais, ao mesmo tempo em que são ambientalmente saudáveis. Por último, o desenho específico de redes de logística e sua implementação são duas das questões estratégicas mais importantes para a logística de saída – tipo de transporte, fontes de combustível, infraestrutura, práticas operacionais e de organização – pois determinam o impacto ambiental gerado na fase de logística do transporte da cadeia de suprimentos (Lamming, & Hampson, 1996; Rao, 2003; Sarkis, 1999; Wu & Dunn, 1995).

Ao longo dos últimos anos tem havido um aumento na consciência ambiental dos consumidores em geral. Claramente, um número crescente de empresas está desenvolvendo programas ambientais e produtos "verdes" provenientes de mercados ao redor do mundo. Indiscutivelmente, as questões ambientais estão se tornando uma fonte de competitividade. Curiosamente, é evidente que muitas das empresas líderes estão percebendo a dimensão competitiva para ter uma cadeia de suprimentos verde (Min & Galle, 1997, 2001; Rao, 2002; Rao, 2004; Rao & Holt, 2005).

Para Klassen e McLaughlin, 1996, Rao, 2002, 2004, Rao e Holt, 2005, a gestão ambiental abrange diversas iniciativas para reduzir ou minimizar os impactos ambientais adversos das operações de uma organização. Esses esforços têm como objetivo melhorar o desempenho ambiental, reduzir custos e melhorar a imagem da empresa. No entanto, muitas



organizações ainda olham para iniciativas verdes como envolvendo uma troca entre desempenho ambiental e desempenho econômico. O desempenho financeiro das empresas é afetado pelo desempenho ambiental em uma variedade de maneiras. Quando os resíduos, perigosos e não perigosos, são minimizados, como parte da gestão ambiental (uma melhor utilização dos recursos naturais), a melhoria da eficiência e maior produtividade reduzem os custos operacionais. Novamente, quando o desempenho ambiental da empresa melhora, ela obtém uma vantagem de marketing enorme e isso leva a um melhor rendimento, maior participação de mercado e novas oportunidades de mercado. Organizações que minimizem os impactos ambientais negativos de seus produtos e processos de reciclagem de resíduos pós-consumo e estabelecem sistemas de gestão ambiental, estão prestes a expandir seus mercados ou deslocar os concorrentes que não conseguem promover o bom desempenho ambiental (Klassen & McLaughlin, 1996; Rao, 2002; Rao, 2004; Rao & Holt, 2005).

Uma vez que muitos acreditam que a gestão verde da cadeia de suprimentos leva a um melhor desempenho ambiental, isso implica que diferentes fases da cadeia verde de suprimentos devem, direta ou indiretamente, se traduzirem em melhoria do desempenho econômico ou financeiro. Por exemplo, a ecologização da fase de entrada certamente deve levar à redução da poluição na fonte e minimização de resíduos. No entanto, se essas iniciativas têm um impacto direto sobre o desempenho financeiro é o que precisa ser investigado. Da mesma forma, saída verde, envolvendo logística verde, intuitivamente, deve levar à competitividade, mas, novamente, se se transformaria em um melhor desempenho financeiro precisa ser, também, investigado (Rao, 2002; Rao, 2004; Rao & Holt, 2005).

Em suma, Rao e Holt (2005) resumem os construtos e suas variáveis em:

**Entrada Verde:**

- (1) Realizar seminários de sensibilização para os fornecedores e prestadores de serviços;
- (2) Orientar fornecedores para definir os seus próprios programas ambientais;
- (3) Reunião de fornecedores do mesmo setor para compartilhar seu know-how e problemas;
- (4) Informar fornecedores sobre os benefícios da produção e tecnologias mais limpas;
- (5) Pressionar fornecedores a tomarem ações ambientais; e
- (6) Escolher fornecedores por critérios ambientais.

**Produção Verde:**

- (1) Matérias-primas ambientalmente amigáveis;
- (2) Substituição de materiais ambientalmente questionáveis;
- (3) Considerações sobre os critérios ambientais;
- (4) Considerações sobre o projeto ambiental;

- (5) Otimização do processo de redução de resíduos sólidos e emissões;
- (6) Uso de tecnologia de processos mais limpos para fazer economias de energia, água e resíduos;
- (7) Reciclagem interna do material na fase de produção; e
- (8) Incorporação de princípios de gestão da qualidade total ambiental, como a capacitação dos trabalhadores.

Saída Verde:

- (1) Gestão de resíduos favorável ao meio ambiente;
- (2) Embalagens que não cause impacto ambiental negativo;
- (3) Programa de retorno da embalagem;
- (4) Rotulagem ecológica;
- (5) Recuperação de produtos da empresa de fim de vida;
- (6) Fornecer aos consumidores informações sobre os produtos amigos do ambiente e / ou métodos de produção; e
- (7) A utilização de transporte não poluentes.

Competitividade:

- (1) Melhoria da eficiência;
- (2) Melhoria da qualidade;
- (3) Melhoria da produtividade; e
- (4) Redução de custos.

Desempenho Econômico:

- (1) Novas oportunidades de mercado;
- (2) Aumento de preços de produtos;
- (3) Aumento da margem de lucro;
- (4) Aumento de vendas; e
- (5) Maior participação de mercado.

De acordo com o referencial teórico, a proposição relativa às práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos com o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico é:

P2: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos, o aumento da competitividade e a melhoria do desempenho econômico.

Da mesma forma que na proposição anterior (P1), para que se possa entender onde as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos exercem maior influência, a segunda proposição pode ser dividida em duas:

P2.1: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e o aumento da competitividade.

P2.2: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e a melhoria do desempenho econômico.

A teoria fundamentada foi selecionada porque permitirá à pesquisa reconhecer padrões e relações que levem à identificação de práticas verdes relacionadas com o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico na gestão das organizações.

### 3.6 A VIABILIDADE ECONÔMICA SUSTENTÁVEL

#### 3.6.1 Viabilidade do Desenvolvimento Sustentável

Apesar de tão antiga quanto a própria civilização, somente nas últimas décadas, a preocupação com o meio ambiente foi ganhar força em todo o mundo. Concomitantemente ao fortalecimento dos movimentos ambientalistas e o crescimento dos debates acerca da crise ambiental surgiu a chamada economia do meio ambiente que atrelada à problemática ambiental, fizeram com que os sistemas econômicos passassem a esbarrar em seus próprios ideais de progresso. Neste contexto, com a preocupação eminente do esgotamento dos recursos naturais e das falhas da economia de mercado, construiu-se a ideia do desenvolvimento sustentável, segundo a qual a exploração e manejo dos recursos naturais deveria atender à satisfação das necessidades básicas do agente explorador bem como das gerações futuras (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Para estes mesmos autores, apesar da ideia de desenvolvimento sustentável ser bem intencionada, afloraram as primeiras dúvidas acerca da viabilidade da sustentabilidade ambiental-econômica. Dentre as preocupações dos especialistas, tem merecido uma reflexão mais aprofundada a garantia de acesso do contingente populacional miserável ao emprego, à segurança social e à saúde, face as restrições econômicas implementadas à exploração dos recursos ambientais – uma vez que os benefícios decorrentes da exploração predatória dos recursos naturais vinham sendo unicamente utilizados para a manutenção das condições de vida dos chamados países ricos. Em outras palavras, a tecnologia gerada pelo homem advinha diretamente do que era retirado da natureza. A qualidade de vida correspondia à destruição da própria natureza (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

A proposta destes autores, ante ao contexto econômico e levando-se em conta que o princípio do desenvolvimento sustentável tem em seus próprios fundamentos a erradicação da pobreza, é tentar responder às seguintes questões: como o atender àquelas populações de miseráveis, dando-lhes condições similares às dos países centrais, sem degradar os recursos naturais ainda disponíveis? Ou ainda, que valor deve pesar mais? O econômico ou o ambiental?

É possível compatibilizar desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente? (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Na visão dos mesmos autores citados acima, o conceito de desenvolvimento sustentável pressupõe um crescimento econômico atento e responsável, de maneira a extrair dos recursos e tecnologias disponíveis benefícios para o presente, sem comprometer as reservas que serão legadas às gerações futuras. Esta determinação é incumbência de todos: entidades governamentais e não-governamentais, poderes públicos e coletividade, imbuídos do propósito de realizar o correto manejo das populações que habitam a terra e que desempenham, cada qual a seu turno, um papel de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio ecológico. Já a economia, no seu conceito clássico, abrange apenas uma fração das ciências sociais, competindo a esta ciência o estudo da ação econômica do homem, envolvendo essencialmente o processo de produção, a geração e a apropriação da renda, o dispêndio e a acumulação (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

A despeito da superficial abordagem das definições supra, os autores concluem que as ações econômicas, bem como seus problemas não possuem contornos bem delineados. As ligações existentes entre a economia e outros ramos científicos, como o direito ou a sociologia, decorrem, de que as relações humanas e os problemas nelas implícitos ou delas decorrentes não são facilmente separáveis segundo níveis de referência pré-classificados. Assim, invariavelmente ações econômicas terão respostas finais no campo da tecnologia, da psicologia e, principalmente no campo ambiental (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Romeiro (2003, 2012) pontua que, relativamente a esta última correlação, qual seja economia e meio ambiente, é ainda mais difícil sua separação, uma vez que trata-se de um sistema econômico de um subsistema integrante da ecologia. Neste caso, qualquer mudança que ocorre no ambiente tem um impacto econômico direto, da mesma forma que nenhuma decisão econômica pode ser entendida fora do contexto de seus inúmeros e complexos efeitos sobre os ecossistemas e os recursos naturais.

Para Botkin e Keller (2011), Bursztyn e Bursztyn (2013) e Miller (2013), diante dessa perspectiva e da atual crise ambiental, o estudo da economia e do meio ambiente, bem como das leis que regulam a atuação do homem no trato com a natureza, tornam-se cada vez mais

importantes. Para agravar ainda mais a situação, aumenta-se a toda hora os focos de tensão entre as necessidades humanas e os recursos naturais, o que nos leva a uma irremediável situação de conflito entre interesses de ordem econômica e interesses de ordem ambiental (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013).

Tanto a política ambiental nacional quanto as diretrizes constitucionais referentes ao meio ambiente adotaram o entendimento de que o desenvolvimento econômico e social, a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico podem ser compatibilizados, desde que conciliados os dois valores. Nesse passo, seria garantido à empresa a livre iniciativa econômica desde que não ofendesse ou causasse dano irreparável à saúde pública ou ao meio ambiente (Dias, 2014; Romeiro, 2003, 2012).

Por outro lado, em havendo conflito entre referidos valores, o meio ambiente ecologicamente equilibrado deveria se contrapor ao direito individual da empresa de exercer atividade que venha a causar degradação do meio ambiente, ou seja, a proteção ambiental, portanto, deverá sempre sobressaltar ao interesse econômico, assegurando, além da capacidade de continuidade dos seres vivos, a igualdade social e ambiental às gerações futuras (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013).

Mas costumeiramente alardeado pelos defensores do desenvolvimento sustentável, somente com a satisfação das necessidades básicas das populações, bem como com a adoção de um sistema social que garantisse a todos emprego, segurança social, educação e respeito às culturas é que realmente se alcançaria um equilíbrio ecológico-econômico pleno (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Até então os benefícios decorrentes da exploração irracional dos recursos naturais vinham sendo, em sua maior parte, utilizados para a manutenção das condições de vida dos chamados países ricos. Desta forma, à margem desse desenvolvimento, porém sofrendo com a escassa disponibilidade de recursos ambientais e econômicos, restaram grandes parcelas da população mundial vivendo na mais completa miséria. Isto significa que para atender a esse imenso contingente de excluídos, mais recursos naturais deveriam ser disponibilizados para a sua transformação em bens de consumo, o que, por conseguinte, significaria mais degradação ambiental (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Oferecer condições mínimas de sobrevivência aos excluídos, proporcionando-lhes oportunidades de trabalho, moradia, alimentação, etc., ainda demandaria, considerando os obstáculos políticos normalmente impostos à redistribuição de renda, uma notável expansão da economia global, com impactos ambientais inevitáveis, tanto mais quando se leva em conta as projeções de aumento demográfico para os próximos anos. Alcançar a sustentabilidade, nos moldes de desenvolvimento e crescimento econômico que conhecemos atualmente, implicaria necessariamente em aumento de produção (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Na opinião destes autores, ante a impossibilidade prática de uma rápida alteração nos fundamentos atuais da economia, a solução seria a internalização das externalidades ambientais negativas, ou seja a absorção, aos custos privados, do significado econômico da degradação ambiental.

Assim, dois caminhos (não excludentes entre si) são apontados como soluções viáveis: o primeiro refere-se à regulação direta, pela qual o Estado, no uso de seu papel normativo e regulador, disciplina o comportamento dos agentes econômicos, estabelecendo padrões de qualidade, exigindo a obtenção de licenças ambientais, proibindo determinadas atividades e, sobretudo, punindo os que transgridam os critérios estabelecidos de proteção e conservação do meio ambiente; o segundo sugere a adoção de incentivos às inovações tecnológicas limpas e instrumentos de índole econômica que possam, através de uma adequada atribuição de custos pela utilização dos recursos ambientais, induzir o poluidor a controlar seus níveis de utilização dos recursos naturais, bem como o grau e o teor de suas emissões (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Romeiro (2003, 2012) destaca que há uma expectativa muito grande em relação ao papel das inovações tecnológicas limpas, também chamadas de “verdes” e que são consideradas triplamente ganhadoras: ambientalmente amigáveis, socialmente adequadas e economicamente eficientes. Em um relatório da ONU (DESA, 2011), cujo título denota precisamente essa expectativa (The Great Green Technological Transformation – A Grande Transformação Tecnológica Verde), são indicadas quais as políticas necessárias para estimular a mudança tecnológica, em especial para que os países emergentes possam saltar direto para as novas tecnologias triplamente ganhadoras (DESA, 2011; Romeiro 2003, 2012).

A revolução tecnológica verde da economia seria diferente por três razões: a) o curto período de tempo em que deve ocorrer dada a pressão sobre os ecossistemas; b) por causa disso e das limitações dos mecanismos de mercado, os governos terão que assumir um papel bem mais importante na produção e difusão tecnológica; e c) a necessidade de cooperação internacional, uma vez que os principais problemas ambientais são globais (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Numa revolução verde, os recursos naturais (como fonte de insumos e como fonte de serviços ecossistêmicos) não representam, no longo prazo, um limite absoluto à expansão da economia. Essa posição se apoia em duas premissas: (a) não há limites para o progresso científico/tecnológico (leia-se aqui “inovações”) aumentar a eficiência no uso de recursos naturais (eficiência ecológica); e (b) capital, trabalho e recursos naturais são perfeitamente substituíveis entre si. Desse modo, por um lado, a emissão de resíduos tenderia a zero com o aumento indefinido da eficiência no uso de recursos naturais, fazendo que o processo de crescimento econômico se descasse progressivamente da sua base material/energética (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Assim, para estes autores, a disponibilidade de recursos naturais pode ser uma restrição à expansão da economia, mas uma restrição apenas relativa, superável indefinidamente pelo progresso científico e tecnológico. Tudo se passa como se o sistema econômico fosse capaz de se mover suavemente de uma base de recursos para outra, à medida que cada uma é esgotada, sendo o progresso científico e tecnológico a variável-chave para garantir que o processo de substituição não limite o crescimento econômico, garantindo sua sustentabilidade no longo prazo.

Mas para estes mesmos autores, é necessário programar um conjunto de políticas que levem a inovações institucionais, organizacionais e tecnológicas capazes de colocar países em desenvolvimento numa senda de crescimento sustentável até alcançar níveis de conforto material similares àqueles dos países desenvolvidos. No caso dos países em desenvolvimento, o crescimento econômico é fundamental para eliminar a pobreza e a desigualdade. Para esses, políticas como as defendidas pela UNEP (2011) são as que devem ser implementadas para que haja uma estabilização do nível de emissões de gases e resíduos sem parar o crescimento

econômico e/ou gerar uma crise socioeconômica (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

### 3.6.2 Economia Verde

Os últimos anos testemunharam a saída do conceito de “economia verde” de um campo especializado em economia de meio ambiente para o discurso de políticas do dia a dia. Este conceito vem sendo cada vez mais mencionado nos discursos de chefes de estado e ministros das finanças, no texto dos comunicados do G20, e discutido no contexto de desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013; UNEP, 2011).

O recente impulso para um conceito de economia verde, sem dúvida, foi ajudado pela grande desilusão em relação ao nosso paradigma econômico predominante; uma sensação de fadiga emanando das várias crises simultâneas e falhas de mercado vividas durante a primeira década do novo milênio, incluindo, principalmente, a crise financeira e econômica de 2008. Mas ao mesmo tempo, tivemos várias evidências do caminho a ser seguido, um novo paradigma econômico, no qual a riqueza material não é alcançada necessariamente à custa de um crescente risco ao meio ambiente, escassez ecológica e disparidades sociais (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013; UNEP, 2011).

Ainda para os autores, um número de evidências cada vez maior também sugere que a transição para uma economia verde possa ser inteiramente justificada em termos econômicos e sociais. Há um forte argumento emergindo para que haja uma duplicação do número de esforços feitos tanto pelo governo quanto pelo setor privado no engajamento em tal transformação econômica. Para os governos, ela deve incluir o nivelamento de produtos mais verdes através da eliminação progressiva dos ultrapassados subsídios, a reforma de políticas e o fornecimento de novos incentivos, o fortalecimento da infraestrutura de mercado e mecanismos de base de mercado, o redirecionamento do investimento público e tornar mais verdes os contratos públicos. Para o setor privado, isso envolveria entender e aproveitar a verdadeira oportunidade representada pela transição das economias verdes em relação a um número de setores chave, e responder às reformas políticas e aos sinais dos preços através de níveis cada vez mais altos de financiamento e investimento (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013; UNEP, 2011).



Várias crises simultâneas iniciaram-se ou aceleraram-se durante a última década: crises climáticas, de biodiversidade, combustível, alimentos, água, e mais recentemente no sistema financeiro e econômico como um todo. A aceleração de emissões de gases de efeito estufa indica uma ameaça crescente de mudanças climáticas descontroladas, com consequências potencialmente desastrosas para a humanidade. O choque com o preço de combustíveis em 2008, e aumento relacionado nos preços dos alimentos e mercadorias, ambos indicam fraquezas estruturais e riscos que continuam mal resolvidos. O aumento na demanda, previsto pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) e outras agências, sugere uma dependência contínua do petróleo e outros combustíveis fósseis, além de custos de energia muito mais altos, ao passo que a economia mundial sofre para recuperar-se e crescer (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013).

Pontuaram os autores que, apesar das crises terem várias causas, num nível básico, todas elas partilham uma característica em comum: um grande uso inadequado de capital. Durante as duas últimas décadas, muito capital foi empregado em pobreza, combustíveis fósseis e bens financeiros estruturados com derivativos incorporados, mas, em comparação, relativamente pouco foi investido em energias renováveis, eficiência energética, transporte público, agricultura sustentável, proteção dos ecossistemas e da biodiversidade, e conservação da terra e das águas.

De fato, a maioria das estratégias de crescimento e desenvolvimento econômico incentivou um rápido acúmulo de capital físico, financeiro e humano, mas à custa do esgotamento excessivo e degradação do capital natural, que inclui nossas reservas de recursos naturais e ecossistemas. Ao esgotar as reservas de riqueza natural do mundo (em muitos casos, irreversivelmente), o padrão de desenvolvimento tem tido impacto prejudicial no bem-estar das gerações atuais e apresenta grandes riscos e desafios às futuras gerações. As múltiplas crises recentes são indicativas deste padrão (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013).

O PNUMA (UNEP, 2011) define economia verde como uma economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica. Em outras palavras, uma economia verde pode ser considerada como tendo baixa emissão de carbono, é eficiente em seu uso de recursos e socialmente inclusiva. Em uma economia verde, o crescimento de renda e de emprego deve ser impulsionado por investimentos públicos e privados que reduzem as emissões

de carbono e poluição e aumentam a eficiência energética e o uso de recursos, e previnem perdas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Desse modo, investimentos precisam ser gerados e apoiados por gastos públicos específicos, reformas políticas e mudanças na regulamentação. O caminho do desenvolvimento deve manter, aprimorar e, quando possível, reconstruir capital natural como um bem econômico crítico e como uma fonte de benefícios públicos, principalmente para a população carente cujo sustento e segurança dependem da natureza (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013; UNEP, 2011).

Para Botkin e Keller (2011), Bursztyn e Bursztyn (2013) e Miller (2013), a redução do desmatamento e o aumento do reflorestamento por si só fazem muito sentido economicamente, e também apoiam a agricultura e o modo de vida rural. As florestas são parte essencial da “infraestrutura ecológica” que mantêm o bem-estar da humanidade. Produtos e serviços florestais mantêm em grande parte o sustento econômico de mais de 1 bilhão de pessoas. Frequentemente, florestas fornecem serviços ambientais insubstituíveis, elas abrigam 80% das espécies terrestres, oferecem resiliência para a agricultura, saúde e outros setores de orientação biológica. As atuais altas taxas de desmatamento e degradação florestal são impulsionadas por uma demanda por produtos de madeira, e por pressão para outros usos da terra, em particular, para agricultura e pecuária.

Uma abordagem de “fronteira” em relação aos recursos naturais – ao invés de uma abordagem de investimentos – significa que os valiosos serviços ecossistêmicos da floresta e oportunidades econômicas estão sendo perdidos. A redução do desmatamento pode, portanto, ser um bom investimento: os benefícios de regulação climática que podem ser alcançados com a redução do desmatamento pela metade já foram estimados e eles sozinhos equivalem ao triplo do valor dos custos. (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013).

Miller (2013) vai mais adiante e cita que as práticas de cultivo atuais usam mais de 70% dos recursos de água doce do mundo e contribuem com mais de 13% das emissões de gases do efeito estufa (GEE). Elas também estão envolvidas em 3-5 milhões de casos de envenenamento por pesticidas e mais de 40.000 mortes por ano. A agricultura verde é caracterizada por mover ambos os cultivos industrial e de subsistência em direção às práticas de cultivo ecologicamente corretas, tais como o uso eficiente de água, o uso extensivo de nutrientes naturais e orgânicos do solo, cultura ideal do solo, e controle integrado de pragas. Para tornar verde a agricultura, são necessários bens de capital físico, investimentos financeiros, pesquisa e investimento em capacitação, treinamento e educação em cinco áreas fundamentais: gerenciamento de fertilidade

do solo, uso mais eficiente e sustentável da água, diversificação de culturas e animais, gerenciamento da saúde animal e vegetais biológicos, e um nível adequado de mecanização agrícola. Esverdear o setor de pequenas propriedades através da promoção e disseminação de práticas sustentáveis pode ser o modo mais efetivo de disponibilizar mais comida aos pobres e famintos, reduzir a pobreza, aumentar o sequestro de carbono e acessar o crescente mercado internacional por produtos verdes (Miller, 2013).

Botkin e Keller (2011) e Bursztyn e Bursztyn (2013) enfatizam que aumentar o fornecimento de energia de fontes renováveis reduz os riscos de aumentos e volatilidade dos preços para os combustíveis fósseis além de oferecer benefícios de redução. O atual sistema de energia baseada em combustível fóssil está na raiz da mudança climática. O setor de energia é responsável por dois terços das emissões de gases de efeito estufa e estima-se que os custos da mudança climática em termos de adaptação atinjam US\$50 a 170 bilhões até 2030, metade dos quais poderiam ser arcados pelos países em desenvolvimento. Muitos desses países, como importadores de petróleo bruto, também são desafiados pelos aumentos e volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis.

O uso de energia renovável requer a substituição dos investimentos em fontes de energia intensivas em carbono por investimentos em energia limpa, bem como aprimoramentos de eficiência. Muitas oportunidades para aprimorar a eficiência de energia pagam por si mesmas, enquanto investimentos em tecnologias de energia renovável já estão crescendo no mercado atual conforme tornam-se cada vez mais competitivas. As inovações tecnológicas de energia renovável são ainda mais competitivas quando o custo social de tecnologias de combustíveis fósseis, que em parte está sendo atrasado até o futuro, é levado em consideração. A este respeito, a conclusão bem-sucedida de um acordo mundial sobre emissões de carbono e a garantia resultante de que haverá um mercado de carbono futuro e a fixação de preços é um forte incentivo para mais investimentos comerciais em energia renovável (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Outro ponto levantado pelos autores é que o setor industrial tem pela frente vários desafios assim como oportunidades para melhorar a eficiência de recursos. Contabilizando atualmente cerca de 23% do emprego mundial, o setor industrial representa um estágio chave no ciclo de vida do uso de materiais, que começa com a extração de recursos naturais e termina com a disposição final. Em termos de uso de recursos, o setor é responsável por cerca de 35% do uso global de eletricidade, mais de 20% das emissões de CO<sub>2</sub> e mais de um quarto da extração

de recursos primários. O setor industrial atualmente é responsável por cerca de 10% da demanda de água e espera-se que isso cresça para mais de 20% até 2030, competindo nesses termos com os usos agrícolas e urbanos. Conforme o setor industrial expande em mercados em desenvolvimento, os riscos associados ao uso de substâncias perigosas estão aumentando (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Tornar o setor industrial verde implica a ampliação da vida útil dos produtos manufaturados através de maior ênfase em re-projetar, re-fabricar e reciclar, o que constitui o centro da manufatura de ciclo fechado. Re-projetar os sistemas de produção envolveria o re-projeto de produtos para aumentar sua vida útil tornando-os fáceis de reparar, recondicionar, re-fabricar e reciclar. Processos de operações de re-fabricação, que são baseados no reprocessamento de produtos usados e peças através de sistemas de recepção e reciclagem (através do retorno), atualmente economizam cerca de 10,7 milhões de barris de petróleo a cada ano (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

A reciclagem suporta o uso de subprodutos do processo de produção enquanto também oferece alternativas para substituição de insumos em manufatura. A reciclagem de materiais como alumínio, por exemplo, requer apenas 5% da energia para produção primária. Uma importante e não explorada oportunidade a curto prazo é reciclar calor residual de alta temperatura de processos como fornos de coque, altos fornos, fornos elétricos e fornalhas de cimento, principalmente para geração de energia elétrica usando calor e energia combinados (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Ainda para os autores, o mesmo ocorre com os resíduos advindos do setor industrial, cujos níveis atuais são altamente correlacionados com a renda. Conforme os padrões de vida e o rendimento crescem, espera-se que o mundo gere mais de 13,1 bilhões de toneladas de lixo em 2050, cerca de 20% mais que a quantidade em 2009. Uma maior eficiência de recurso e de recuperação de recurso, possibilitada com políticas públicas inteligentes, pode reduzir os fluxos de lixo associados com o crescimento dos padrões de vida, e evitar futuros riscos. Na realidade, a oportunidade para se recuperar lixo é grande, pois atualmente somente 25% de todo o lixo são recuperados ou reciclados, enquanto se estima que o mercado mundial de lixo, da coleta até a

reciclagem, vale US\$410 bilhões por ano (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

Segundo o relatório da PNUMA, a tradição no Brasil de reciclar e recuperar diversos materiais se compara ou supera a de países industrializados. Aproximadamente 95% de todas as latas de alumínio e 55% de todas as garrafas de polietileno são recicladas. Cerca de metade de todo o volume de papel e vidro é recuperado. A reciclagem no Brasil gera quase US\$2 bilhões e evita a emissão de 10 milhões de toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera. Apesar dessa façanha, materiais recicláveis no valor de US\$5 bilhões vão parar em aterros sanitários. A reciclagem completa desses materiais equivaleria a 0,3% do PIB (UNEP, 2011).

O relatório continua, informando que a gestão e a reciclagem de resíduos empregam mais de 500.000 pessoas no Brasil, com a grande maioria composta por catadores que trabalham informalmente e recebem rendas baixas e instáveis além de terem que enfrentar péssimas condições de trabalho. Após algumas iniciativas tomadas pelos governos locais, cerca de 60.000 pessoas que trabalham no setor de reciclagem se organizaram em cooperativas e associações e passaram a oferecer seus serviços de maneira formal, assinando contratos de trabalho. A renda dessas pessoas é mais de duas vezes maior do que a dos catadores de lixo, o que permite que elas tirem suas famílias da pobreza (UNEP, 2011).

Por fim, o relatório sinaliza que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – estabelecida por lei em 02 de agosto de 2010 – visa a desenvolver esse potencial. Ela trata da coleta, eliminação final e tratamento do lixo urbano, do lixo prejudicial ao meio ambiente e do lixo industrial no Brasil. A PNRS é o resultado de um amplo consenso baseado no diálogo social que envolveu o governo, o setor produtivo, as partes interessadas em gestão de resíduos e a comunidade acadêmica (UNEP, 2011).

O que os autores querem deixar claro é que a reciclagem e a recuperação da energia derivada dos resíduos são atividades que estão se tornando cada vez mais lucrativas e devem continuar a ser uma vez que os resíduos desperdiçados tornam-se recursos cada vez mais valiosos. Resíduos podem ser transformados em produtos comercializáveis, como é o caso do mercado de transformação de resíduos em energia, que já foi estimado em US\$20 bilhões em 2008 e está previsto para crescer em 30% até 2014<sup>91</sup>. Os resíduos agrícolas gerados principalmente em áreas rurais chegam a 140 bilhões de toneladas métricas em todo o mundo e possuem um potencial energético equivalente a 50 bilhões de toneladas métricas de petróleo.

No contexto de uma economia verde, até 2050 todos os resíduos de biomassa seriam convertidos ou recuperados em forma de energia (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012).

### 3.6.3 Possibilidades para uma Economia Verde

Caminhar rumo a uma economia verde tem o potencial para se alcançar o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza numa escala e numa velocidade jamais vistos antes. Fundamentalmente, esse potencial decorre de mudanças das condições equitativas: o nosso mundo e os riscos que encaramos mudaram muito. Será preciso repensar a nossa abordagem sobre a economia (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Embasado por esta premissa, o relatório da UNEP (2011) sugere algumas políticas que possibilitariam a transição para uma economia verde: a) o estabelecimento de normas rígidas de regulamentação; b) a priorização de investimentos e gastos públicos em áreas que estimulem a transformação verde de setores econômicos; c) a limitação de gastos em áreas que esgotem o capital natural; d) o uso de impostos e instrumentos que se baseiam no mercado para mudar a preferência do consumidor e promover o investimento verde e a inovação; e) o investimento em capacitação e treinamento; e f) o fortalecimento da governança internacional (UNEP, 2011).

Uma estrutura regulatória pode regulamentar as formas mais prejudiciais de comportamentos insustentáveis criando padrões mínimos ou proibindo inteiramente determinadas atividades. Além disso, uma estrutura regulamentar adequada reduz os riscos regulamentares e empresariais, e aumenta a confiança dos investidores e mercados (UNEP, 2011).

Um redirecionamento dos investimentos públicos e privados – estimulados através das reformas das políticas e das condições possibilitadoras – é necessário para desenvolver ou reforçar o capital natural, por exemplo, as florestas, a água, o solo e as reservas pesqueiras, que são particularmente importantes para a população rural mais necessitada (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Na opinião destes mesmos autores, os investimentos “verdes” também vão reforçar os novos setores e as tecnologias que serão as principais fontes de desenvolvimento e crescimento

no futuro: as tecnologias de energia renovável, instalações e equipamentos que usam eficientemente a energia e recursos, um transporte público com baixa emissão de carbono, uma infraestrutura eficiente para combustíveis e veículos que usam energia limpa, e instalações para reciclagem e gerenciamento de resíduos. São necessários investimentos complementares no capital humano, gerenciamento e habilidades técnicas para assegurar uma transição tranquila para o caminho de um desenvolvimento mais sustentável (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Uma economia verde dá suporte ao crescimento, renda e empregos. Embora a maior parte dos investimentos necessários para a transformação verde venha do setor privado, as políticas públicas também terão um papel principal na superação das distorções introduzidas pelos subsídios prejudiciais e a externalização dos custos. E o investimento público será necessário para dar o pontapé inicial numa transição eficaz para a economia verde (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Para resumir, uma economia verde valoriza e investe no capital natural. Os serviços ecossistêmicos são melhor conservados, gerando redes de segurança aperfeiçoadas e rendimentos familiares para a população rural mais necessitada. Métodos ecológicos de exploração melhoram significativamente a produção para a subsistência dos agricultores. E melhorias no acesso à água potável e saneamento, e as inovações para as energias não conectadas diretamente com a Rede Básica (eletricidade solar, fogões de biomassa, etc.) se acrescentam ao conjunto de estratégias da economia verde, que podem ajudar na redução da pobreza (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Consideram os mesmos autores que uma economia verde substitui os combustíveis fósseis por energias renováveis e tecnologias de baixa emissão de carbono, que enfrentam as mudanças climáticas, mas também criam empregos decentes e reduzem a dependência nas importações.

Este autores ressaltam ainda que as novas tecnologias promovem o uso eficiente de energia e recursos e dão uma oportunidade de crescimento em novas direções, compensando as perdas de emprego de outras economias. A eficiência dos recursos se torna uma força motora – para o uso tanto da energia quanto dos materiais – seja ela no gerenciamento dos resíduos, mais

transporte público e menos lixo produzido ao longo de toda a cadeia alimentar (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

As regulamentações, normas e objetivos são importantes para apontar o caminho. Entretanto, os países em desenvolvimento devem ter permissão para regular a sua própria velocidade, respeitando os seus objetivos de desenvolvimento, suas circunstâncias e suas limitações. As nações desenvolvidas desempenham um papel chave na capacitação e habilitação dos países em desenvolvimento, e na criação de um mercado internacional e de uma infraestrutura jurídica para uma economia verde (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

As condições possibilitadoras devem ser bem gerenciadas para que ocorra uma transição bem sucedida para a economia verde. Obviamente há muitos riscos e desafios pelo caminho. Caminhar rumo a uma economia verde vai exigir que os líderes mundiais, a sociedade e as empresas líderes de mercado trabalhem juntos nessa transição. Será necessário um esforço constante por parte dos tomadores de decisão e os seus eleitores devem repensar e redefinir os parâmetros tradicionais de riqueza, prosperidade e bem-estar (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).



## 4 METODOLOGIA

Esta parte do trabalho define a estratégia de pesquisa utilizada: o método, a escolha do universo e da amostra, os instrumentos e a coleta de dados, bem como suas respectivas análises, de forma clara e objetiva, permitindo sua replicação por pesquisadores em trabalhos similares. Objetiva-se, com isso, encontrar, por meio dos instrumentos e suas análises, respostas ao problema de pesquisa central, enriquecida com refutações aos questionamentos secundários ou específicos.

### 4.1 MÉTODO, ESTRATÉGIA E TIPO DE PESQUISA

Um trabalho científico pode ser efetuado para a resolução de problemas específicos e/ou teste de teorias. O método de pesquisa para realização deste estudo é de caráter qualitativo. O método qualitativo busca compreender um fenômeno empírico, integrando diferentes perspectivas relatadas com base no olhar do pesquisador, que coleta e analisa dados para explicar tal fenômeno (Creswell, 2010).

O método qualitativo traz como contribuição ao trabalho de pesquisa uma mistura de procedimentos de cunho racional e intuitivo capaz de contribuir para a melhor compreensão do fenômeno. (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

A omissão no emprego de método qualitativo, num estudo em que se faz possível e útil empregá-lo, empobrece a visão do pesquisador quanto ao contexto em que ocorre o fenômeno (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

Para os supracitados autores, os benefícios do emprego do método qualitativo são:

- 1) Compreensão da perspectiva dos agentes envolvidos no fenômeno;
- 2) Visão global do fenômeno;
- 3) Visão da natureza dinâmica da realidade;
- 4) Possibilidade de enriquecer constatações obtidas dentro do contexto natural de sua ocorrência;
- 5) Possibilidade de reafirmar validade e confiabilidade das descobertas pelo emprego de técnicas diferenciadas.

Segundo Creswell (2010), Gil (2002, 2008) e Martins e Theófilo (2009), ao contrário do que se imagina, as pesquisas na área da administração não são fáceis, ao menos que se queira ignorar uma de suas dimensões. Pesquisar em administração exige, antes de tudo, reconhecer a necessidade de uma metodologia que permita ao pesquisador observar os diversos aspectos relacionados ao objeto em questão (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

Os métodos qualitativos têm um papel importante no campo dos estudos organizacionais. Estudos de avaliação de características do ambiente organizacional são especialmente beneficiados por métodos qualitativos, embora estes não sirvam só para essa finalidade. Por outro lado, enfoque qualitativo presta-se menos para questões em que eliminar o viés do observador seja fundamental para a análise do fenômeno (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

Para esta pesquisa, adotou-se a estratégia de estudo de caso. Mesmo sendo de caráter qualitativo, segundo Creswell (2010), Gil (2002, 2008) e Martins e Theófilo (2009), o estudo de caso pode comportar dados quantitativos para aclarar algum aspecto da questão investigada.

Este método visa ao exame detalhado de um ambiente, de um sujeito ou de uma situação em particular. Amplamente usado em estudos de administração, tem-se tornado a modalidade preferida daqueles que procuram saber como e por que certos fenômenos acontecem ou dos que se dedicam a analisar eventos sobre os quais a possibilidade de controle é reduzida ou quando os fenômenos analisados são atuais e só fazem sentido dentro de um contexto específico (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

De acordo com Yin (2002, 2010) o estudo de caso é: “um dos empreendimentos mais desafiadores na pesquisa” (Yin, 2010, p. 23). Este método teve sua origem no campo da Medicina, e constitui hoje uma das principais modalidades de pesquisa qualitativa no campo das ciências humanas e sociais e teve seus procedimentos convencionados de forma adequada a partir da obra de Robert Yin nos anos de 1990 do século XX.

O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes (Yin, 2002, 2010).

A proposta de Yin, por ter sido elaborada de acordo com experiências do próprio autor, fornece parâmetros para se coletar, apresentar e analisar os dados corretamente. Em sua obra, Yin classifica o estudo de caso quanto ao tipo, que pode ser: descritivo, explanatório e exploratório; e quanto as suas características, que podem ser: especificidade, pluralidade, contemporaneidade e análise intensiva. Outra característica do estudo de caso é a variação de análise que pode vir a existir na pesquisa, sendo que o pesquisador poderá optar pela análise de um caso único ou múltiplo (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 ao aspecto ambiental. O propósito básico é a busca da maior quantidade possível de informações sobre o objeto de estudo específico da pesquisa.

Para Yin (2002, 2010), em geral, os estudos de caso 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).

Nesse sentido, faz-se necessário escolher este tipo de pesquisa, pois fornece sinais de como a viabilidade econômica é proporcionada e por que os benefícios ambientais são advindos da instalação do biodigestor.

#### 4.2 PROPOSIÇÕES DA PESQUISA

De acordo com o referencial teórico abordado no item 3.4 (Direcionadores de Eco-Inovação e Eco-Eficiência), a proposição relativa às práticas de eco-inovação com o desempenho econômico e ambiental é (Azevedo et al., 2012):

P1: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho econômico e ambiental das organizações.

Para que se possa entender onde as práticas de eco-inovação exercem maior influência, a primeira proposição pode ser dividida em duas:

P1.1: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho econômico das organizações.

P1.2: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho ambiental das organizações.

A proposição 2, de acordo com o referencial teórico abordado no capítulo 3.5 (Direcionadores de Sustentabilidade e a Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos), relativa às práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos com o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico é (Rao e Holt, 2005):

P2: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos, o aumento da competitividade e a melhoria do desempenho econômico.

Da mesma forma que na proposição anterior (P1), para que se possa entender onde as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos exercem maior influência, a segunda proposição pode ser dividida em duas:

P2.1: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e o aumento da competitividade.

P2.2: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e a melhoria do desempenho econômico.

#### 4.3 MATRIZ DE AMARRAÇÃO

Com o objetivo de avaliar a coerência das relações estabelecidas entre as dimensões e decisões de encaminhamento de uma pesquisa e, desse modo, indicar a consistência metodológica da intervenção científica, Mazzon (1981) propôs um instrumento que fornece uma abordagem sistêmica para o exame da qualidade da pesquisa, entendida como a adequação entre modelo adotado, objetivos a serem atingidos, questões ou hipóteses formuladas e tratamento dos dados (Telles, 2001).

Para este mesmo autor, a matriz de amarração metodológica proposta por Mazzon (1981), cujo principal mérito reside na apresentação transparente dos vínculos entre modelo de pesquisa, objetivos, questões e/ou hipóteses de pesquisa, procedimento e/ou técnicas de análise dados, fornece uma indicação inequívoca da configuração da intervenção desenvolvida ou a ser

realizada na pesquisa científica. Esse tipo de abordagem esquemática resulta em síntese de decisões e informações, em geral descrita e justificada nos trabalhos científicos, porém – pelo nível de detalhes naturalmente demandado – dotada de certas prolixidade e complexidade.

Nesse processo de descrição minuciosa do estudo, de suas condições de desenvolvimento, realização e, principalmente, limitações inerentes, existe a necessidade de consistência metodológica (Telles, 2001).

Segundo Telles (2001), a qualidade metodológica da matriz de amarração confere um importante atributo à utilização do instrumento proposto por Mazzon (1981): transparência e consistência da pesquisa, enquanto proposta de estudo, desenvolvimento e sua defesa, na perspectiva do pesquisador.

Atendendo a este importante atributo, o Quadro 12 representa a conexão existente entre os objetivos da pesquisa, as proposições orientadoras, o referencial teórico para cada proposição e as questões do roteiro de entrevista semiestruturada (Apêndice II) e do questionário da pesquisa (Anexo I).

Objetivos	Proposições	Referencial Teórico	Questões
Analisar os indicadores de rentabilidade e viabilidade da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná	VPL TIR PAYBACK	Brigham, Gapenski, & Ehrhardt (2001); Brigham & Houston (1999); Ferreira (2009); Fonseca (2012); Gomes (2013); Mathias & Gomes (2008); Woiler & Mathias (2013)	7 7.1 7.2 7.3 8 8.1 8.2 8.3 9 10 11
Analisar os benefícios ambientais da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná	Redução de GEE, de água, de queima de lenha, de odores, de fertilizantes químicos	Barrera (2011); Bley (2013); Bley et al. (2009); Coelho, Paletta, & Freitas (2000); EPE (2012); Martins & Assis (2007); Sganzerla (1983); Silva (2006); Teixeira (2005)	12 12a 12b 12c 12d 12e 12f
Analisar a contribuição das práticas de eco-inovação para o desempenho econômico e ambiental da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná	P1.1: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho econômico das organizações  P1.2: Há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho ambiental das organizações	Azevedo, S. G., Cudney, E. A., Grilo, A., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2012)	PRÁTICAS DE ECO-INOVAÇÃO 1 2 3 4 5 6 7 8 MEDIDAS DE DESEMPENHO 1 2 3 4 5 6 7
Analisar a contribuição das práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos para o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico da tecnologia aplicada de biodigestores em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná	P2.1: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e o aumento da competitividade  P2.2: Há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos e a melhoria do desempenho econômico	Rao & Holt (2005)	GESTÃO VERDE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS 1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 1.10 1.11 1.12 1.13 1.14 1.15 1.16 1.17 1.18 1.19 1.20 1.21 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 2.10 2.11 2.12 2.13 2.14 2.15 2.16 3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8

Quadro 12: Matriz de Amarração Metodológica.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2014).

#### 4.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA DA PESQUISA

O universo da pesquisa compreende 10 indústrias associadas à ABAM e ao Sindicato das Indústrias Produtoras de Mandioca do Paraná SIMP. A ABAM é uma entidade, sem fins lucrativos, criada no Estado do Paraná em 1991, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento e economia regionais, promovendo a cooperação das indústrias brasileiras desse segmento. Ao longo de sua história, a ABAM trabalhou para promover estudos e parcerias tecnológicas, visando estimular o desenvolvimento do setor. As empresas associadas estão situadas nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo, conforme dados do site da associação (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 (farinha e fécula), transformou o Estado do Paraná no maior exportador líquido de farinha para outras regiões, além de tornar-se 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.

Há dois tipos básicos de amostragem, probabilística e não probabilística. A amostragem probabilística é aquela em que cada elemento do universo possui uma probabilidade de ser selecionado para a amostra, enquanto a não probabilística é aquela em que isso não ocorre, não sendo possível especificar as chances que cada elemento possui de ser escolhido para a amostra (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008).

As amostras não-probabilísticas podem ser classificadas de três formas: acidentais, por quotas e intencionais. As amostras acidentais têm seus elementos escolhidos por conveniência do pesquisador. As amostras por quotas (ou proporcionais) são aquelas em que o pesquisador seleciona características (idade, profissão, região, etc.), criando células de interesse. As amostras intencionais (ou por julgamento) ocorrem quando o pesquisador, por um bom julgamento e estratégia adequada, escolhe os casos que acredita necessários para a amostra atender às suas necessidades da pesquisa, usualmente os definidos como típicos da população (Creswell, 2010; Gil, 2002, 2008).

A amostra para realização da pesquisa qualitativa foi não-probabilística e por quotas (proporcionais), respeitando os seguintes critérios: a) a indústria deve possuir biodigestor anaeróbio em funcionamento; b) estar localizada no estado do Paraná, devido a sua representatividade no setor e na economia; e c) 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 a empresa Planotec Assessoria Agronômica e Planejamento, responsável pela construção e instalação da tecnologia aplicada de biodigestores. A partir do contato pessoal, foram apresentados os benefícios que o projeto poderia gerar quanto a viabilidade econômica, eficiência energética e redução de impactos ambientais. Diante do exposto, 10 são as indústrias escolhidas para a amostra qualitativa. Espera-se com isso (um estudo de caso múltiplo de 10 empresas), reunir o máximo de informações e dados possíveis que corroborem as teorias e as proposições no referencial teórico.

#### 4.5 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O primeiro instrumento utilizado na pesquisa qualitativa compõe-se de uma entrevista semiestruturada (construída com base na literatura sobre eco-inovação – biodigestor e desenvolvimento sustentável) realizada com os gestores das 10 empresas processadoras de mandioca participantes do projeto. Todos os gestores entrevistados respondem pela empresa, bem como pelo projeto de implantação do biodigestor. Dos 10 entrevistados, sete 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 do entrevistado) e transcritas na íntegra para a análise de conteúdo realizada pelo software Atlas.ti. Com isso, espera-se obter maiores detalhes sobre o processo de inovação (que no caso deste trabalho, trata-se de uma inovação incremental), a cadeia produtiva e a viabilidade econômica da tecnologia aplicada de biodigestores nas indústrias processadoras de mandioca.

Para a construção do roteiro de entrevista semiestruturada (Apêndice II), diretriz da coleta de dados qualitativa desta pesquisa, utilizaram-se apenas perguntas que fizessem referências à eco-inovação, viabilidade econômica e a cadeia produtiva envolvida. A entrevista semiestruturada possui um roteiro com perguntas guias, complementadas por outras questões inerentes ao momento da entrevista. Dessa forma, a entrevista é um meio pelo qual dados são



colhidos sem o rigor do questionário, permitindo ao entrevistado a opção de formular a resposta mais adequada (Gil, 2002, 2008; Martins & Theófilo, 2009).

O segundo instrumento utilizado na pesquisa qualitativa é formado por um questionário (construído com base na literatura sobre eco-inovação – biodigestor, desempenho ambiental e gestão verde da cadeia produtiva) a ser entregue, respondido e devolvido ao término da entrevista.

Os dados para o estudo foram coletados a partir de um questionário, dividido em duas partes. A primeira parte, dividida em duas seções, capta o nível de implementação de práticas de eco-inovação pelas empresas processadoras de mandioca e o desempenho econômico e ambiental após a implantação do biodigestor. As práticas de eco-inovação e medidas de desempenho utilizados neste estudo foram identificados a partir do referencial teórico. A segunda parte capta a visão do gestor relacionada com os diferentes construtos latentes: entrada verde, produção verde, saída verde, competitividade e desempenho econômico (que também foram identificadas no referencial teórico).

O instrumento de pesquisa foi pré-testado para a validade de conteúdo, com três gestores, que responderam ao questionário para a clareza e adequação das questões formuladas. Além disso, o instrumento de pesquisa também foi utilizado nas entrevistas com os gestores das 10 empresas processadoras de mandioca participantes do projeto, que revisaram o questionário para a estrutura, a legibilidade, a ambiguidade e completude. Este processo de pré-teste resultou em um instrumento de pesquisa com alto teor de validade.

#### 4.6 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados iniciou-se pela internet, a partir de uma pesquisa exploratória no website da ABAM, especificamente na opção lista de associados. No endereço eletrônico citado, há 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 a 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 autor, juntamente com o grupo de pesquisa.

Cabe ressaltar que todos os dados financeiros foram obtidos com os próprios gestores através da entrevista (tratam-se de dados primários, o pesquisador não pôde ter acesso aos dados secundários – relatórios financeiros da empresa ou do projeto).

## 4.7 ANÁLISE DE DADOS

### 4.7.1 Análise de Dados da Viabilidade Econômica

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 (menor que a vida útil do biodigestor) foi considerada uma depreciação mensal estimada.

Foi adotado, para os fins específicos deste estudo, o fluxo de caixa apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Fluxo de Caixa

<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$0,00	R\$0,00
(-) Custos Variáveis		R\$0,00	R\$0,00
(=) Margem de Contribuição		R\$0,00	R\$0,00
(-) Custos Fixos		R\$0,00	R\$0,00
(=) EBITDA		R\$0,00	R\$0,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$0,00	R\$0,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Na pesquisa em questão, os indicadores utilizados para avaliar a viabilidade econômica do biodigestor, conforme demonstrado no Referencial Teórico – Viabilidade Econômica de Projetos – Critérios de Análise – Capítulo 3.1.2 pelos autores Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013, serão o valor presente líquido (VPL) – equação 1, taxa interna de retorno (TIR) – equação 2 e o Payback – equação 3:

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

É importante notar que a rejeição de um projeto por meio do VPL dá-se quando o mesmo é menor do que zero. Portanto, o mesmo projeto se torna menos atrativo quanto maior for o custo do capital (taxa de desconto). A TMA será utilizada como parâmetro de retorno exigido do investimento, sinalizando ao investidor optar ou não pelo mesmo. Sendo assim, a TMA deve ser no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes de menor risco de investimento (por exemplo: Poupança, CDB, Renda Fixa, etc.).

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

Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital e considerando-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou Taxa de Desconto, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

$$PBS = \frac{I_j}{(fcx)_j} \quad (3)$$

#### 4.7.2 Análise de Dados das Práticas de Eco-Inovação

A partir da obtenção dos dados primários dos questionários, eles foram organizados e tabulados em planilha eletrônica.

O método de estudo de caso tem três fases distintas: projeto, coleta de dados e análise. A fase final é uma análise dos estudos de casos individuais, permitindo análise de dados cruzados entre os casos estudados (cross-case). Esta pesquisa baseou-se no método de análise de dados qualitativos desenvolvido por Miles e Huberman (1994), que consiste no desenvolvimento do modelo conceitual antecipatório e coleta simultânea de dados, redução, visualização e testes de conclusão. Esta mesma metodologia pode ser encontrada em Fergusson e Langford (2006), Wong e Boon-itt (2008) e Azevedo et al. (2011).

No projeto de pesquisa, 10 estudos de caso ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ) foram utilizadas para coletar dados sobre 8 práticas de eco-inovação ( $k = 1, 2, \dots, 8$ ) e 7 medidas de desempenho ( $w = 1, 2, \dots, 7$ ) de acordo com o referencial teórico proposto. Usando uma metodologia semelhante à de Wong e Boon-itt (2008), uma entrevista de dados pura foi utilizada para atribuir os pesos (de 1 a 5), para as variáveis de pesquisa de acordo com a seguinte notação:

a)  $x_{kj}$  é o nível de implementação de prática de eco-inovação  $k$  no estudo de caso  $j$ .

b)  $y_{wj}$  é o nível de execução da medida de desempenho  $w$  no estudo de caso  $j$ .

Os dados coletados nos 10 estudos de caso foram analisados individualmente por empresa e, também na análise de dados cruzados entre os casos estudados.

As políticas ambientais de uma empresa constituem a aplicação comportamental de sua estratégia corporativa (Azevedo et al. 2011; Azevedo et al., 2012). A empresa também utiliza os sistemas de medição de desempenho para avaliar o seu desempenho ambiental. Neste trabalho, o comportamento verde indica como extensivamente as práticas de eco-inovação são implementadas pelas organizações, dependendo do nível de implementação de um conjunto de suas práticas. Neste estudo, o nível de um conjunto de medidas de desempenho de cada empresa é avaliado. Em cada estudo de caso a pontuação de implementação de prática de eco-inovação individual (IPEI\_score) é a pontuação acumulada para o nível de implementação das 8 práticas tratadas:

$$IPEI\_score_j = \sum_{k=1}^8 x_{kj} \quad (1)$$

A equação (1) foi desenvolvida de modo que o nível global de comportamento de prática de eco-inovação por parte da empresa possa ser avaliado como a soma do nível de implementação de cada implementação individual de prática de eco-inovação. A suposição foi feita baseada em que todas as práticas de eco-inovação contribuem igualmente para a pontuação geral e que, se as práticas de eco-inovação são implementadas, a empresa vai se comportar de uma maneira eco-inovadora. A empresa com a maior pontuação eco-inovadora é a que tem o maior nível total de implementação de práticas de eco-inovação (Azevedo et al. 2011).

Uma análise semelhante é usada para avaliar a aplicação de medidas de desempenho em cada caso individual. A pontuação da implementação individual da medida de desempenho em cada estudo de caso (*IMD\_score*) é a soma do nível de implementação de 7 medidas de desempenho em cada estudo de caso:

$$IMD\_score_j = \sum_{w=1}^7 y_{wj} \quad (2)$$

A equação (2) foi desenvolvida de modo que a maior implementação global de medidas de desempenho está associada à atuação mais efetiva da empresa e este nível de desempenho será utilizado para avaliar o impacto do comportamento eco-inovador (Azevedo et al. 2011).

A análise de dados cruzados entre os casos estudados permite a identificação de variáveis pertencentes a todos os estudos de caso (Azevedo et al. 2011). A partir da análise, é possível identificar as práticas eco-inovação que as empresas consideram mais importantes. Também é possível avaliar o nível de implementação das práticas e usar as medidas de desempenho para avaliar o impacto de práticas de eco-inovação no desempenho econômico e ambiental. O resultado final desta análise enseja a compreensão das principais relações entre essas variáveis. Uma suposição é de que todas as empresas atribuem níveis de importância na mesma escala. Cada variável é examinada por sua vez e uma pontuação é calculada, com base na ponderação atribuída na análise do estudo de caso individual. As pontuações são realizadas na análise de dados cruzados para fornecer uma indicação das variáveis de importância para as 10 empresas:

$$PE\_score_k = \sum_{j=1}^{10} x_{kj} \quad (3)$$

A equação (3) define uma pontuação de análise de dados cruzada entre os casos estudados que pode ser usada para calcular a pontuação total para cada implementação de prática de eco-inovação (PE\_score).

$$MD\_score_w = \sum_{j=1}^{10} y_{wj} \quad (4)$$

A pontuação agregada para medir o nível de implementação de medidas de desempenho e que é usada para refletir o impacto de práticas de eco-inovação no desempenho, (MD\_score) é obtida a partir da equação (4).

A análise de dados cruzados entre os casos estudados também é utilizada para identificar as principais relações entre as práticas de eco-inovação e o desempenho.

#### 4.7.3 Análise de Dados das Práticas Verdes de Gestão da Cadeia de Suprimentos

Similarmente à análise das práticas de eco-inovação, os dados primários das práticas verdes de gestão, obtidos por meio dos questionários, serão organizados e tabulados em planilha eletrônica.

No projeto de pesquisa, 10 estudos de caso ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ) foram utilizadas para coletar dados sobre 21 práticas verdes ( $k = 1, 2, \dots, 21$ ) e 9 medidas de desempenho ( $w = 1, 2, \dots, 9$ ) de acordo com o referencial teórico proposto. Usando uma metodologia semelhante à de Wong e Boon-itt (2008), uma entrevista de dados pura foi utilizada para atribuir os pesos (de 1 a 5), para as variáveis de pesquisa de acordo com a seguinte notação:

- a)  $x_{kj}$  é o nível de implementação de prática verde  $k$  no estudo de caso  $j$ .
- b)  $y_{wj}$  é o nível de execução da medida de desempenho  $w$  no estudo de caso  $j$ .

Os dados coletados nos 10 estudos de caso foram analisados individualmente por empresa e, também na análise de dados cruzados entre os casos estudados.

Como citado anteriormente, a empresa utiliza os sistemas de medição de desempenho para avaliar o seu desempenho ambiental. Neste trabalho de pesquisa, o comportamento verde indica como extensivamente as práticas verdes são implementadas pelas organizações, dependendo do nível de implementação de um conjunto destas práticas. Neste estudo, o nível de um conjunto de medidas de desempenho de cada empresa é avaliado. Da mesma forma que anteriormente apresentado, duas pontuações são propostas, como mostrado abaixo. Em cada estudo de caso a pontuação de implementação de prática verde individual (*IPV\_score*) é a pontuação acumulada para o nível de implementação das 21 práticas tratadas:

$$IPV\_score_j = \sum_{k=1}^{21} x_{kj} \quad (1)$$

A equação (1) foi desenvolvida de modo que o nível global de comportamento de prática verde por parte da empresa possa ser avaliado como a soma do nível de implementação de cada implementação individual de prática verde. A suposição foi feita baseada em que todas as práticas verdes contribuem igualmente para a pontuação geral e que, se as práticas verdes são implementadas, a empresa vai se comportar de uma maneira verde. A empresa com a maior pontuação verde é a que tem o maior nível total de implementação de práticas verdes (Azevedo et al. 2011).

Uma análise semelhante é usada para avaliar a aplicação de medidas de desempenho em cada caso individual. A pontuação da implementação individual da medida de desempenho em cada estudo de caso (*IMD\_score*) é a soma do nível de implementação de 9 medidas de desempenho em cada estudo de caso:

$$IMD\_score_j = \sum_{w=1}^9 y_{wj} \quad (2)$$

A equação (2) foi desenvolvida de modo que a maior implementação global de medidas de desempenho está associada à atuação mais efetiva da empresa e este nível de desempenho será utilizado para avaliar o impacto do comportamento verde (Azevedo et al. 2011).

A análise de dados cruzados entre os casos estudados permite a identificação de variáveis pertencentes a todos os estudos de caso (Azevedo et al. 2011). A partir da análise, é possível identificar as práticas verdes que as empresas consideram mais importantes. Também é possível avaliar o nível de implementação destas práticas e usar as medidas de desempenho para avaliar o impacto de práticas verdes na competitividade e no desempenho econômico. O resultado final desta análise enseja a compreensão das principais relações entre essas variáveis. Uma suposição é de que todas as empresas atribuem níveis de importância na mesma escala. Cada variável é examinada por sua vez e uma pontuação é calculada, com base na ponderação atribuída na análise do estudo de caso individual. As pontuações são realizadas na análise de dados cruzados para fornecer uma indicação das variáveis de importância para as 10 empresas:

$$PV\_score_k = \sum_{j=1}^{10} x_{kj} \quad (3)$$

A equação (3) define uma pontuação de análise de dados cruzada entre os casos estudados que pode ser usada para calcular a pontuação total para cada implementação de prática verde (PV\_score).

$$MD\_score_w = \sum_{j=1}^{10} y_{wj} \quad (4)$$

A pontuação agregada para medir o nível de implementação de medidas de desempenho e que é usada para refletir o impacto de práticas de eco-inovação no desempenho, (MD\_score) é obtida a partir da equação (4).

A análise de dados cruzados entre os casos estudados também é utilizada para identificar as principais relações entre as práticas de eco-inovação e o desempenho (Azevedo et al. 2011).

Para Rao e Holt (2005), embora tenha havido esforços de pesquisas confiáveis para explorar as iniciativas verdes de gestão da cadeia de suprimentos, poucas pesquisas têm sido realizadas sobre o impacto destes sobre o desempenho econômico e a vantagem competitiva. Talvez seria encorajador para a indústria adotar a gestão verde da cadeia de suprimentos caso se evidencie que existe uma correlação clara, significativa e observável entre a gestão verde (entrada, produção e saída) e vantagem competitiva e o desempenho econômico.

Para investigar a possível ligação empírica entre as iniciativas verdes de gestão da cadeia de suprimentos, os construtos desempenho econômico e competitividade são apresentados neste estudo.



Cabe reafirmar que para Rao e Holt (2005), ao longo dos últimos anos, um número crescente de empresas ao redor do mundo está desenvolvendo programas ambientais e produtos "verdes". As questões ambientais estão se tornando uma fonte de competitividade. A gestão ambiental abrange diversas iniciativas para reduzir ou minimizar os impactos ambientais adversos das operações de uma organização com o objetivo de incrementar o desempenho ambiental e econômico – redução dos riscos ambientais provenientes da produção inadequada ao mesmo tempo em que reduz custos – melhorando a imagem da empresa (Rao & Holt, 2005).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa de forma qualitativa, conforme descrito no capítulo anterior. Na análise qualitativa, serão apresentados a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor nas empresas processadoras de mandioca do Paraná estudadas e os principais benefícios gerados por esta implantação. A análise de conteúdo destacará quais foram os benefícios. A forma como a empresa e os gestores se posicionaram na promoção do desenvolvimento sustentável serão analisados a partir do questionário pelo método de análise de dados cruzados de estudos de casos (confrontando os principais pontos do referencial teórico na discussão dos resultados).

### 5.1 RESULTADOS QUALITATIVOS

#### 5.1.1 A Entrevista

##### 5.1.1.1 Dados Preliminares – A Cadeia Produtiva

Os dados presentes neste capítulo foram levantados pelas visitas técnicas (visitas às indústrias onde foi conhecido o biodigestor e apresentada, passo a passo, toda a cadeia produtiva da mandioca) realizadas em duas ocasiões: nos dias 08, 09 e 10 de abril de 2014 e nos dias 07, 08 e 09 de agosto de 2014 nas 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná com os respectivos gestores de cada uma delas e diversos telefonemas (após as visitas técnicas), para a complementação das informações obtidas nas entrevistas presenciais com os mesmos gestores. Para um melhor entendimento e encadeamento mais direto do estudo, optou-se por apresentar as informações divididas em três partes (não necessariamente na mesma ordem apresentada na entrevista semiestruturada no Apêndice II). A primeira parte detalha a cadeia produtiva da mandioca. A segunda parte mostra os dados sobre o perfil das empresas, a produção média mensal e os benefícios adquiridos com o biodigestor. A terceira e última parte demonstra os dados financeiros para o estudo da viabilidade econômica do projeto de implantação do biodigestor.

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). Com a inserção do projeto, esse sistema de tratamento foi substituído por biodigestores, diminuindo consideravelmente as emissões. Para preservar a identidade das

empresas visitadas elas serão denominadas empresa A, B, C e assim sucessivamente, 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) como também a poluição hídrica (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 o seres que lá habitavam.

Na empresa A, é possível visualizar o início da formação de GEE (espuma na superfície da lagoa), como pode ser observado na Figura 5 (lagoa anaeróbia).



Figura 5: Lagoa anaeróbia com início da formação de GEE.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Em todas as propriedades foi instalado o mesmo modelo de biodigestor, chamado de Modelo da Marinha Brasileira ou Modelo Canadense (Figura 6), apenas com dimensões diferentes, projetados de acordo com a carga orgânica residual de cada empresa.

Como observado na literatura (Revisão de Literatura – Biodigestão), 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 10 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 processo de biodigestão anaeróbia ajuda o meio ambiente na destruição de organismos patogênicos e parasitas. Dessa forma, o tratamento do material orgânico residual, por meio da biodigestão, possui grandes vantagens, pois auxilia na transformação de gases prejudiciais em fonte de energia (confirmando a revisão de literatura). Diante deste contexto, os gestores afirmaram que a biodigestão anaeróbia ajuda a minimizar os impactos negativos que são gerados ao meio ambiente, reduzindo assim os riscos ambientais e melhorando a qualidade de vida (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).



Figura 6: Biodigestor com formação de GEE completa.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Nas palavras dos gestores entrevistados, há o aproveitamento total do material orgânico residual: manipueira (resíduo líquido da industrialização da mandioca), bagaço da casca, fibras, etc., os quais, após a queima do biogás, se destinam para a conversão de ração animal ou biofertilizante. Os gestores detalharam, também, que na cadeia produtiva da fécula de mandioca o primeiro produto obtido é o polvilho doce (fécula nativa) que quando transformado obtém-se

o polvilho azedo que, ao sofrer mais uma transformação, obtém-se o amido modificado, servindo, então como matéria prima para diversas indústrias (alimentação, têxtil, papel, química, frigoríficos, etc.).

O processo de produção de amido, fécula, farinha, polvilho, etc., apresentado a seguir foi descrito pelos gestores das indústrias processadoras de mandioca entrevistados no Paraná e que corrobora as informações apresentadas na Revisão de Literatura – A Cultura da Mandioca no Brasil – Capítulo 2.2 pelos trabalhos da FAO, 2013; Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012; Souza et al, 2005: as raízes são transportadas logo após a colheita em caminhão basculante (Figura 7). Na recepção a carga é pesada e o caminhão dirige-se até a rampa elevatória onde é preso por correntes e suspenso, aproximadamente em um ângulo de 45 graus, facilitando a descarga da mandioca dentro do vibrador – uma peneira gigante que separa a terra da mandioca (Figura 8).



Figura 7: Caminhão basculante utilizado para o transporte da mandioca.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.





Figura 8: Rampa elevatória para despejo da mandioca dentro do vibrador.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Após a descarga, a mandioca é conduzida por esteiras com espirais até o interior da indústria até chegar ao lavador (com água limpa). Nesta etapa, são realizadas as atividades de descascamento e lavagem de forma simultânea (Figura 9), podendo ser realizado em processo contínuo por meio de descascadores semicilíndricos, os quais permitem a movimentação contínua das raízes, enquanto hastes metálicas, em posição helicoidal fazem a retirada das cascas com o auxílio de água de reuso. O lavador funciona, inicialmente, a seco, até que as cascas se soltem e saiam. Neste ponto, a água é aberta e passa por um eixo oco com furos, por onde sai em jatos que lavam as raízes à medida que são friccionadas umas nas outras, em movimento de rotação. Daí segue para o pré-triturador (cevadeira) e na sequência passa pela peneira GLS, que faz a separação da massa mais grossa da fécula, através de centrifugação (Figura 10). A massa que sai do GLS é conduzida por tubulação para uma caixa elevada (do lado de fora) para decantação; a água retorna à indústria passando novamente pelo GLS para extração da fécula que passou no primeiro processo.



Figura 9: Etapa de descascamento e lavagem simultâneas da mandioca.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 10: Peneiras rotativas GLS utilizadas para separar o amido da fibra de mandioca.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A casca primária ao sair do lavador é conduzida por tubulação até um local específico onde é transformada em ração animal. A água da lavagem ou água de reuso, após ser reutilizada

no processo, percorre uma tubulação até as lagoas, seguindo para o biodigestor para a produção de gás metano.

Após a filtração a vácuo o produto é enviado ao secador (cujo gerado de calor utiliza o biogás) e, deste, o amido ou fécula vai para o processo de embalagem em sacos de 25 quilos.

A fecularia produz ainda o polvilho azedo em um processo em que a fécula é retirada da centrífuga e colocada num tanque onde fica submersa em água durante 8 dias. Após o período, a massa é retirada, destorroadada, peneirada e levada para ser estendida em lonas para secagem ao sol, depois triturada e embalada em sacos de meio quilo.

Segundo os gestores entrevistados, o aumento no processamento de raiz de mandioca no Brasil, principalmente no Paraná (conforme detalhado na Revisão de Literatura – A Cultura da Mandioca no Brasil – Capítulo 2.2 pelos trabalhos da FAO, 2013; Felipe et al., 2010; SEAB/DERAL, 2012; Souza et al, 2005), tornou o amido o principal subproduto da mandioca, o que ocasionou alterações importantes no mercado competitivo. Ela vem sendo utilizada em uma série de produtos, tanto na alimentação humana (na forma de farinhas e/ou como componente de alimentos embutidos) quanto como matéria-prima (em uma série de produtos não alimentares presentes nas áreas de embalagens, colas, mineração, produtos têxteis e produtos farmacêuticos).

A Figura 11 detalha a cadeia produtiva da mandioca, desde a raiz até o produto final (amido, fécula, farinha, polvilho, etc.).



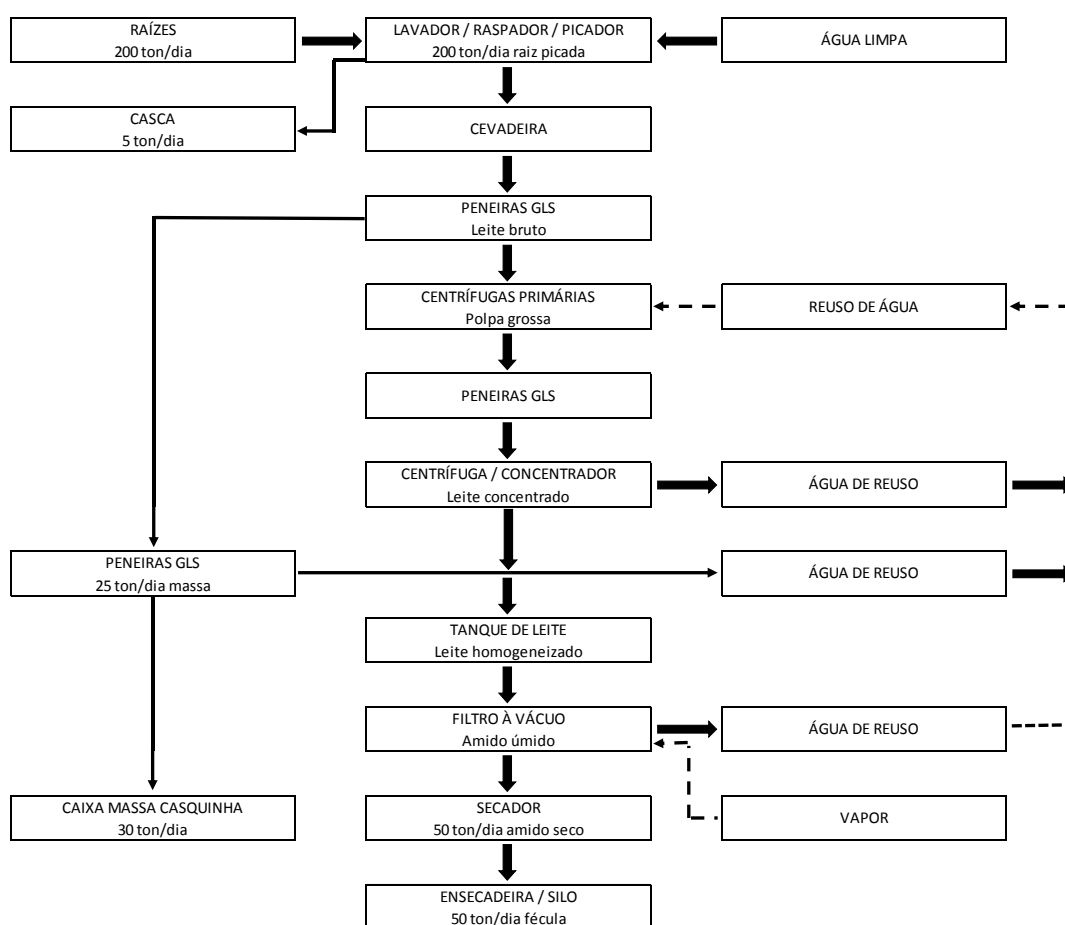


Figura 11: Fluxograma da cadeia produtiva da mandioca.  
Fonte: Planotec (2014).

O biogás produzido durante o processo anaeróbio de tratamento do biodigestor é queimado na fornalha (Figura 12). 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. Como a produção é grande, maior é a quantidade de material orgânico residual (massa orgânica composta pelas fibras da mandioca e por, aproximadamente 80 a 90% de água) destinado ao biodigestor. Consequentemente, maior é a quantidade de biogás produzido, bem como o resíduo destinado à ração animal e ao biofertilizante ferti-irrigado nas lavouras.



Figura 12: Biogás queimando na fornalha para geração de calor e secagem da mandioca moída.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Além do biodigestor, são necessárias lagoas (Figura 13) para o efluente tratado.



Figura 13: Lagoas para efluente tratado pelo biodigestor.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os gestores entrevistados informaram que a operação de lagoas é decisiva para o bom funcionamento do sistema. A principal vantagem do tratamento de águas residuárias por meio de lagoas está na simplicidade da operação. Segundo os gestores, o operador percorre diariamente o perímetro do sistema verificando as condições da cerca (que impede a entrada de animais ou pessoas nas lagoas), as condições do terreno e/ou gramado no entorno dos taludes, a distribuição de vazão pelas calhas, a limpeza das grades, regulagem dos fluxos, além de cuidar do paisagismo de toda a área de tratamento (que ainda não foi realizado na empresa D conforme verificado da Figura 13).

Nas propriedades visitadas os efluentes tratados (Figura 14) são utilizados para a ferti-irrigação na lavoura de produtores rurais da região. Através da análise do solo (encomendado 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 (conforme relatado na Revisão de Literatura – Biodigestão – Capítulo 2.1 pelo autor Sganzerla, 1983).



Figura 14: Efluente tratado pelo biodigestor a ser utilizado na ferti-irrigação.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

### 5.1.1.2 Premissas Iniciais – Perfil, Produção e Benefícios

Na entrevista semiestruturada realizada com os gestores das 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná, obteve-se, na primeira parte, informações sobre o perfil das empresas (porte, tipo de empresa, tipo de gestão e se é exportadora), dados relativos à produção média mensal (gasto com lenha antes do biodigestor e o principal insumo: mandioca) e os benefícios adquiridos com a implantação do biodigestor (como por exemplo: reduções de emissão de gases, de água, de lenha, entre outros). No Quadro 13 verifica-se o perfil das empresas entrevistadas:

PORTE DA EMPRESA	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Pequena							X			
Média	X	X	X		X	X				X
Grande				X				X	X	
TIPO DE EMPRESA										
Cooperativa	X			X						
Independente			X		X	X	X	X		X
Parte de um grupo		X							X	
TIPO DE GESTÃO										
Familiar		X	X		X	X	X		X	X
Não familiar	X			X				X		
EMPRESA EXPORTADORA										
Sim	X	X	X	X		X		X	X	
Não					X		X			X

Quadro 13: Perfil das 10 empresas (entrevistadas) processadoras de mandioca do Paraná.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

No Quadro 13 alguns pontos merecem destaque:

- Apenas uma empresa da amostra (empresa G, que é uma fecularia) é de pequeno porte, independente, com gestão familiar e não exporta. Segundo o gestor da empresa G este é o perfil típico da maioria das fecularias existentes no Paraná, geralmente passam de pai para filho e sua produção é totalmente voltada para o mercado regional;

- b) As empresas de grande porte (empresas D, H e I) são exportadoras e produzem todos os subprodutos da mandioca, principalmente o amido (uma vez que este destina-se a um mercado mais amplo, devido à sua versatilidade, alcançando uma eficiência incomparável em todas as suas aplicações – nas próprias palavras dos gestores);
- c) Da amostra, percebe-se claramente que a maioria das empresas são de médio porte (empresas A, B, C, E, F e J) e que destas, quatro se dedicam, também, à exportação (empresas A, B, C e F). O motivo, segundo os gestores destas últimas quatro empresas é adquirir vantagem competitiva frente a outros mercados;
- d) Quanto ao tipo de empresa, apenas duas são cooperativas (empresas A e D) cuja gestão é não familiar (óbvio uma vez que trata-se de uma cooperativa);
- e) Outra empresa não familiar, mas que é de grande porte, independente e exportadora é a empresa H. Segundo seu gestor, esta não é uma característica típica da região (ser não familiar), pois a grande maioria é formada de empresas familiares (como demonstra a amostra pesquisada – empresas familiares; B, C, E, F, G, I e J);
- f) Em suma, o perfil típico das empresas da região, segundo os gestores entrevistados, é formado por empresas de médio porte, independentes, familiares e exportadoras.

Quanto à produção destas empresas, a Tabela 7 detalha em toneladas por mês, a utilização de lenha (antes do biodigestor), a mandioca in natura, a mandioca moída e secada e a quantidade de resíduos que outrora em descartados ao céu aberto e que hoje são reaproveitados:

Tabela 7: Consumo (ton/mês) da cadeia produtiva da mandioca

PORTE DA EMPRESA	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CONSUMO (ton/mês)										
Lenha (antes do biodigestor)	800	700	500	500	600	400	150	600	500	400
Mandioca	8.000	6.000	2.150	6.000	7.500	8.000	4.000	4.500	4.000	8.000
Mandioca moída e secada	7.600	2.000	550	4.500	3.000	4.800	2.600	3.000	3.200	4.800
Mat. Orgânicos Residuais	400	4.000	1.600	1.500	4.500	3.200	1.400	1.500	800	3.200

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

Na Tabela 7 observa-se claramente a quantidade enorme de lenha que era utilizada, por mês, para a geração de calor e secagem da mandioca moída. Alguns pontos importantes:



- a) Nesta amostra, as empresas B, C, E, F e J descartavam uma quantidade enorme de material orgânico residual de mandioca. Segundo seus gestores, estas empresas dedicam-se, especificamente, à produção de amido que envolve a desintegração das células e liberação dos grânulos de amido. Boa parte da fécula é descartada juntamente com o bagaço, massa ou farelo que contém ainda a fécula que não foi extraída no processamento. Neste caso, mesmo aproveitando apenas uma “pequena” parte da mandioca (o amido) torna-se compensatório pela demanda multivariada existente no mercado mundial (nas palavras dos gestores destas empresas).
- b) Já as empresas A, D, G, H e I dedicam-se à produção de fécula, farinha e polvilho. Segundo seus gestores, nesta produção quase a totalidade da mandioca é aproveitada, descartando-se apenas a casca juntamente com a manipueira. O destaque da empresa H é que ela produz, de forma artesanal, o polvilho – este é espalhado em um gigantesco pátio de cimento e secado naturalmente ao sol (Figura 15). Segundo o gestor da empresa H este processo confere ao polvilho um sabor inigualável tornando-se o principal produto de vendas da empresa a nível nacional e internacional.



Figura 15: Processo artesanal de secagem do polvilho.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os gestores informaram ainda que o material orgânico residual costuma ser um problema para as feculárias principalmente quando se trata de seu destino, já que a mandioca utilizada em algumas feculárias é a mandioca-brava (*Manihot esculenta* Crantz), que apresenta índices elevados de ácido cianídrico (HCN) – o princípio tóxico da mandioca e cuja ingestão ou mesmo inalação, representa sério perigo à saúde, podendo ocorrer casos extremos de envenenamento (diferente da mandioca mansa – com baixa toxicidade – que pode ser consumida in natura). O problema reside justamente no material orgânico residual da mandioca brava, principalmente a manipueira e da massa residual que detêm alta DBO, DQO e possuem em sua composição o ácido cianídrico, características estas, que encarecem os processos de tratamento de resíduos.

Na Tabela 8 pode-se constatar os benefícios adquiridos com a implantação do biodigestor. Através do 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 8: Benefícios com o biodigestor

BENEFÍCIOS	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Redução:</b>										
GEE na atmosfera	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Consumo de água	60%	Sim	Sim	60%	60%	Sim	60%	60%	60%	60%
Queima de lenha	50%	50%	75%	100%	50%	100%	70%	75%	75%	100%
Odores/insetos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Utilização:</b>										
Queimador	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
Vibrador	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Ventilador	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Biogás (mil m <sup>3</sup> /mês)	70	55	80	80	70	90	75	80	80	80
Madeira de reflorestamento	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Biofertilizante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ração animal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Projetos:</b>										
Energia Elétrica	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
<b>Produção:</b>										
Aumento da Produção	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

O primeiro destaque vai para o último item da Tabela: 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, realmente, ao desuso da lenha em prol do biogás.

Durante a entrevista com os gestores, com a participação da equipe da Planotec, foi possível saber a quantidade estimada de biogás utilizado pelas empresas processadoras de mandioca do Paraná. Esta estimativa está na média de 80.000 m<sup>3</sup> por mês (conforme pode-se observar na Tabela 8).

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 (com exceção das empresas D, F e J). Caso exemplar, como o das empresas D e J, é o da empresa F que reduziu drasticamente o uso de lenha (100%). A lenha existente hoje no pátio (Figura 16) é a sobra da última compra realizada há um ano atrás e que está se deteriorando devido ao clima da região.



Figura 16: Pátio destinado à reserva de lenha e, ao fundo, o biodigestor com formação de GEE.  
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

No passado, o pátio da Figura 16 ficava totalmente tomado pela lenha que era utilizada na fôrnalha. Hoje, existe apenas uma “sobra” ínfima que não é mais usada.



As demais empresas pretendem, com o passar do tempo, reduzir o gasto com lenha em 100% (empresas A, B, C, E, G, H e I). Os gestores das empresas preferem manter uma reserva de lenha, caso o biodigestor pare de funcionar (por exemplo, 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.

Mesmo assim, os gestores das empresas que ainda utilizam lenha, de forma reduzida, (empresas A, B, C, E, G, H e I) evidenciaram que a lenha utilizada é de reflorestamento, ou seja, não há mais desmatamento de forma descontrolada.

Nas visitas realizadas por este pesquisador, foi possível constatar a qualidade do atendimento da equipe Planotec em responder às dúvidas que ainda existem por parte dos gestores, com relação à utilização do biodigestor. Segundo a Planotec, agora é uma questão de tempo para que todos os gestores reduzam em 100% o gasto com lenha (como foi convencê-los a adotar o próprio biodigestor: bastou uma empresa encomendar a construção e iniciar a produção de biogás, que as demais seguiram os mesmos passos).

Todos os gestores foram categóricos ao afirmar que houve, sim, 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 10 empresas entrevistadas, quatro delas (empresas C, D, F e J) 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 J calcula que, inicialmente, reduzirá o gasto com energia elétrica em 50%. Parâmetro similar a este demonstrado da Revisão de Literatura – Estudos Recentes sobre Viabilidade do Biodigestor (estudo de caso de Oliveira et al., 2011).

Com a implantação do biodigestor, inovações incrementais foram surgindo na cadeia produtiva da mandioca.

A primeira delas, já citado anteriormente, foi a introdução da peneira vibratória horizontal – uma peneira gigante (infelizmente não foi permitido foto do equipamento, mas pesquisou-se um similar conforme Figura 17) que é posicionada/enterrada onde a mandioca é descarregada, conforme visto anteriormente na Figura 8, para que haja a separação total entre a raiz e a terra através da agitação.



Figura 17: Peneira vibratória horizontal.  
Fonte: Stonecrusher.en.alibaba.com (2014).

Segundo o gestor da empresa I, o equipamento foi adaptado do setor de mineração onde é amplamente usada para separar os minérios da terra.

A agitação provoca a movimentação das partículas sobre a superfície das peneiras. O material é transportado ao mesmo tempo em que ocorre o peneiramento. A eficiência é relativamente alta para materiais maiores que 1 cm, mas é baixa para finos.

Esta agitação pode ser provocada por um motor, que é ligado por meio de uma correia a uma polia excêntrica, situada na parte inferior ou superior do equipamento ou até mesmo manualmente. Os excêntricos permitem regular a frequência e a amplitude da agitação, e pode funcionar em plano vertical ou plano horizontal (conforme figura 18).

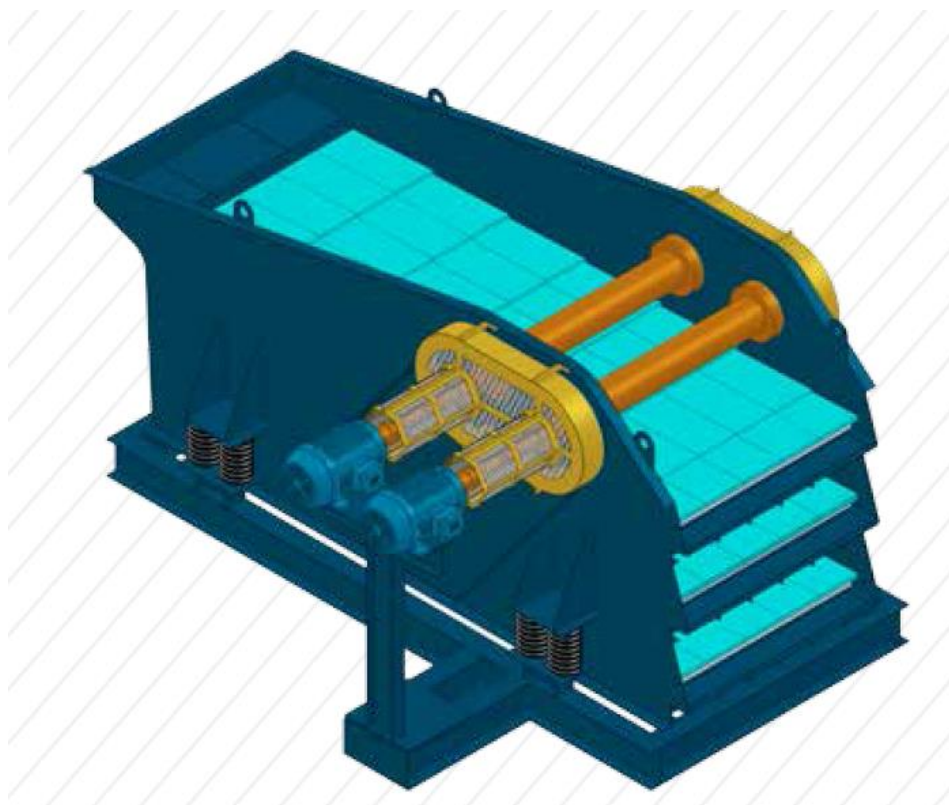


Figura 18: Peneira vibratória horizontal (modelo esquemático).  
Fonte: Imic.com.br (2014).

O gestor da empresa I complementa dizendo que na adaptação da peneira foi necessário reduzir a frequência de rotação para não destruir a mandioca. A mandioca cai em dutos coletores no final da esteira e a terra passa através da peneira, para outra esteira, para dentro de uma rampa de descarga.

Como o próprio gestor da empresa I citou: “Nós pagamos pela mandioca, não pela terra. Do vibrador, a terra volta para o produtor no mesmo caminhão que trouxe a mandioca”.

Fato importante também relatado pelos gestores das empresas A, D, E, G, H, I e J é que com a separação total da terra e da raiz, o uso da água diminui na primeira fase da cadeia produtiva da mandioca (lavar/raspar/picar). Segundo eles, a redução ficou evidenciada em 2/3, o que equivale a uma economia de 60% (em média). Acrescente-se a isso o fato de que com mais terra, as lagoas ficam entupidas de lama, o que dificulta a formação de biogás. Segundo os gestores, nestes casos, torna-se necessário inclusão de um sistema de bombeamento ou um compressor próximo da lagoa, implicando em mais custos, que permite a movimentação interna da massa empurrando-a para o fundo do biodigestor e liberando para a superfície o gás metano.

Uma outra inovação incremental surgida com a implantação do biodigestor, segundo os gestores das empresas B, D, F e J (que, inclusive, já está em funcionamento) é o queimador: uma chama piloto (Figura 19) que fica acoplado diretamente na tubulação metálica que levava o biogás até a fornalha para só lá ocorrer a queima. Então, o biogás é queimado na própria tubulação que conduz o calor gerado até o secador (não havendo mais a necessidade de levar o biogás até a fornalha). Segundo o gestor da empresa J, esta inovação não altera o sabor do produto final.



Figura 19: Queimador (centro da foto) acoplado à tubulação (mais à direita na foto).  
Fonte: Arquivo pessoal do autor (fornecedor do queimador propositamente borrado na foto).

O reuso da água foi mais uma inovação na cadeia produtiva da mandioca. No início, a água limpa entrava na fase de lavar/raspar/picar, passava por todo o processo da cadeia produtiva e, no final, ia direto para as lagoas.

Segundo os gestores, estudos foram realizados na tentativa de reusar a mesma água para as fases seguintes da cadeia produtiva sem que houvesse alteração na qualidade final do produto. E foi o que aconteceu. Assim, a mesma água que entra limpa na fase de lavar/raspar/picar passa pelas cevadeiras, peneiras GLS, centrífugas, tanque de leite e filtro à vácuo (agora como água residual ou “vegetal” como os gestores chamam), volta para as centrífugas e só depois vai para a lagoa, como se pode observar pelo recorte, em vermelho, do fluxograma da cadeia produtiva da mandioca (Figura 20) demonstrado anteriormente:

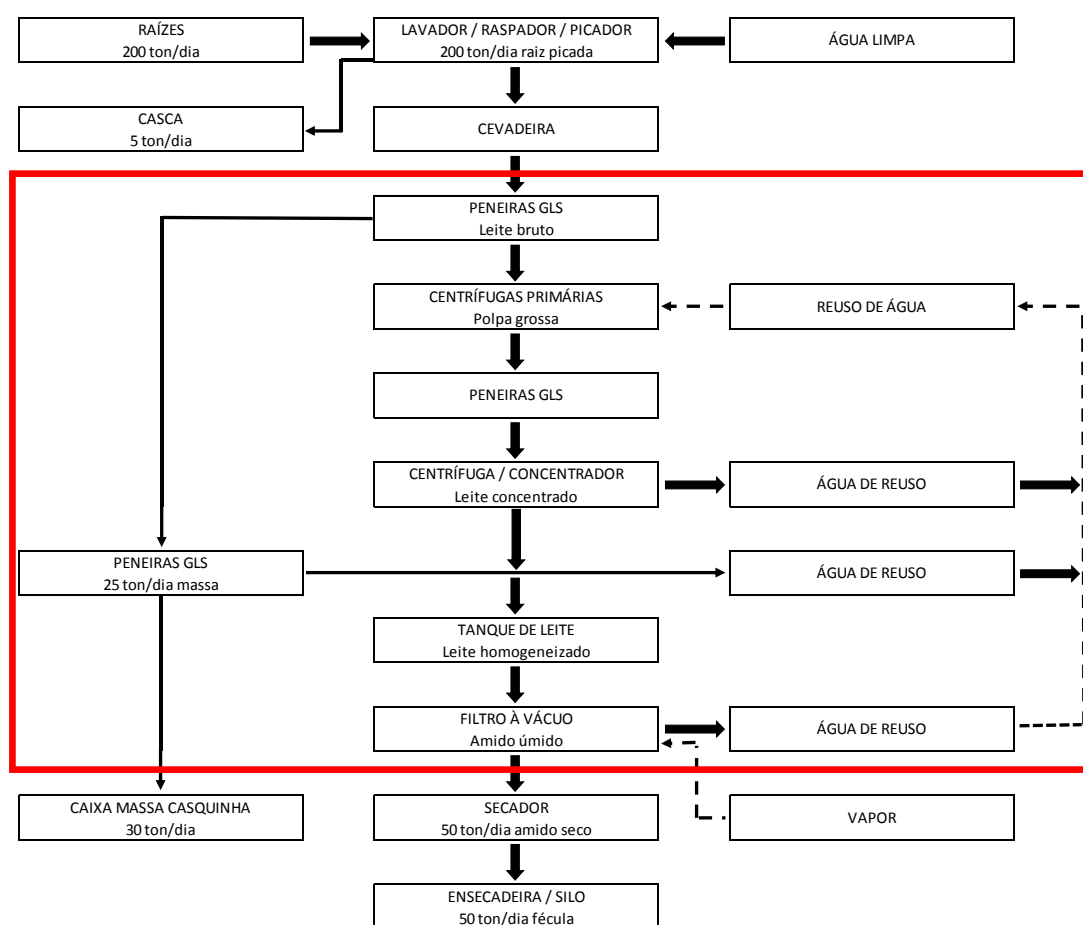


Figura 20: Fluxograma da cadeia produtiva da mandioca – Recorte do reuso da água.  
Fonte: Planotec (2014).

Outra inovação incremental relatada pelos gestores das empresas B, C, D, I e J foi a inclusão de um ventilador industrial entre a tubulação que sai da lagoa, trazendo o biogás, e o tubo metálico próximo à fornalha ou próximo ao queimador.

O ventilador “puxa” o biogás da tubulação de PVC que está em aclave (o biodigestor fica situado abaixo do nível da indústria) e leva o biogás com mais força para dentro do tubo metálico ou direto para a fornalha (Figura 21).



Figura 21: Ventilador industrial (centro da foto) acoplado à tubulação.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Quanto aos dois últimos itens (biofertilizante e ração animal), por serem geradores de receita advinda do investimento (biodigestor), serão apresentados 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 ferti-irrigar 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 rasps. Esta farinha é considerada um dos principais ingredientes neste segmento, em função da vantagem custo-benefício proporcionado pela mandioca quando comparada à ração obtida do milho ou do trigo, por exemplo.

#### 5.1.1.3 Informações Financeiras – Viabilidade Econômica do Projeto



A análise econômica consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção, custos de combustível e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

O gasto de investimento, segundo os gestores, é feito tipicamente em função da tecnologia adotada e do nível de desempenho da planta que envolve: terraplanagem/escavações, tubos e conexões, mantas para o fundo do biodigestor e para a cobertura, mais os custos de implantação, que por sua vez devem incluir transporte, seguros, taxas, instrumentação e controle, obras civis, montagem, etc.

A Planotec, 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 através do percentual de desuso, de cada empresa, de lenha;
- 2) Redução de água: economia gerada através do reuso da água, estimada pelos gestores com base nas contas de água antes e após a técnica do reuso;
- 3) Venda de Biofertilizante: como parte do biofertilizante é usado 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;
- 4) Venda de ração animal: estimada e informada pelos gestores, também comparada aos preços cobrados na região e quantidade produzida de ração mensal.

Segundo os gestores, os custos podem ser divididos em duas categorias: custos variáveis (relativos à operação do biodigestor) e custos fixos (relativos à manutenção do biodigestor). Apenas um operário cuida da operação e manutenção do biodigestor, portanto, os custos variáveis e fixos, apontados pelos gestores, foram estimados com base no valor hora deste

funcionário com operação (custo variável) e manutenção mais o gasto com pequenos reparos (custo fixo).

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. Depreciação é o custo ou a despesa decorrente do desgaste ou da obsolescência dos ativos imobilizados (máquinas, veículos, móveis, imóveis e instalações) da empresa. Apesar dessa despesa não sair diretamente do “bolso” (é um desgaste), precisa-se ter ela em mente, pois em algum momento a empresa terá que comprar esses ativos novamente (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Para os gestores entrevistados, 5%<sup>9</sup> e a taxa de depreciação de todo o complexo de biodigestão – levando-se em consideração que a vida útil da manta é de cinco anos, segundo os gestores.

A taxa mínima de atratividade adotada foi a taxa 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.

O EBITDA<sup>10</sup> vem a ser o quanto a empresa ganhou (Lucro Bruto - Despesas Operacionais) antes de descontar os impostos, taxas, depreciação e amortização (esta sigla vem do inglês Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization). Ele avalia o lucro referente apenas ao negócio, descontando qualquer ganho financeiro. Ele diz basicamente duas coisas: (1) quão eficiente a empresa é nas suas operações e (2) qual a capacidade da empresa de gerar caixa. É o melhor indicador para fazer comparações dentro do mesmo segmento. Quanto maior, melhor (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

---

<sup>9</sup> A taxa de depreciação para este tipo de equipamento pode chegar, em média, a 20%, considerando tratar-se de uma instalação que envolve terraplanagem, assentamento, revestimento e cobertura com manta de vinil, tubulação de PVC, etc., conforme Decreto 3.000/99 (RIR/99).

<sup>10</sup> Ebitda é a sigla em inglês para earnings before interest, taxes, depreciation and amortization, que traduzido literalmente para o português significa: "Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização" (Lajida). Ebitda = receita bruta - despesas operacionais, excluindo-se destas a depreciação e as amortizações do período e os juros.



Lucro ou Prejuízo livre é o resultado final que indica se a empresa está tendo lucro ou prejuízo de fato (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Lucro ou Prejuízo Acumulado é o lucro líquido acumulado. É com esse valor que se entende quando o investimento será pago. Enquanto ele for negativo, significa que o resultado final é desfavorável (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Todos os valores apresentados a seguir (Tabelas 9 a 18) foram arredondados pelos gestores para facilitação de cálculo:

Tabela 9: Fluxo de Caixa – Empresa A

<b>Fluxo de Caixa – Empresa A</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.200.000,00	R\$1.200.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.168.800,00	R\$1.168.800,00
(-) Custos Fixos		R\$783.600,00	R\$633.600,00
(=) EBITDA		R\$385.200,00	R\$535.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$280.000,00	R\$385.200,00	R\$535.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$105.200,00	R\$640.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 10: Fluxo de Caixa – Empresa B

<b>Fluxo de Caixa – Empresa B</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.560.000,00	R\$1.560.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$124.800,00	R\$124.800,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.435.200,00	R\$1.435.200,00
(-) Custos Fixos		R\$809.400,00	R\$674.400,00
(=) EBITDA		R\$625.800,00	R\$760.800,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$1.000.000,00	R\$625.800,00	R\$760.800,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		-R\$374.200,00	R\$386.600,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 11: Fluxo de Caixa – Empresa C

<b>Fluxo de Caixa – Empresa C</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.260.000,00	R\$1.260.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.228.800,00	R\$1.228.800,00
(-) Custos Fixos		R\$453.600,00	R\$273.600,00
(=) EBITDA		R\$775.200,00	R\$955.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$775.200,00	R\$955.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$475.200,00	R\$1.430.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 12: Fluxo de Caixa – Empresa D

<b>Fluxo de Caixa – Empresa D</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.092.000,00	R\$1.092.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.060.800,00	R\$1.060.800,00
(-) Custos Fixos		R\$258.600,00	R\$33.600,00
(=) EBITDA		R\$802.200,00	R\$1.027.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$802.200,00	R\$1.027.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$502.200,00	R\$1.529.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 13: Fluxo de Caixa – Empresa E

<b>Fluxo de Caixa – Empresa E</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$708.000,00	R\$708.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$676.800,00	R\$676.800,00
(-) Custos Fixos		R\$408.600,00	R\$333.600,00
(=) EBITDA		R\$268.200,00	R\$343.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$250.000,00	R\$268.200,00	R\$343.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$18.200,00	R\$361.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 14: Fluxo de Caixa – Empresa F

<b>Fluxo de Caixa – Empresa F</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$624.000,00	R\$624.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$592.800,00	R\$592.800,00
(-) Custos Fixos		R\$153.600,00	R\$33.600,00
(=) EBITDA		R\$439.200,00	R\$559.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$270.000,00	R\$439.200,00	R\$559.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$169.200,00	R\$728.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 15: Fluxo de Caixa – Empresa G

<b>Fluxo de Caixa – Empresa G</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$379.200,00	R\$379.200,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$348.000,00	R\$348.000,00
(-) Custos Fixos		R\$111.120,00	R\$82.560,00
(=) EBITDA		R\$236.880,00	R\$265.440,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$236.880,00	R\$265.440,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		-R\$63.120,00	R\$202.320,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 16: Fluxo de Caixa – Empresa H

<b>Fluxo de Caixa – Empresa H</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.920.000,00	R\$1.920.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.888.800,00	R\$1.888.800,00
(-) Custos Fixos		R\$453.600,00	R\$273.600,00
(=) EBITDA		R\$1.435.200,00	R\$1.615.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$1.435.200,00	R\$1.615.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$1.135.200,00	R\$2.750.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 17: Fluxo de Caixa – Empresa I

<b>Fluxo de Caixa – Empresa I</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$1.680.000,00	R\$1.680.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$1.648.800,00	R\$1.648.800,00
(-) Custos Fixos		R\$401.100,00	R\$243.600,00
(=) EBITDA		R\$1.247.700,00	R\$1.405.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$1.247.700,00	R\$1.405.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$947.700,00	R\$2.352.900,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 18: Fluxo de Caixa – Empresa J

<b>Fluxo de Caixa – Empresa J</b>	<b>Ano 0 (Investimento)</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>
(=) Receitas		R\$960.000,00	R\$960.000,00
(-) Custos Variáveis		R\$31.200,00	R\$31.200,00
(=) Margem de Contribuição		R\$928.800,00	R\$928.800,00
(-) Custos Fixos		R\$153.600,00	R\$33.600,00
(=) EBITDA		R\$775.200,00	R\$895.200,00
Lucro ou Prejuízo Livre	-R\$300.000,00	R\$775.200,00	R\$895.200,00
Lucro ou Prejuízo Acumulado		R\$475.200,00	R\$1.370.400,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Analisar os fluxos de caixa apresentados torna-se tarefa difícil para quem não conheceu a cadeia produtiva de cada empresa. Vários pontos precisam ser destacados:

- 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 das empresas B e G, as demais apresentaram lucro acumulado já no primeiro ano de operação (a produção de biogás, como foi apresentado na Revisão de Literatura – Biodigestão, é muito rápida – em média, menos de um mês).
- 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.
- 6) A empresa G fez um alto investimento na compra de lenha, por não acreditar na eficácia do biodigestor. Só depois de comprovada a eficácia, a empresa reduziu a compra em 70%.

De um modo geral, ao se analisar apenas o fluxo de caixa, pode-se ter a ideia de 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.

Nas próximas Tabelas (Tabela 19 a 28) são apresentados os principais indicadores de viabilidade econômica do projeto.

Lembrando que:

- a) VPL ou Valor Presente Líquido é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros

apropriada (TMA), menos o custo do investimento inicial. Basicamente, é o cálculo que informa se o investimento que está sendo feito hoje vai valer a pena ou não. Quando ele é positivo, significa que o projeto é viável, se é negativo o projeto não é viável (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

- b) A TIR ou Taxa Interna de Retorno é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, leva os valores das despesas, trazidos ao valor presente, a iguais aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. De forma resumida, quando a TIR é maior do que a sua taxa de desconto significa que vale a pena investir no projeto e, se for menor, significa que não vale o investimento (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).
- c) O payback é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. Neste caso, o valor está em meses (Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013).

Tabela 19: Indicadores de Retorno – Empresa A

<b>Indicadores de Retorno – Empresa A</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$502.504
TIR - Taxa Interna de Retorno	123,2%
Payback (em meses)	10

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 20: Indicadores de Retorno – Empresa B

<b>Indicadores de Retorno – Empresa B</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$182.889
TIR - Taxa Interna de Retorno	24,0%
Payback (em meses)	18

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 21: Indicadores de Retorno – Empresa C

<b>Indicadores de Retorno – Empresa C</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$1.175.669
TIR - Taxa Interna de Retorno	249,5%
Payback (em meses)	7

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 22: Indicadores de Retorno – Empresa D

<b>Indicadores de Retorno – Empresa D</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$1.258.557
TIR - Taxa Interna de Retorno	262,0%
Payback (em meses)	7

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 23: Indicadores de Retorno – Empresa E

<b>Indicadores de Retorno – Empresa E</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$270.891
TIR - Taxa Interna de Retorno	82,5%
Payback (em meses)	12

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 24: Indicadores de Retorno – Empresa F

<b>Indicadores de Retorno – Empresa F</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$580.711
TIR - Taxa Interna de Retorno	146,6%
Payback (em meses)	9

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 25: Indicadores de Retorno – Empresa G

<b>Indicadores de Retorno – Empresa G</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$129.424
TIR - Taxa Interna de Retorno	41,5%
Payback (em meses)	15

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 26: Indicadores de Retorno – Empresa H

<b>Indicadores de Retorno – Empresa H</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$2.307.437
TIR - Taxa Interna de Retorno	472,5%
Payback (em meses)	4

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 27: Indicadores de Retorno – Empresa I

<b>Indicadores de Retorno – Empresa I</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$1.967.617
TIR - Taxa Interna de Retorno	408,1%
Payback (em meses)	4

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Tabela 28: Indicadores de Retorno – Empresa J

<b>Indicadores de Retorno – Empresa J</b>	
VPL - Valor Presente Líquido	\$1.126.883
TIR - Taxa Interna de Retorno	244,9%
Payback (em meses)	6

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

O primeiro item a ser observado é que o VPL de todas as empresas é positivo, ou seja, vale à pena investir no projeto. O segundo ponto é que a TIR é maior que a TMA (mais uma vez, vale à pena o investimento). E o terceiro ponto, Payback, indica o tempo de retorno do valor investido. Com exceção das empresas B, E e G, as demais obtiveram o retorno em menos de um ano (o que é muito bom).

Cabe aqui uma ressalva: os percentuais da TIR elevados se justificam 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, a realização do investimento.

### 5.1.2 O Questionário

#### 5.1.2.1 Dados das Práticas de Eco-inovação

Os dados presentes neste capítulo foram levantados através de visita técnica realizada nos dias 07, 08 e 09 de agosto de 2014 nas 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná com seus respectivos gestores e diversos telefonemas, após, para complementação das

informações obtidas nas entrevistas presenciais. O questionário (Anexo I) tem dois propósitos importantes: 1) analisar a contribuição das práticas de eco-inovação para o desempenho econômico e ambiental das empresas processadoras de mandioca do Paraná e 2) analisar a contribuição das práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos para o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico para estas mesmas empresas.

Os entrevistados foram questionados sobre o grau de execução de um conjunto de práticas de eco-inovação (primeiro propósito) e práticas de verdes (segundo propósito). A escala de nível fornecida, para o primeiro propósito, em relação aos requisitos foi de 1 (discordo totalmente) até 5 (concordo totalmente), onde 1 significa que a prática de eco-inovação não foi implementada e 5, totalmente implementada. A escala de nível fornecida para o segundo propósito foi de 1 (discordo totalmente) até 4 (concordo totalmente), em que 1 significa que a prática verde não foi implementada e 4, totalmente implementada.

Cabe ressaltar que os entrevistados eram livres para fornecer suas próprias avaliações com base em seus conhecimentos. Sendo assim, foram coletadas as percepções dos gestores com relação às práticas implementadas ou não na empresa (de acordo com o nível de implementação). A Tabela 29 contém os dados sobre as práticas de eco-inovação obtidos a partir do questionário – entre parênteses os construtos demonstrados conforme Referencial Teórico - Direcionadores de Eco-Inovação e Eco-Eficiência – As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Primeira Parte) – Capítulo 3.4.3 pelos autores Azevedo et al., 2012:

Tabela 29: Dados sobre as práticas de eco-inovação (questionário)

QUESTÕES	PRÁTICAS DE ECO-INOVAÇÃO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Colaboração ambiental com seus fornecedores (PEI1)	5	4	4	4	4	5	4	4	1	2
2	Colaboração ambiental com seus clientes (PEI2)	4	3	4	5	3	5	4	5	2	2
3	Compras verdes com seus parceiros (PEI3)	4	3	4	4	3	5	5	4	2	4
4	Logística reversa com seus parceiros (PEI4)	5	5	2	4	3	5	5	3	4	4
5	Projetos de Design Verde (PEI5)	3	4	4	3	2	3	2	1	3	3
6	Sistemas de Gestão Ambiental (PEI6)	5	3	4	2	3	4	4	3	4	4
7	Inovação periódica de processos de produção (PEI7)	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Desenvolvimento de Eco-produtos (PEI8)	4	4	4	2	4	2	4	3	1	1

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa 2014

Considerando cada empresa individualmente, pode-se concluir que cada organização tem uma perspectiva diferente sobre as práticas de eco-inovação mais importantes. Como mostrado na Tabela 29, é possível afirmar que a empresa A considera as práticas das questões



1, 4 6, e 7 de suma importância (uma vez que implementou-as, totalmente, na empresa). Importante ressaltar que a prática de logística reversa é vista como uma das práticas primordiais (uma vez que envolve o descarte adequado e a realocação de resíduos em toda a cadeia produtiva da empresa). Diferente das empresas C, E, I e J que não implementaram nenhuma prática totalmente. Para as empresas D e H apenas a colaboração ambiental com seus clientes tem um nível de importância e implementação máximo. Da mesma forma que na empresa A, a empresa F é aquela que reconhece maior importância em um maior número de práticas de eco-inovação (atribuiu níveis máximos para as práticas das questões 1, 2, 3 e 4).

Quando se aplica a equação (3) na Tabela 29 pode-se notar que as práticas de eco-inovação mais pontuadas foram, nesta ordem, conforme Tabela 30: inovação periódica, logística reversa, compras verdes, colaboração ambiental com fornecedores e clientes (empate), sistema de gestão ambiental, desenvolvimento de eco-produtos e projetos de design verde.

Tabela 30: Ranking das práticas de eco-inovação

PRÁTICAS DE ECO-INOVAÇÃO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PE_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Colaboração ambiental com seus fornecedores (PEI1)	5	4	4	4	4	5	4	4	1	2	37
Colaboração ambiental com seus clientes (PEI2)	4	3	4	5	3	5	4	5	2	2	37
Compras verdes com seus parceiros (PEI3)	4	3	4	4	3	5	5	4	2	4	38
Logística reversa com seus parceiros (PEI4)	5	5	2	4	3	5	5	3	4	4	40
Projetos de Design Verde (PEI5)	3	4	4	3	2	3	2	1	3	3	28
Sistemas de Gestão Ambiental (PEI6)	5	3	4	2	3	4	4	3	4	4	36
Inovação periódica de processos de produção (PEI7)	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	41
Desenvolvimento de Eco-produtos (PEI8)	4	4	4	2	4	2	4	3	1	1	29

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Ao se realizar esta análise cruzada pode-se perceber que as empresas da amostra consideram inovação periódica (no caso da entrevista realizada: queimador, ventilador, reuso da água, vibrador/peneira), logística reversa (uma das mais importantes, segundo os gestores entrevistados) e compras verdes (no caso da entrevista realizada: madeira de reflorestamento) como as três mais importantes práticas de eco-inovação a serem implementadas (Figura 22).

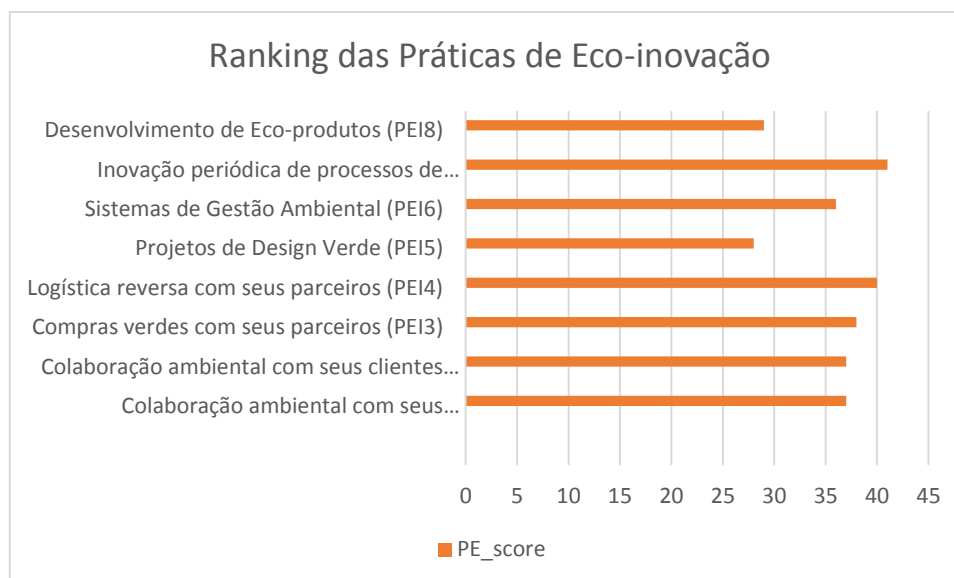


Figura 22: Ranking das práticas de eco-inovação.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

Quando se aplica, na mesma Tabela 30, a equação (1), nota-se claramente o grau de implementação e importância que cada empresa considera para o conjunto de práticas de eco-inovação, nesta ordem (conforme Tabela 31): A, F, G, B, C (empate entre B e C), D, H, E, J e I. Ou seja, as empresas da amostra, além de adquirirem uma eco-inovação (biodigestor) estão implementando práticas de eco-inovação.

Tabela 31: Nível de implementação das práticas de eco-inovação

PRÁTICAS DE ECO-INOVAÇÃO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PE_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Colaboração ambiental com seus fornecedores (PEI1)	5	4	4	4	4	5	4	4	1	2	37
Colaboração ambiental com seus clientes (PEI2)	4	3	4	5	3	5	4	5	2	2	37
Compras verdes com seus parceiros (PEI3)	4	3	4	4	3	5	5	4	2	4	38
Logística reversa com seus parceiros (PEI4)	5	5	2	4	3	5	5	3	4	4	40
Projetos de Design Verde (PEI5)	3	4	4	3	2	3	2	1	3	3	28
Sistemas de Gestão Ambiental (PEI6)	5	3	4	2	3	4	4	3	4	4	36
Inovação periódica de processos de produção (PEI7)	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	41
Desenvolvimento de Eco-produtos (PEI8)	4	4	4	2	4	2	4	3	1	1	29
IPEI_score	35	30	30	28	26	33	32	27	21	24	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Os dados recolhidos a partir das entrevistas tornam possível, também, classificar as medidas de desempenho de acordo com a percepção de sua importância como reflexos da influência de práticas de eco-inovação no desempenho na empresa (Tabela 32):

Tabela 32: Dados sobre as medidas de desempenho (questionário)

QUESTÕES	MEDIDAS DE DESEMPENHO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Redução do custo total do produto (DE1)	5	5	5	5	5	5	4	4	1	3
2	Redução do custo ambiental (DE2)	4	3	5	4	3	4	5	4	3	4
3	Redução do custo de materiais (DE3)	4	4	5	4	4	5	1	2	3	2
4	Aumento no volume de vendas (DE4)	1	4	4	2	3	3	1	1	1	1
5	Melhora no fluxo de caixa (DE5)	5	4	5	4	4	4	4	2	5	4
6	Redução no consumo de energia (DA1)	4	4	5	4	5	5	1	4	5	4
7	Redução nos resíduos do negócio (DA2)	4	3	4	3	4	3	5	4	5	5

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Pela análise individual, pode-se destacar que nas empresas A, B, C, D, E, F e G (com nível 5) houve uma redução no custo total do produto, uma melhora no fluxo de caixa (com nível 5) nas empresas A, C e I e (com nível 4) nas empresas B, D, E, F, G e J. Ambos desempenhos econômicos acompanhados pela redução de energia – empresas C, E, F e I (com nível 5) e empresas A, B, D, H e J (com nível 4) – e pela redução de resíduos do negócio – empresas G, I e J (com nível 5) e empresas A, C, E e H (com nível 4) – considerados desempenho ambiental.

Pode ser visto, a partir da Tabela 33, em uma análise cruzada, utilizando a equação (4), que redução do custo total do produto, melhora no fluxo de caixa, redução no consumo de energia e redução nos resíduos do negócio, mais uma vez, corroboram com a entrevista realizada com os gestores, que apontaram: redução no uso de lenha, reuso da água, material orgânico residual destinado ao biodigestor, fatores estes que contribuíram para o desempenho econômico e ambiental da empresa e, agora, evidenciados na análise cruzada dos estudos de caso.

Tabela 33: Ranking das medidas de desempenho

MEDIDAS DE DESEMPENHO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										MD_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Redução do custo total do produto (DE1)	5	5	5	5	5	5	4	4	1	3	42
Redução do custo ambiental (DE2)	4	3	5	4	3	4	5	4	3	4	39
Redução do custo de materiais (DE3)	4	4	5	4	4	5	1	2	3	2	34
Aumento no volume de vendas DE4)	1	4	4	2	3	3	1	1	1	1	21
Melhora no fluxo de caixa (DE5)	5	4	5	4	4	4	4	2	5	4	41
Redução no consumo de energia (DA1)	4	4	5	4	5	5	1	4	5	4	41
Redução nos resíduos do negócio (DA2)	4	3	4	3	4	3	5	4	5	5	40

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

A Figura 23 demonstra este ranking:

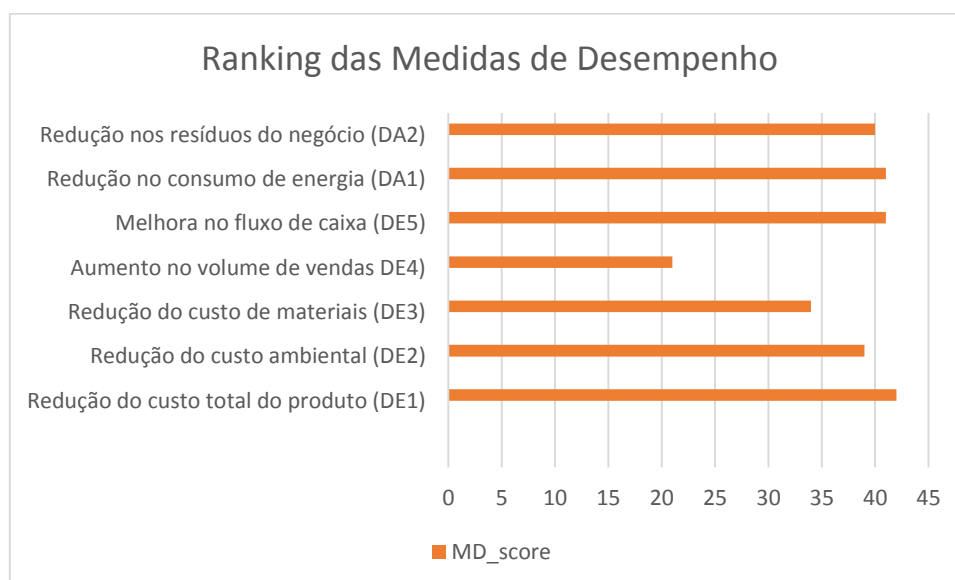


Figura 23: Ranking das medidas de desempenho.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

Os gestores, nos estudos de caso, foram questionados sobre as medidas de desempenho das práticas de eco-inovação. As respostas foram baseadas principalmente na experiência dos gestores e em relatórios da empresa (volume de vendas, fluxo de caixa, custo, etc.).

Quando se aplica, na mesma Tabela 33, a equação (2), nota-se claramente que no conjunto de direcionadores de desempenho que cada empresa considera, nesta ordem (conforme Tabela 34): C, F, E, A, B (empate entre A e B), D, I, J (empate entre I e J), G e H (empate entre G e H), as empresas da amostra, com a aquisição do biodigestor e com as práticas de eco-inovação apresentam melhores desempenhos, tanto econômico como ambiental.

Tabela 34: Nível das medidas de desempenho observado pelos gestores

MEDIDAS DE DESEMPENHO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										MD_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Redução do custo total do produto (DE1)	5	5	5	5	5	5	4	4	1	3	42
Redução do custo ambiental (DE2)	4	3	5	4	3	4	5	4	3	4	39
Redução do custo de materiais (DE3)	4	4	5	4	4	5	1	2	3	2	34
Aumento no volume de vendas DE4)	1	4	4	2	3	3	1	1	1	1	21
Melhora no fluxo de caixa (DE5)	5	4	5	4	4	4	4	2	5	4	41
Redução no consumo de energia (DA1)	4	4	5	4	5	5	1	4	5	4	41
Redução nos resíduos do negócio (DA2)	4	3	4	3	4	3	5	4	5	5	40
IMD_score	27	27	33	26	28	29	21	21	23	23	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

A seguir serão apresentados os dados obtidos sobre as práticas verdes de gestão.

#### 5.1.2.2 Dados das Práticas Verdes de Gestão

A Tabela 35 apresenta os dados sobre as práticas verdes a partir do questionário (construtos e variáveis conforme demonstrado no Referencial Teórico - Direcionadores de Sustentabilidade e a Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos – As Variáveis e Proposições de Pesquisa (Segunda Parte) – Capítulo 3.5.3 pelos autores Rao e Holt, 2005).

Da mesma forma como realizada nas práticas de eco-inovação, a análise individual de cada empresa demonstra que os gestores estão cientes dos benefícios ambientais advindos da implantação do biodigestor, do compromisso social e da importância que a gestão verde pode trazer para a empresa.

Lembrando que neste questionário, a escala de nível fornecida foi de 1 (discordo totalmente) até 4 (concordo totalmente), em que 1 significa que a prática verde não foi implementada e 4, totalmente implementada, observa-se que, na sua grande maioria, os gestores estão cientes da otimização para a redução de emissões de gases na atmosfera (as questões 1.9 e 2.8 receberam, cada, 7 “notas” 4) e da redução de custos (a questão 2.5 recebeu 6 “notas” 4).

No que diz respeito à consciência ambiental na gestão aliada a um melhor desempenho, pode-se notar que as questões que receberam a maior quantidade de “notas” 4 e 3 foram a 1.9 (otimização para redução de emissões), 2.6 (melhora da imagem corporativa), 2.10 (tendência de melhora ambiental), 2.12 (aumento da margem de lucro), 2.13 (aumento do compromisso social) e 2.16 (preservação do meio ambiente). Estes são apenas alguns dos itens que denotam

uma gestão verde (evitar o impacto ambiental negativo aliado às tecnologias limpas para um melhor desempenho econômico sem perder a competitividade).

Tabela 35: Dados sobre as práticas verdes (questionário)

QUESTÕES	PRÁTICAS VERDES	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1.1	Matérias primas favoráveis	3	3	3	3	4	3	1	2	4	2
1.2	Materiais questionáveis	3	2	3	3	4	3	3	3	4	2
1.3	Fornecedores - critérios ambientais	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1
1.4	Pressão aos fornecedores	3	3	3	3	1	2	2	2	1	1
1.5	Considera critérios ambientais	4	3	3	3	4	3	2	2	2	1
1.6	Considera o design	4	2	3	2	3	3	3	2	2	2
1.7	Otimiza para redução de resíduos sólidos	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
1.8	Otimiza para redução do uso da água	3	4	3	3	1	3	3	3	3	4
1.9	Otimiza para redução de emissões	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4
1.10	Otimiza para redução de ruídos	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2
1.11	Tecnologia limpa para economia	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3
1.12	Reciclagem de materiais	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2
1.13	Resíduos de outras empresas	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1
1.14	Fontes alternativas de energia	3	4	3	3	3	2	1	3	2	4
1.15	Fornecedores a obter sistema de gestão	2	2	3	3	1	2	1	1	2	1
1.16	Produtos de "fim de vida"	3	4	3	3	1	3	4	1	2	1
1.17	Rótulo Ecológico	1	2	2	3	2	2	3	2	4	3
1.18	Embalagens "verdes"	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3
1.19	Retorno de embalagens	4	3	2	4	2	2	3	2	2	2
1.20	Informações sobre produção "verde"	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2
1.21	Transporte "verde"	3	2	2	3	1	2	3	2	2	2
2.1	Aumento da eficiência	4	3	3	4	3	4	2	2	2	2
2.2	Melhora da qualidade	3	3	3	3	2	4	2	3	2	3
2.3	Melhora da produtividade	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2
2.4	Novos mercados	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2
2.5	Redução de custos	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3
2.6	Melhora da imagem corporativa	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3
2.7	Redução de resíduos sólidos/líquidos	4	2	3	3	2	4	4	4	4	3
2.8	Redução de emissões	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3
2.9	Reciclagem	3	3	3	3	2	4	3	3	3	2
2.10	Tendência de melhora ambiental	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4
2.11	Aumento do preço do produto	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
2.12	Aumento da margem de lucro	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3
2.13	Aumento do compromisso social	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3
2.14	Aumento das vendas	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1
2.15	Aumento da quota de mercado	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1
2.16	Preservação do meio ambiente	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3
3.1	Seminários para fornecedores	1	3	2	2	1	2	2	3	2	2
3.2	Fornecedores - Programas Ambientais	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2
3.3	Fornecedores - know-how/problemas	2	4	2	2	1	2	2	2	1	2
3.4	Fornecedores - tecnologia limpa	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2
3.5	Pressão aos fornecedores	4	3	2	3	1	2	2	2	1	2
3.6	Fornecedores - critérios ambientais	4	2	3	2	1	2	2	1	1	2
3.7	Fornecedores - fundos para compras	1	3	2	3	1	2	2	1	1	1
3.8	Fornecedores - Auditoria para avaliação	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Na tabela 36, os mesmos dados separados por seus construtos (EV – Entrada Verde; PV – Produção Verde; SV – Saída Verde; C – Competitividade; DE – Desempenho Econômico):

Tabela 36: Dados sobre as práticas verdes e seus respectivos construtos

QUESTÕES	PRÁTICAS VERDES	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										CONSTRUTOS
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1.3	Fornecedores - critérios ambientais	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	EV
1.4	Pressão aos fornecedores	3	3	3	3	1	2	2	2	1	1	EV
1.15	Fornecedores a obter sistema de gestão	2	2	3	3	1	2	1	1	2	1	EV
3.1	Seminários para fornecedores	1	3	2	2	1	2	2	3	2	2	EV
3.2	Fornecedores - Programas Ambientais	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	EV
3.3	Fornecedores - know-how/problemas	2	4	2	2	1	2	2	2	1	2	EV
3.4	Fornecedores - tecnologia limpa	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	EV
3.5	Pressão aos fornecedores	4	3	2	3	1	2	2	2	1	2	EV
3.6	Fornecedores - critérios ambientais	4	2	3	2	1	2	2	1	1	2	EV
3.7	Fornecedores - fundos para compras	1	3	2	3	1	2	2	1	1	1	EV
3.8	Fornecedores - Auditoria para avaliação	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	EV
1.1	Matérias primas favoráveis	3	3	3	3	4	3	1	2	4	2	PV
1.2	Materiais questionáveis	3	2	3	3	4	3	3	3	4	2	PV
1.5	Considera critérios ambientais	4	3	3	3	4	3	2	2	2	1	PV
1.6	Considera o design	4	2	3	2	3	3	3	2	2	2	PV
1.7	Otimiza para redução de resíduos sólidos	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	PV
1.8	Otimiza para redução do uso da água	3	4	3	3	1	3	3	3	3	4	PV
1.9	Otimiza para redução de emissões	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	PV
1.10	Otimiza para redução de ruídos	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	PV
1.11	Tecnologia limpa para economia	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	PV
1.12	Reciclagem de materiais	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2	PV
1.13	Resíduos de outras empresas	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1	PV
1.14	Fontes alternativas de energia	3	4	3	3	3	2	1	3	2	4	PV
2.7	Redução de resíduos sólidos/líquidos	4	2	3	3	2	4	4	4	4	3	PV
2.8	Redução de emissões	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	PV
2.9	Reciclagem	3	3	3	3	2	4	3	3	3	2	PV
1.16	Produtos de "fim de vida"	3	4	3	3	1	3	4	1	2	1	SV
1.17	Rótulo Ecológico	1	2	2	3	2	2	3	2	4	3	SV
1.18	Embalagens "verdes"	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	SV
1.19	Retorno de embalagens	4	3	2	4	2	2	3	2	2	2	SV
1.20	Informações sobre produção "verde"	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2	SV
1.21	Transporte "verde"	3	2	2	3	1	2	3	2	2	2	SV
2.10	Tendência de melhora ambiental	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	SV
2.13	Aumento do compromisso social	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	SV
2.16	Preservação do meio ambiente	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	SV
2.1	Aumento da eficiência	4	3	3	4	3	4	2	2	2	2	C
2.2	Melhora da qualidade	3	3	3	3	2	4	2	3	2	3	C
2.3	Melhora da produtividade	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	C
2.5	Redução de custos	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	C
2.6	Melhora da imagem corporativa	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	C
2.4	Novos mercados	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	DE
2.11	Aumento do preço do produto	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	DE
2.12	Aumento da margem de lucro	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	DE
2.14	Aumento das vendas	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	DE
2.15	Aumento da quota de mercado	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1	DE

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Quando se aplica a equação (3) na Tabela 36, pode-se notar que as três práticas verdes mais pontuadas, para a entrada verde, conforme Tabela 37, são: informar os fornecedores sobre os benefícios da produção e tecnologia mais limpas, escolher fornecedores por critérios ambientais e pressionar fornecedores a tomarem ações ambientais. Ou seja, o contato com os fornecedores de mandioca e a troca de informações é ponto crucial para as empresas processadoras. De acordo com os gestores entrevistados, se o produto in natura não for de boa qualidade, os subprodutos advindos também não serão, o que pode prejudicar o desempenho da empresa. Percebe-se aqui o empenho das empresas em fornecer, gratuitamente, o biofertilizante e a ração animal oriundos do biodigestor: contribuir para a qualidade final do produto. Na sequência, a Figura 24 aponta o ranking dessas práticas:

Tabela 37: Ranking da entrada verde

ENTRADA VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Fornecedores - critérios ambientais	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	24
Pressão aos fornecedores	3	3	3	3	1	2	2	2	1	1	21
Fornecedores a obter sistema de gestão	2	2	3	3	1	2	1	1	2	1	18
Seminários para fornecedores	1	3	2	2	1	2	2	3	2	2	20
Fornecedores - Programas Ambientais	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	19
Fornecedores - know-how/problemas	2	4	2	2	1	2	2	2	1	2	20
Fornecedores - tecnologia limpa	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	28
Pressão aos fornecedores	4	3	2	3	1	2	2	2	1	2	22
Fornecedores - critérios ambientais	4	2	3	2	1	2	2	1	1	2	20
Fornecedores - fundos para compras	1	3	2	3	1	2	2	1	1	1	17
Fornecedores - Auditoria para avaliação	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	16

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

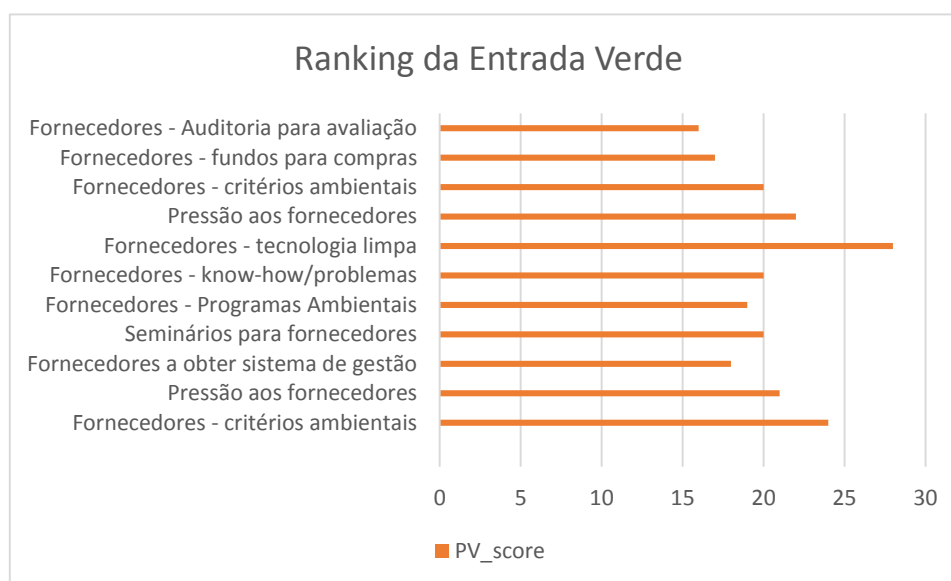


Figura 24: Ranking da entrada verde.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).



Quando se aplica, na mesma Tabela 37, a equação (1), nota-se o grau de implementação e importância que cada empresa considera para as práticas de entrada verde, nesta ordem (conforme Tabela 38): B D, A, C (empate entre A e C), F, G, H, E, J e I. Ou seja, os gestores da amostra, ao implementarem a eco-inovação tomaram ciência da importância de todas as práticas associadas à entrada verde (não basta só adquirir o biodigestor, mais do que isso, é de suma importância que tudo e todos estejam envolvidos em novas atitudes e novos processos de trabalho que evitem o impacto ambiental negativo).

Tabela 38: Nível de implementação das práticas verdes – entrada verde

ENTRADA VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Fornecedores - critérios ambientais	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	24
Pressão aos fornecedores	3	3	3	3	1	2	2	2	1	1	21
Fornecedores a obter sistema de gestão	2	2	3	3	1	2	1	1	2	1	18
Seminários para fornecedores	1	3	2	2	1	2	2	3	2	2	20
Fornecedores - Programas Ambientais	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	19
Fornecedores - know-how/problemas	2	4	2	2	1	2	2	2	1	2	20
Fornecedores - tecnologia limpa	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	28
Pressão aos fornecedores	4	3	2	3	1	2	2	2	1	2	22
Fornecedores - critérios ambientais	4	2	3	2	1	2	2	1	1	2	20
Fornecedores - fundos para compras	1	3	2	3	1	2	2	1	1	1	17
Fornecedores - Auditoria para avaliação	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	16
IPV_score	27	30	27	29	18	22	21	19	15	17	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Ao se aplicar a mesma equação (3) para a produção verde, as três práticas mais acentuadas pelos gestores são, conforme Tabela 39, redução de emissões, otimização para a redução de emissões (empate entre estas duas práticas), redução de resíduos sólidos/líquidos e uso de tecnologia limpa para a economia de energia, água e resíduos. As três práticas não só estão na agenda dos gestores como também foram constatadas por eles conforme entrevista realizada.

A Figura 25 demonstra, graficamente, quais as práticas de produção verde que devem fazer parte da cadeia produtiva da mandioca. Os gestores, por meio de treinamento e conscientização, têm repassado aos funcionários a importância que tais práticas podem trazer para o negócio da empresa. Segundo eles, os funcionários já têm plena ciência dos benefícios que o biodigestor agrega ao meio ambiente, para a economia da empresa e qualidade de vida (uma vez que estes mesmos funcionários não precisam mais alimentar a fôrnelha carregando pesadas lenhas). O serviço braçal foi trocado pelo intelectual: o operador tem que acompanhar e controlar a quantidade de vazão de biogás que vai para a fôrnelha.

Tabela 39: Ranking da produção verde

PRODUÇÃO VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Matérias primas favoráveis	3	3	3	3	4	3	1	2	4	2	28
Materiais questionáveis	3	2	3	3	4	3	3	3	4	2	30
Considera critérios ambientais	4	3	3	3	4	3	2	2	2	1	27
Considera o design	4	2	3	2	3	3	3	2	2	2	26
Otimiza para redução de resíduos sólidos	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	31
Otimiza para redução do uso da água	3	4	3	3	1	3	3	3	3	4	30
Otimiza para redução de emissões	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	37
Otimiza para redução de ruídos	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	24
Tecnologia limpa para economia	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	32
Reciclagem de materiais	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2	27
Resíduos de outras empresas	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1	17
Fontes alternativas de energia	3	4	3	3	3	2	1	3	2	4	28
Redução de resíduos sólidos/líquidos	4	2	3	3	2	4	4	4	4	3	33
Redução de emissões	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	37
Reciclagem	3	3	3	3	2	4	3	3	3	2	29

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

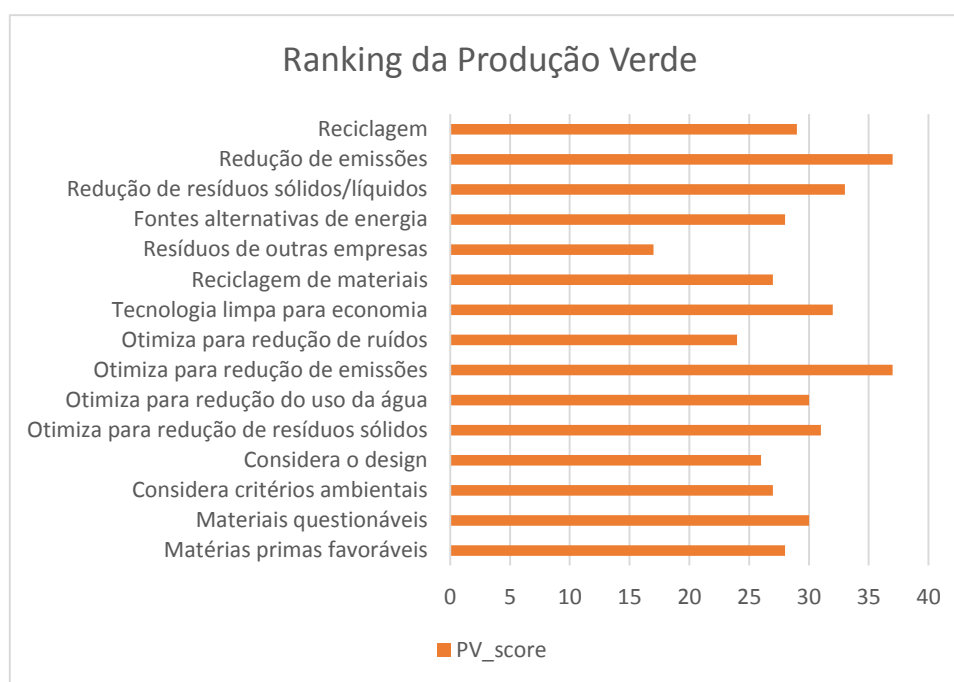


Figura 25: Ranking da produção verde.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

O grau de implementação e importância que cada empresa considera para o conjunto de práticas de, neste caso, produção verde, fica evidente quando se aplica, na mesma Tabela 39, a equação (1). Pode-se verificar, através da Tabela 40, que os gestores das empresas A, B, E e F são os que mais investem na produção verde da cadeia (os gestores das empresas A e E, por exemplo, com a implantação das peneiras vibratórias horizontais para a separação entre a terra e a mandioca, gerando economia no reuso da água; e os gestores das empresas B e F com a

implantação do queimador diretamente na tubulação do biogás evitando desperdício). Fatos estes relatos anteriormente neste trabalho.

Tabela 40: Nível de implementação das práticas verdes – produção verde

PRODUÇÃO VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Matérias primas favoráveis	3	3	3	3	4	3	1	2	4	2	28
Materiais questionáveis	3	2	3	3	4	3	3	3	4	2	30
Considera critérios ambientais	4	3	3	3	4	3	2	2	2	1	27
Considera o design	4	2	3	2	3	3	3	2	2	2	26
Otimiza para redução de resíduos sólidos	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	31
Otimiza para redução do uso da água	3	4	3	3	1	3	3	3	3	4	30
Otimiza para redução de emissões	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	37
Otimiza para redução de ruídos	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	24
Tecnologia limpa para economia	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	32
Reciclagem de materiais	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2	27
Resíduos de outras empresas	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1	17
Fontes alternativas de energia	3	4	3	3	3	2	1	3	2	4	28
Redução de resíduos sólidos/líquidos	4	2	3	3	2	4	4	4	4	3	33
Redução de emissões	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	37
Reciclagem	3	3	3	3	2	4	3	3	3	2	29
IPV_score	49	48	43	44	47	45	39	41	42	38	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

As três práticas mais apontadas pelos gestores (saída verde), através da equação (3), são tendência de melhora ambiental, preservação do meio ambiente e aumento do compromisso social, conforme Tabela 41. As três práticas foram, realmente, as mais comentadas nas entrevistas com os gestores. Alguns deles chegaram a afirmar que as reclamações por parte da comunidade circunvizinha cessaram após a implantação do biodigestor.

Tabela 41: Ranking da saída verde

SAÍDA VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Produtos de "fim de vida"	3	4	3	3	1	3	4	1	2	1	25
Rótulo Ecológico	1	2	2	3	2	2	3	2	4	3	24
Embalagens "verdes"	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	25
Retorno de embalagens	4	3	2	4	2	2	3	2	2	2	26
Informações sobre produção "verde"	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2	26
Transporte "verde"	3	2	2	3	1	2	3	2	2	2	22
Tendência de melhora ambiental	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	35
Aumento do compromisso social	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	33
Preservação do meio ambiente	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	34

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

As práticas verdes realizadas na saída verde estão demonstradas na Figura 26:



Figura 26: Ranking da saída verde.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

O grau de implementação e importância que cada empresa considera para o conjunto de práticas de, neste caso, saída verde, fica evidente quando se aplica, na mesma Tabela 41, a equação (1). A Tabela 42 demonstra que o gestor da empresa B está sempre atento à política de fim de vida útil dos produtos: as embalagens da empresa B, por exemplo, foram recriadas para serem biodegradáveis. No caso da empresa D, o destaque vai para o gestor que implantou uma campanha de retorno de embalagens (o mesmo ocorrendo com a empresa A). No caso desta prática (saída verde) os gestores das empresas B, D, G e A aplicam políticas de orientação aos funcionários para que no final da cadeia produtiva a empresa não volte a degradar o meio ambiente (uma vez que, conforme relatou-se anteriormente, as reclamações, por parte da comunidade circunvizinha, cessaram).

Tabela 42: Nível de implementação das práticas verdes – saída verde

SAÍDA VERDE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										PV_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Produtos de "fim de vida"	3	4	3	3	1	3	4	1	2	1	25
Rótulo Ecológico	1	2	2	3	2	2	3	2	4	3	24
Embalagens "verdes"	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	25
Retorno de embalagens	4	3	2	4	2	2	3	2	2	2	26
Informações sobre produção "verde"	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2	26
Transporte "verde"	3	2	2	3	1	2	3	2	2	2	22
Tendência de melhora ambiental	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	35
Aumento do compromisso social	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	33
Preservação do meio ambiente	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	34
IPV_score	27	29	23	28	22	25	28	21	24	23	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Pode ser visto a partir da Tabela 43, em uma análise cruzada, utilizando a equação (4), que a redução de custos, a melhora da imagem corporativa e o aumento da eficiência são os maiores fatores de contribuição na competitividade da empresa, segundo os gestores.

Tabela 43: Ranking da medida de desempenho – competitividade

COMPETITIVIDADE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										MD_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Aumento da eficiência	4	3	3	4	3	4	2	2	2	2	29
Melhora da qualidade	3	3	3	3	2	4	2	3	2	3	28
Melhora da produtividade	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	27
Redução de custos	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	36
Melhora da imagem corporativa	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	34

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

As práticas verdes que mais influenciam no desempenho competitividade estão elencadas na figura 27:



Figura 27: Ranking de competitividade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

A Tabela 44, quando se aplica a equação (1) na Tabela 43, demonstra que a empresa F supera as demais em todos os quesitos quanto ao desempenho competitividade. Segundo entrevista realizada, o que corrobora o alto índice, o gestor da empresa F afirmou que o lucro advindo do biodigestor mais do que “quadruplicou” de um ano para o outro (o que pode ser constatado na Tabela 14 – Fluxo de Caixa – Empresa F). É importante ressaltar que, conforme relatado anteriormente por entrevista, ela é uma das empresas com excedente de biogás que já está investindo em projetos de conversão em energia elétrica para consumo próprio.

Tabela 44: Nível da medida de desempenho – competitividade observado pelos gestores

COMPETITIVIDADE	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										MD_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Aumento da eficiência	4	3	3	4	3	4	2	2	2	2	29
Melhora da qualidade	3	3	3	3	2	4	2	3	2	3	28
Melhora da produtividade	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	27
Redução de custos	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	36
Melhora da imagem corporativa	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	34
IMD_score	18	17	15	18	15	20	12	13	13	13	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

Na análise cruzada da medida de desempenho econômico, pode-se observar, pela Tabela 45, que as três principais medidas consideradas pelos gestores são aumento da margem de lucro, aquisição de novos mercados e aumento da quota de mercados, o que corrobora a entrevista realizada com os gestores e a análise de viabilidade econômica demonstrada anteriormente, onde a implantação de um biodigestor na mandiocultura, na amostra pesquisada, é altamente positiva. A seguir, na Figura 28, o ranking das medidas de desempenho econômico:

Tabela 45: Ranking da medida de desempenho econômico

DESEMPENHO ECONÔMICO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA										MD_score
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Novos mercados	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	24
Aumento do preço do produto	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	13
Aumento da margem de lucro	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	32
Aumento das vendas	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	22
Aumento da quota de mercado	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1	23

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)



Figura 28: Ranking de desempenho econômico.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014).

A Tabela 46, quando se aplica a equação (1) na Tabela 45, demonstra que no desempenho econômico as empresas C, D, B e F apresentam, segundo seus gestores, bons índices de aumento da quota de mercado ou novos mercados, bem como aumento da margem de lucro impulsionado pelo aumento das vendas. A entrevista realizada com seus gestores e a análise de viabilidade econômica demonstradas anteriormente corroboram estes fatos: as empresas não só atendem à demanda interna, como também à demanda externa (são exportadoras dos subprodutos da mandioca, principalmente o amido).

Tabela 46: Nível da medida de desempenho econômico observado pelos gestores

DESEMPENHO ECONÔMICO	EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Novos mercados	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2
Aumento do preço do produto	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Aumento da margem de lucro	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Aumento das vendas	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1
Aumento da quota de mercado	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1
IMD_score	12	13	14	14	10	13	10	10	10	8

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados da pesquisa (2014)

## 5.2 DISCUSSÃO

### 5.2.1 Viabilidade Econômica x Desenvolvimento Sustentável

Para a atividade de projeto avaliada neste estudo, os benefícios ambientais, muitas vezes não mensuráveis monetariamente, são superiores quando comparados com os financeiros. 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.

Além disso, o uso desta tecnologia faz com que os proprietários atendam à legislação ambiental vigente (como visto no Referencial Teórico – Direcionadores de Sustentabilidade e a Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos – Regulamentação Governamental – Capítulo 3.5.2), evitando o recebimento de multas, visto que colabora para a reciclagem de nutrientes, impedindo a poluição do solo e das águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas.

Outro ponto importante também tratado neste trabalho é a geração de energia térmica (e no futuro próximo, elétrica também), 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.

Como podem ser observados, os benefícios do uso do biodigestor para tratamento de material orgânico residual são inúmeros.

O biodigestor pode ser considerado como um mecanismo de mercado que colabora para financiamento da melhora tecnológica nos países em desenvolvimento. Mostrou-se financeiramente viável na cadeia produtiva da mandioca.

Traçando um paralelo ao que foi explanado no Referencial Teórico – Viabilidade Econômica de Projetos – Diretrizes da Avaliação de um Projeto – Capítulo 3.1.3, a tomada de decisão para a implementação do biodigestor deve considerar além da viabilidade econômica, os benefícios ambientais que esta tecnologia acarreta nas propriedades agroindustriais e no entorno delas. A implantação de um biodigestor 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 “diferenciais” econômicos e financeiros apresentados – VPL, TIR, Payback – (conforme evidenciado no Referencial Teórico – Viabilidade Econômica de Projetos – Critérios de Análise – Capítulo 3.1.2 pelos autores Brigham et al., 2001; Brigham & Houston, 1999; Ferreira, 2009; Fonseca, 2012; Gomes, 2013; Mathias & Gomes, 2008; Woiler & Mathias, 2013), neste trabalho de pesquisa, permitem afirmar com segurança que o uso de biogás como fonte de energia térmica é economicamente e financeiramente viável na mandiocultura. As propriedades analisadas apresentam, hoje, condições propícias para uma operação de geração sustentável do ponto de vista econômico. Há também um grande potencial para aumentar a rentabilidade do empreendimento com medidas relativamente simples, como o emprego do biogás para geração de energia elétrica. Convém destacar que em tempos de necessidade energética elevada, criar fontes renováveis é imprescindível para manutenção de um modelo de desenvolvimento sustentável..

O uso de biodigestores em propriedades rurais, além de ser uma excelente alternativa para o tratamento do material orgânico residual, torna-se economicamente viável quando o biogás e o consumo de água na cadeia produtiva são utilizados adequadamente, além da venda de biofertilizante e da ração animal.

O investimento inicial é aparentemente barato 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 (como foi amplamente discutido no Referencial Teórico – Do Desenvolvimento Sustentável para a Eco-inovação – Eco-inovação – Capítulo 3.3.2 pelos autores Arundel & Kemp, 2009; Azevedo, Cudney, Grilo, Carvalho, & Cruz-Machado, 2012; Fussler & James, 1996; James, 1997; Johansson & Magnusson, 1998; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008 e O Modelo de Gestão Sustentável – Capítulo 3.3.3 pelos autores Azevedo et al. 2012; Barbieri et al. 2010; Dias, 2014; Johansson & Magnusson, 1998; Porter & Linde, 1995a, 1995b; Stevels, 1997).

A promoção do biogás apresenta impactos socioeconômicos positivos porque gera renda no campo e estimula a indústria de bens de capital, tendo em vista que os equipamentos que são utilizados na planta são ofertados pela indústria nacional, economizando divisas. Pode-se afirmar que, assim como a Planotec, muitas outras empresas comercializam a construção de biodigestores não só na região sul do país, mas também em outras regiões onde existe a necessidade de tecnologias limpas similares).

Mas só a economia de divisas não é o bastante. Conforme foi discutido no Referencial Teórico – A Viabilidade Econômica Sustentável – Possibilidades para uma Economia Verde – Capítulo 3.6.3 pelos trabalhos de Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011, esforços governamentais através de políticas públicas, apoio técnico e linhas de financiamento poderiam criar as condições necessárias para adoção em larga escala deste tipo de geração de energia não só em propriedades rurais, mas em empresas dos mais diversos setores para que se possa alcançar a tão almejada Economia Verde. Países como a Suíça, Alemanha e Austrália instituíram arcabouços legais que incentivam a comercialização da energia proveniente do biogás em troca de benefícios fiscais (Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011).

Com isso, as empresas garantem uma fonte de renda adicional ao seu negócio principal. E o governo ganha através da solução de um grave problema ambiental através do tratamento de material orgânico residual, consolida mais uma fonte de energia limpa e segura, e o setor agroindustrial ganha mais competitividade através de um crescimento econômico e responsável (apresentado no Referencial Teórico – A Viabilidade Econômica Sustentável – Viabilidade do Desenvolvimento Sustentável – Capítulo 3.6.1 pelos autores Botkin & Keller, 2011; Bursztyn

& Bursztyn, 2013; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012 e Economia Verde – Capítulo 3.6.2 pelos trabalhos de Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; Miller, 2013; UNEP, 2011).

Contudo, como já foi dito no Referencial Teórico – A Viabilidade Econômica Sustentável – Possibilidades para uma Economia Verde – Capítulo 3.6.3 pelos trabalhos de Botkin & Keller, 2011; Bursztyn & Bursztyn, 2013; DESA, 2011; Dias, 2014; Miller, 2013; Romeiro, 2003, 2012. UNEP, 2011, para que haja uma mudança bem sucedida para a economia verde, há muitos desafios pela frente. O governo, a sociedade e as empresas líderes de mercado, por exemplo, devem trabalhar juntas e constantes no mesmo propósito: repensar e definir novos parâmetros de riqueza que não causem impacto ambiental negativo. Um bom começo seria a implantação de projetos verdes como o demonstrado neste trabalho.

Todavia, ainda resta uma esperança. Da mesma forma, que a inovação conduz ao desenvolvimento econômico, precisa-se reaprender que, agora, é a eco-inovação que guiará a humanidade rumo ao desenvolvimento sustentável. Dentro desta ótica, 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. Não existem caminhos únicos pré-definidos de sucesso. As empresas (entenda-se aqui a figura principal: o gestor) devem ser capazes de identificar suas próprias capacidades, bem como estar atentas às oportunidades levando em conta o portfólio de dimensões de sustentabilidade (conforme tratado no Referencial Teórico – Direcionadores de Eco-inovação e Eco-eficiência – Capítulo 3.4 pelos trabalhos de Andersen 2006, 2008; Arundel & Kemp, 2009; Borch, 2007; Hart & Milstein, 2003, 2004; Horbach, 2005; Horbach et al., 2012; Kemp, 2009; Kemp & Pearson, 2008; Nascimento et al., 2012; Nidumolu et al., 2009; Ulian et al., 2012; WBCSD, 2000; Ziolkowski, 2013 e Direcionadores de Sustentabilidade e a Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos – Capítulo 3.5 pelos autores Elkington, 1994, 1998, 2004; Fauzi et al., 2010; Jackson et al., 2011; Hubbard, 2009; Monast & Adair, 2013; Savitz & Weber, 2006; Slaper, & Hall, 2011).

Fazendo referência aos capítulos do Referencial Teórico, tratados no parágrafo anterior, os desafios associados à sustentabilidade, vistos a partir da ótica dos negócios, podem ajudar a identificar estratégias e práticas (mais uma vez compete à figura do gestor identificá-las) 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.

Enfim, parafraseando Schumpeter e resumindo o que foi discutido, as empresas devem usar eco-inovações e criatividade a fim de obter vantagem estratégica onde produtos e processos que causaram impacto ambiental negativo são substituídos por eco-produtos e eco-processos, que têm como principal responsável o gestor eco-inovador (o herói na busca de novos mercados, empresas e projetos eco-inovadores). Cabe ao gestor gerir ideias que direcionem a empresa ao processo contínuo de eco-inovação (embora, por vezes, nem toda ideia gere, necessariamente, uma eco-inovação).

#### 5.2.2 Práticas de Eco-inovação x Práticas Verdes de Gestão

Melhorar, continuamente, os processos e produtos é fundamental para o sucesso a longo prazo de qualquer empresa. As empresas que competem em setores de rápida inovação devem dominar a arte de prever as necessidades futuras dos clientes, idealizando produtos e serviços radicalmente inovadores, e incorporando rapidamente novas tecnologias de produto para dar eficiência aos processos operacionais, evitando a degradação do meio ambiente. Mas tudo só será possível se os gestores, além de implantarem uma eco-inovação (o biodigestor – objeto deste estudo), também adotarem práticas de eco-inovação objetivando a melhoria do desempenho econômico e ambiental da empresa.

Partindo deste princípio, o Referencial Teórico – Direcionadores de Eco-inovação e Eco-eficiência – Capítulo 3.4 esclarece que o desenvolvimento de direcionadores é imprescindível para as empresas que buscam inovar sem comprometer o meio ambiente: desde a matéria prima utilizada até o produto final. Os efeitos ambientais não ocorrem somente durante a fase de produção, mas também, antes (o cultivo da mandioca) e depois (os subprodutos da mandioca produzidos e vendidos).

Nesse sentido, é extremamente importante um sistema de “direção” e gestão estratégica que considere não só a eco-inovação, mas também a eco-eficiência, no seu conjunto de premissas operacionais: a redução da intensidade de recursos e minimização dos impactos ambientais da produção e produtos ou serviços, juntamente com a criação de valor por uma melhoria incremental contínua. Ao serem eco-eficientes, produtos e serviços podem ser

produzidos com menos energia e matérias-primas, o que resulta em menos desperdício, menos poluição e menos custo.

Considerando estas diretrizes, as informações sobre as práticas de eco-inovação e suas influências no desempenho econômico e ambiental da empresa, foram coletadas (via questionário) dos gestores, com o propósito de investigar, após a implantação do biodigestor, quais práticas foram as mais implementadas e qual foi o desempenho econômico e ambiental observado. Pela análise de dados cruzados dos 10 estudos de caso observou-se que as três práticas de eco-inovação mais citadas pelos gestores, com maior índice de pontuação e adotadas pelas empresas foram: 1) Inovação Periódica de Processos de Produção – 41, 2) Logística Reversa com seus Parceiros – 40 e 3) Compras Verdes – 38.

Estas práticas ficaram evidentes na própria entrevista em que os gestores afirmaram que, no caso de inovação incremental, adotaram o queimador (que queima o biogás diretamente na tubulação sem causar alteração no sabor do produto), o ventilador (que “suga” o biogás com mais força e lança-o dentro da fornalha para a realização da queima), o reuso da água (a mesma água utilizada no início da cadeia produtiva gerando economia) e a peneira vibratória horizontal (separando a terra da raiz gerando economia de água da primeira lavagem realizada na cadeia produtiva, evitando que as lagoas fiquem cheias de lodo e incapacitadas de liberar todo o gás metano produzido. Ao adotar a logística reversa, a empresa se readequa em toda a cadeia produtiva, pois só assim obtém-se o descarte apropriado e a realocação dos resíduos da empresa. Quanto a compras verdes (também corroborada pela entrevista), os gestores estão comprando lenha de reflorestamento, contribuindo para o não desmatamento da região.

As práticas adotadas pelas empresas geram um melhor desempenho, seja econômico ou ambiental. O questionário possibilitou observar que as práticas adotadas conduziram à redução do custo total do produto e melhora no fluxo de caixa (desempenho econômico), redução no consumo de energia e redução nos resíduos do negócio (desempenho ambiental) – fatos confirmados pela entrevista com os gestores, que apontaram: redução no uso de lenha, reuso da água e material orgânico residual total destinado ao biodigestor. Pela análise de dados cruzados dos 10 estudos de caso, observou-se que as quatro medidas de desempenho mais observadas pelos gestores e com maior índice de pontuação foram: 1) Redução do Custo Total do Produto – 42, 2) Melhora do Fluxo de Caixa – 41, 3) Redução do Consumo de Energia – 41 e 4) Redução dos Resíduos dos Negócios – 40.

Tais fatos concordam com a primeira proposição da pesquisa, ou seja, há uma relação positiva entre as práticas de eco-inovação e o desempenho econômico e ambiental das organizações. Mais especificamente, pode-se dizer que as práticas de eco-inovação contribuem para o desempenho econômico em maior grau pois obtiveram as maiores pontuações, em sua categoria, (Redução do Custo Total do Produto – 42 e Melhora do Fluxo de Caixa – 41) e para o desempenho ambiental, também em maior grau em sua categoria, pois também obtiveram as maiores pontuações (Redução do Consumo de Energia – 41 e Redução dos Resíduos dos Negócios – 40) em contrapartida com as outras medidas de desempenho econômico (Redução do Custo Ambiental – 39, Redução do Custo de Materiais – 34 e Aumento no Volume de Vendas – 21) que obtiveram pontuações menores.

Observa-se, então, que as práticas de eco-inovação exercem maior influência na Redução do Custo Total do Produto e na Melhora do Fluxo de Caixa (ambas do desempenho econômico) e, por outro lado, exercem maior influência na Redução do Consumo de Energia e Redução dos Resíduos dos Negócios (ambas do desempenho ambiental). Com isso a subdivisão da primeira proposição está, também, respondida.

Partindo do Referencial Teórico – Direcionadores de Sustentabilidade e a Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos – Capítulo 3.5, mais um ponto importante se destaca: ao dirigir uma grande mudança em direção à sustentabilidade, uma forte gestão empresarial começa com a clareza da mensagem. Junto com uma mensagem clara, o gestor precisa ter um sentido de compromisso que vem desde o topo da organização. Ele deve dedicar tempo para controlar os esforços humanos da empresa, conquistando-os e mantendo-os envolvidos e informados sobre cada passo dado rumo ao objetivo principal da empresa – a sustentabilidade.

Ter uma visão gerencial dos negócios e, ao mesmo tempo, identificar estratégias e práticas que contribuam para um mundo mais sustentável, não é tarefa fácil para nenhum gestor (somente o herói de Schumpeter). Mas, para atender as premissas do Triple Bottom Line, de John Elkington, (desempenho econômico, social e ambiental) com observância na regulamentação governamental sobre o meio ambiente, as práticas verdes de gestão sintetizam o grau de conhecimento dos gestores à cerca destas premissas para o desempenho corporativo.

Partindo deste princípio, as informações sobre as práticas verdes de gestão e suas influências na competitividade e no desempenho econômico, foram coletadas (também via questionário) dos gestores, com o propósito de evidenciar, após a implantação do biodigestor,

quais destas práticas foram as mais implementadas e qual foi a medida de desempenho observada. Realizando a mesma análise (dados cruzados dos 10 estudos de caso) observou-se que as três práticas de gestão verde mais citadas pelos gestores, com maior índice de pontuação e adotadas pelas empresas foram: a) Entrada Verde: 1) Informar os fornecedores sobre os benefícios da produção e tecnologia mais limpas – 28, 2) Escolher fornecedores por critérios ambientais – 24 e 3) Pressionar fornecedores a tomarem ações ambientais – 22; b) Produção Verde: 1) Otimização e redução de emissões – 37, 2) Redução de resíduos sólidos/líquidos – 33 e 3) Uso de tecnologia limpa para a economia de energia, água e resíduos – 32; c) Saída Verde: 1) Tendência de melhora ambiental – 35, 2) Preservação do meio ambiente – 34 e 3) Aumento do compromisso social – 33.

Pela análise de conteúdo da entrevista, concomitantemente com as respostas apontadas no questionário, evidenciou-se as três práticas (dos seus respectivos construtos) mais comentadas pelos gestores. As respostas fornecem informações valiosas para o desempenho de qualquer empresa.

No início da cadeia produtiva, segundo os gestores, é de extrema importância o contato direto com o fornecedor da matéria-prima, seja para trocar informações, seja para exigir que o produto tenha a qualidade mínima requerida.

Com a utilização do biodigestor, a produção tende a melhorar, uma vez que há uma redução de resíduos sólidos, líquidos (que eram lançados no solo e nas águas dos rios), de emissões de gases na atmosfera (o biodigestor encapsula estes gases) e de economia de água e energia (com o reuso da água e o biogás como fonte de energia, respectivamente).

Consequentemente, com as mudanças na cadeia produtiva, observa-se, segundo os gestores, uma melhora no meio ambiente por sua preservação. Assim, o material orgânico residual não impacta negativamente, na certeza do compromisso social assumido pela empresa na adoção do uso de uma tecnologia limpa aliada às práticas verdes de gestão.

Com relação ao desempenho da empresa, na competitividade e no próprio desempenho econômico, adotadas as práticas verdes, ficou evidenciado que as três medidas mais citadas, separada por seus construtos, foram: a) Competitividade: 1) Redução de custos – 36, 2) Melhora da imagem corporativa – 34 e 3) Aumento da eficiência – 29; b) Desempenho Econômico: 1)

Aumento da margem de lucro – 32, 2) Aquisição de novos mercados – 24 e 3) Aumento da quota de mercados – 23.

Conforme visto anteriormente, nas medidas competitividade e desempenho econômico as empresas, de um modo geral, ao adotarem o biodigestor, obtiveram redução de custos, aumento da margem de lucro (viabilidade econômica), melhora da imagem corporativa (as reclamações por parte da comunidade circunvizinha cessaram), aumento da eficiência, aquisição de novos mercados e aumento da quota de mercados (principalmente das empresas exportadoras e produtoras de amido – informação obtida através da entrevista com os próprios gestores).

Estes fatos corroboram a segunda proposição da pesquisa, ou seja, há uma relação positiva entre as práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos, o aumento da competitividade e a melhoria do desempenho econômico. Mais especificamente, pode-se dizer que as práticas verdes de gestão contribuem para o aumento da competitividade em maior grau pois obtiveram as maiores pontuações, em sua categoria, (Redução de Custos – 36, Melhora da Imagem Corporativa – 34 e Aumento da Eficiência – 29) e para o desempenho econômico, também em maior grau em sua categoria, pois também obtiveram as maiores pontuações (Aumento da Margem de Lucro – 32, Aquisição de Novos Mercados – 24 e Aumento da Quota de Mercados – 23) em contrapartida com as outras medidas de competitividade (Melhora da Qualidade – 28 e Melhora da Produtividade – 27) e desempenho econômico (Aumento das Vendas – 22 e Aumento do Preço do Produto – 13) que obtiveram pontuações menores.

Observa-se, então, que as práticas verdes de gestão exercem maior influência na Redução de Custos, Melhora da Imagem Corporativa e Aumento da Eficiência (todas da competitividade) e, por outro lado, exercem maior influência no Aumento da Margem de Lucro, Aquisição de Novos Mercados e Aumento da Quota de Mercados (todas do desempenho econômico). Com isso a subdivisão da segunda proposição está, também, respondida.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o início do século XX, a inovação permeia os grandes avanços do Homem. O tema tem sido objeto de estudo e parte da teoria do desenvolvimento econômico elaborada por Schumpeter. Dentro do modelo capitalista, no início da revolução industrial, o autor diferenciou invenção e inovação: “uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação, no sentido econômico somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção e assim gerando riqueza” (Schumpeter, 1997). E é a inovação “completa” que conduz ao desenvolvimento econômico. O único problema é que esse desenvolvimento foi exacerbado. Tanto que levou a Humanidade a pensar sobre o desenvolvimento sustentável e, por meio dele, procurar a eco-inovação.

Mas, dificilmente haverá conservação de biomas, ecossistemas e espécies na ausência de soluções mais duradouras para a redução das desigualdades sociais e a superação da pobreza em âmbito planetário. Tais desafios podem ser traduzidos em agendas concretas de ação, que permitam o alcance de rotas consistentes de adesão a uma economia verde e sustentável. A ideia de uma economia verde ganha sentido apenas quando definitivamente atrelada ao desenvolvimento sustentável.

Ela implica possibilitar às pessoas, agora e no futuro, atingir um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais. Em resumo, é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Um desenvolvimento sustentável requer planejamento e o reconhecimento de que os recursos são finitos. Ele não deve ser confundido com desenvolvimento econômico, pois este, em princípio, depende do consumo crescente de energia e recursos naturais. O desenvolvimento nestas bases é insustentável, pois leva ao esgotamento dos recursos naturais, dos quais a humanidade depende.

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. Demonstrar que, projetos eco-inovadores são capazes de promover o desenvolvimento econômico, gerando qualidade de vida sem agredir o meio ambiente. E este é o contexto que embasa o estudo apresentado.

O presente trabalho teve como objetivo principal a análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia alternativa nas empresas processadoras de mandioca do Paraná. Como destacado no Capítulo 5.1.1.3 – Informações Financeiras – Viabilidade Econômica do Projeto, pode-se afirmar que a geração térmica baseada no biogás é economicamente e financeiramente viável quando aplicada na mandiocultura.

Para melhor compreensão do assunto, foi necessário fazer uma revisão da literatura acerca dos temas concernentes à biodigestão, mandiocultura e estudos sobre viabilidade econômica de biodigestores. Buscaram-se os conceitos de viabilidade econômica de projetos, inovação, desenvolvimento econômico, desenvolvimentos sustentável, eco-inovação, direcionadores de eco-inovação, eco-eficiência, sustentabilidade e gestão verde da cadeia de suprimentos, além da investigação da viabilidade econômica sustentável, economia verde e suas possibilidades diante do cenário mundial atual, que permitiram aprofundamento da pesquisa e apresentaram a relevância da temática e suas peculiaridades para o desenvolvimento deste projeto.

Para consecução dos objetivos estabelecidos no Capítulo 1.2 – Objetivos, foram feitas entrevistas e entregues questionários, conforme elucidado no Capítulo 4 – Metodologia. Os resultados obtidos nas entrevistas e nos questionários permitiram a caracterização das unidades de geração de energia térmica a base de biogás, a cadeia produtiva da mandioca, seus principais subprodutos, os investimentos e custos do biodigestor e as principais práticas adotadas pelos gestores na adoção de uma eco-inovação.

Com base nos dados levantados, verificou-se o orçamento de investimentos para a instalação de um biodigestor e a infraestrutura associada (que envolve terraplanagem, assentamento, revestimento e cobertura com manta de vinil, tubulação de PVC, etc.) Feita a previsão de investimentos, partiu-se para a avaliação do retorno econômico-financeiro do projeto. As receitas advindas da atividade do biodigestor foram auferidas, assim como os custos

de operação e manutenção. Foram empregados indicadores como o VPL, TIR e Payback para a avaliação do retorno do projeto.

De tudo conclui-se que, para uma 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 um potencial de receita com biofertilizante e ração animal (subprodutos do biodigestor).

A implantação do sistema de biodigestores no Paraná é um caminho alternativo para o crescimento econômico, que pode gerar biogás, energia elétrica, combustíveis alternativos, entre outros. Os impactos ambientais provocados pelos materiais orgânicos residuais no meio ambiente são reduzidos, melhorando a qualidade de vida da população.

Os gestores envolvidos em projetos sustentáveis estão com foco não só na lucratividade, mas também, como pôde-se constatar na pesquisa realizada, atentos no que diz respeito ao desenvolvimento social e ambiental da região onde o projeto está inserido. Os benefícios ambientais, em determinados aspectos, mostram-se muito mais “lucrativos” do ponto de vista social e ambiental, por melhorarem a imagem da empresa (quando ela demonstra um compromisso social em não degradar o meio ambiente), evitarem pesadas multas ambientais (o que contribui para um melhor fluxo de caixa da empresa).

Outro fator importante diz respeito à busca mundial por fontes energéticas mais limpas e renováveis, visando, sobretudo, a mitigação dos impactos ocasionados pelas mudanças climáticas, o desmatamento, a escassez de recursos naturais. Neste novo modelo de produção energética, o Brasil encontra-se em posição de destaque, seja pela alta participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira ou pelo grande potencial que o país ainda apresenta para ampliar sua participação, principalmente por meio da biomassa e da hidroeletricidade.

O cenário em que se encontra o país e, mais especificamente, o setor agroindustrial brasileiro, fornece todos os subsídios para que as tecnologias limpas e que apresentam viabilidade econômica e ambiental possam integrar rotineiramente o planejamento estratégico e o parque industrial deste setor.

A prática da biodigestão anaeróbia surge como principal alternativa, uma vez que atua potencializando os benefícios advindos da redução dos gases causadores do efeito estufa, redução no consumo de água, redução na queima de lenha, redução de odores e insetos e na produção de biofertilizante e ração animal, mitigando os impactos negativos ocasionados no passado. Cabe lembrar que esta prática enquadra-se na atividade de reutilização de resíduos agrícolas, atuando na redução da pressão sobre as reservas naturais agregando competitividade a um setor de extrema relevância para a economia brasileira.

O aumento contínuo da demanda energética brasileira e a pressão mundial por uma matriz energética mais renovável, configura um ambiente futuro promissor, tanto para as fontes mais convencionais, como o álcool advindo da cana de açúcar, que apesar de todo o incentivo ainda apresenta potencial de crescimento, quanto para fontes não tão exploradas como o biogás advindo do material orgânico residual da mandioca.

Como foi proposto, os objetivos específicos (secundários) foram verificados:

- a) Analisar os indicadores de rentabilidade e viabilidade em 10 empresas processadoras de mandioca do Paraná;
- b) Analisar a contribuição das práticas de eco-inovação para o desempenho econômico e ambiental das empresas processadoras de mandioca do Paraná nas 10 empresas entrevistadas, e
- c) Analisar a contribuição das práticas verdes de gestão da cadeia de suprimentos para o aumento da competitividade e melhoria do desempenho econômico das empresas processadoras de mandioca do Paraná (as 10 entrevistadas).

Desta forma, o objetivo geral de verificar a viabilidade econômica e os benefícios ambientais na implantação de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná foi alcançado, uma vez que demonstrou não só o potencial da viabilidade econômica e os benefícios ambientais, mas também, que os gestores estão atentos às práticas de eco-inovação e práticas verdes de gestão que devem acompanhar a implantação de uma eco-inovação como é o biodigestor.

Isso posto, a questão de pesquisa do estudo: “Há viabilidade econômica e benefícios ambientais na implantação de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná?” foi respondida.

Não se espera, contudo, que este trabalho sirva de parâmetro final para a tomada de decisão em investimentos futuros no setor. Pretende-se que esta pesquisa seja utilizada como uma base sólida para estudos de casos mais complexos exigidos pelo tema, vista a importância de decisões no futuro e longevidade do setor agroindustrial no Brasil.

É notório o fato de que qualquer tipo de estudo apresente certas limitações. Tais limites explicam-se porque os assuntos tratados ocorrem, via de regra, em ambientes dinâmicos, com as 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.

Outro fator limitante diz respeito, muitas vezes, à existência de uma quantidade muito pequena de material sistematizado acerca do assunto enfocado, quando não a quase total inexistência de tal material. Ocorre, principalmente, quando o tema em foco é assaz original, como é o caso da correlação entre material orgânico residual da mandioca, biodigestores, viabilidade econômica, práticas de eco-inovação e práticas verdes de gestão. Portanto, é necessário um esforço maior na tentativa de compreender os fenômenos pesquisados e, em especial, a inter-relação entre eles.

Entende-se assim que, da mesma forma que em outros trabalhos, os frutos desta pesquisa não são um modelo acabado, pois o dinamismo com que as teorias evoluem acabam por excluir tal possibilidade.

A amostra foi mais um dos fatores limitantes da pesquisa. Há que se considerar que com amostras maiores podem-se realizar análises quantitativas complementares ao estudo qualitativo.

No campo da administração há um contexto favorável à utilização de metodologias de pesquisa que adotem um enfoque múltiplo. O cenário organizacional é, ao mesmo tempo, complexo e mutante. Se estudar o ser humano isoladamente já é uma tarefa desafiadora, entendê-lo no ambiente organizacional é uma tarefa ainda mais árdua. Combinar técnicas quantitativas e qualitativas torna uma pesquisa mais forte e reduz os problemas de adoção

exclusiva de um dos grupos; por outro lado, a omissão no emprego de métodos qualitativos, num estudo em que se faz possível e útil empregá-los, empobrece a visão do pesquisador quanto ao contexto em que ocorre o fenômeno.

Diante do exposto, para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação da amostra para que o método de pesquisa possa ser qualitativo e quantitativo (tanto no que concerne à viabilidade econômica como no que diz respeito aos benefícios ambientais e às práticas de eco-inovação e gestão verde adotadas).

Outra proposta interessante seria comparar este setor (mandiocultura) com outro setor dentro do agronegócio que também adote a tecnologia de biodigestores. Ou ainda comparar a tecnologia de biodigestores no setor da mandiocultura do estado do Paraná com outros estados que também adotam a mandioca e o biodigestor.

Comparar-se a viabilidade econômica de indústrias hoje e no futuro (quando todo o potencial do biodigestor estiver sendo aproveitado – 100% do desuso da lenha, excedente do biogás utilizado para energia elétrica e venda de créditos no mercado de carbono), também pode ser considerada uma sugestão de futuros trabalhos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS<sup>11</sup>

- Abreu, Y. V. (2001). *Estudo Comparativo da Eficiência Energética da Indústria da Cerâmica de Revestimento Via Úmida no Brasil e na Espanha*. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas.
- American Psychological Association – APA. (2012). *Manual de Publicação da APA* (6ª Edição). Porto Alegre: Penso.
- Andersen, M. M. (2006). Eco-Innovation Indicators. In: *European Environment Agency – Copenhagen, CBS, Denmark*.
- Andersen, M. M. (2008). Eco-Innovation – Towards a Taxonomy and a Theory. In: *25th Celebration Conference 2008 on Entrepreneurship and Innovation: Organizations, Institutions, Systems and Regions – Copenhagen, CBS, Denmark*.
- Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca – ABAM. (2013). *Produção Brasileira de Fécula de Mandioca*. Acesso em 19 de junho de 2013. Disponível em [www.abam.com.br](http://www.abam.com.br).
- Avaci, A. B., Souza, S. N. M., Werncken, I., & Chaves, L. I. (2013). Financial Economic Scenario for the Microgeneration of Electric Energy from Swine Culture-Originated Biogas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 272–276.
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2011). The Influence of Green Practices on Supply Chain Performance: A Case Study Approach. *Logistics and Transportation Review*, 47 (6), 850–871.
- Azevedo, S. G., Cudney, E. A., Grilo, A., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2012). *The Influence of Eco-Innovation Supply Chain Practices on Business Eco-Efficiency*. Acesso em 24 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/42704/>.
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G., Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. (2010). Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. *Revista de Administração de Empresas - RAE – Eletrônica*, 50 (2), 146-154.
- Barrera, P. (2011). *Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural* (3ª Edição). São Paulo: Ícone.
- Baumann, W., & Karpe, H. J. (1980). *Wastewater Treatment and Excreta Disposal in Developing Countries*. Dortmund: GTZ – GATE.
- Bellante, D. (1986). Edward Chamberlin: Monopolistic Competition and Pareto Optimally. *Journal of Business & Economics Research*, 2 (4), 17-26.
- Bley, C. (2013). *Na Idade da Lenha*. Acesso em 11/06/2013. Disponível em <http://www.plataformaitaipu.org.br>.
- Bley Jr, C., Libânio, J. C., Galinkin, M., & Oliveira, M. M. (2009). *Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas, Socioeconômicas e Ambientais*. (2ª edição). Foz do

---

<sup>11</sup> Esta dissertação, bem como as citações e as referências bibliográficas foram elaboradas de acordo com o Manual de Publicação da APA (American Psychological Association – 6ª Edição – 2012) e o software ZOTERO.

Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

Borch, K. (2007). Emerging Technologies in Favor of Sustainable Agriculture. *Futures*, 39, 1045–1066. doi:10.1016/j.futures.2007.03.016.

Botkin, D. B. & Keller, E. A. (2011). *Ciência Ambiental: Terra, um Planeta Vivo* (7ª edição). Rio de Janeiro: Gen/LTC.

Brigham, E. F., Gapenski, L. C. & Ehrhardt, M. C. (2001). *Administração Financeira: Teoria e Prática* (1ª edição). São Paulo: Atlas.

Brigham, E. F.; Houston, J. F. (1999). *Fundamentos da Moderna Administração Financeira*. Rio de Janeiro: Campus.

Burritt, R. L., & Saka, C. (2006). Environmental Management Accounting Applications and Eco-Efficiency: Case Studies from Japan. *Journal of Cleaner Production*, 14 (14), 1262–1275.

Bursztyn, M. A. & Bursztyn, M. (2013). *Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos para a Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Garamond Editora.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. (2013). *Produção de Fécula no Brasil*. Acesso em 19 de junho de 2013. Disponível em [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br).

Chen, Y.J., & Sheu, J. (2009). Environmental-regulation Pricing Strategies for Green Supply Chain Management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45 (5), 667–677.

Chen, Y. -S., Lai, S.-B., & Wen, C.-T. (2006). The Influence of Green Innovation Performance on Corporate Advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, 67 (4), 331–339.

Coelho, S. T., Paletta, C. E. M., & Freitas, M. A. V. (2000). *Medidas Mitigadoras para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica*. Brasília: Dupligráfica.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2014). *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Acesso em 22 de março de 2014. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>.

Costa, A. B. (2006). O Desenvolvimento Econômico na Visão de Joseph Schumpeter. *Cadernos IHU Ideias*, 47, 1-16.

Creswell, J. W. (2010). *Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto* (3ª edição). Porto Alegre: Artmed.

Department of Economic and Social Affairs – DESA. (2011). *The Great Green Technological Transformation*. World Economic and Social Survey. Acesso em 11 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/>.

Dias, M. F. P., & Pedrozo, E. A. (2012). Desenvolvimento Sustentável nas Inovações Tecnológicas da Indústria Alimentícia Brasileira: Em Qual Estágio Estamos? *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 14 (3), 297-311.

Dias, R. (2014). *Eco-inovação: Caminho para o Crescimento Sustentável*. São Paulo: Atlas.

- Dias-Sardinha, I., Reijnders, L., & Antunes, P. (2002). From Environmental Performance Evaluation to Eco-Efficiency and Sustainability Balanced Scorecards. *Environmental Quality Management*, 12 (2), 51–64.
- Elaiyaraju, P., & Partha, N. (2012). Biogas Production from Sago (Tapioca) Wastewater using Anaerobic Batch Reactor. *Energy & Environment*, 23 (4), 631-645.
- Elkington, J. (1994). Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. *California Management Review* 36, (2), 90–100.
- Elkington, J. (1998). Partnerships from Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21<sup>st</sup>-Century Business. *Environmental Quality Management*, 8 (1), 37-51. doi: 10.1002/tqem.3310080106.
- Elkington, J (2004). Enter the Triple Bottom Line. In: Henriques, A., & Richardson, J. (Eds.), *The Triple Bottom Line: Does It All Add Up? – Assessing the Sustainability of Business and CSR* (pp. 1-16). London: Earthscan.
- Ellis, T. J., & Levy, Y. (2008). Framework of Problem-Based Research: A Guide for Novice Researchers on the Development of a Research-Worthy Problem. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 11, 17-33.
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. (2012). *Balanço Energético Nacional*. Ministério de Minas e Energia – Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. MME/EPE.
- Environmental Protection Agency – EPA. (2000). *The Lean and Green Supply Chain: A Practical Guide for Materials Managers and Supply Chain Managers to Reduce Costs and Improve Environmental Performance*. Acesso em 14 de março de 2014. Disponível em <http://www.epa.gov/oppt/library/pubs/archive/acct-archive/pubs/lean.pdf>.
- Essoussi, L. H., & Linton, J. D. (2010). New or Recycled Products: How Much are Consumers Willing to Pay? *Journal of Consumer Marketing*, 27 (5), 458–468.
- Fauzi, H., Svensson, G., & Rahman, A. A. (2010). Triple Bottom Line as Sustainable Corporate Performance: A Proposition for the Future. *Sustainability*, 2, 1345-1360. doi:10.3390/su2051345
- Felipe, F. I., Alves, L. R. A. & Camargo, S. G. C. (2010). Panorama e Perspectivas para a Indústria de Fécula de Mandioca no Brasil. *Revista Raízes e Amidos*, 6, 134-146.
- Fergusson, H., Langford, D., 2006. Strategies for Managing Environmental Issues in Construction Organizations. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 13 (2), 171–185.
- Ferreira, R. G. (2009). *Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento*. São Paulo: Atlas.
- Figueiredo, J.N., & Mayerle, S.F. (2008). Designing Minimum-cost Recycling Collection Networks with Required Throughput. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44 (5), 731–752.
- Florida, R. (1996). Lean and Green: The Move to Environmentally Conscious Manufacturing. *California Management Review*, 39 (1), 80-102.



Florida, R. & Davison, D. (2001). Gaining from Green Management: Environmental Management. In: *Greening Industry, 2000, World Bank Report, Washington, DC*.

Fonseca, J. W. F. (2012). *Elaboração e Análise de Projetos*. São Paulo: Atlas.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2013). *Save and Grow: Cassava – A Guide to Sustainable Production Intensification*. Acesso em 11 de fevereiro de 2014. Disponível em [www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html](http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html).

Fussler, C. & James, P. (1996). *Driving Eco-Innovation: a Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*. London: Pitman Publishing.

Gil, A. C. (2002). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (4ª edição). São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (6ª edição). São Paulo: Atlas.

Global Environment Facility – GEF & United Nations Convention to Combat Desertification – UNCCD. (2011). *Land for Life: Securing Our Common Future*. Washington: GEF/UNCCD.

Gomes, J. M. (2013). *Elaboração e Análise de Viabilidade Econômica de Projetos*. São Paulo: Atlas.

Gonzalez, P., Sarkis, J., & Adenso-Diaz, B. (2008). Environmental Management System Certification and its Influence on Corporate Practices: Evidence from the Automotive Industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 28 (11), 1021–1041.

Gutierrez, F. (2012). O que é inovação para você. *Folha de São Paulo, Caderno Carreiras e Empregos*. Acesso em 08 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/carreiraseempregos/69042-o-que-e-inovacao-para-voce.shtml>.

Halila, F. (2007). Networks as a Means of Supporting the Adoption of Organizational Innovations in SMEs: The Case of Environmental Management Systems (EMSS) Based on ISO 14001. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 14 (3), 167–181.

Halila, F., & Rundquist, J. (2011). The Development and Market Success of Eco-Innovations: A Comparative Study of Eco-Innovations and “Other” Innovations in Sweden. *European Journal of Innovation Management*, 14 (3), 278–302.

Handl, G. (2012). 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*. Acesso em 21 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://legal.un.org/avl/ha/dunche/dunche.html>.

Hart, O. D. (1985). Monopolistic Competition in the Spirit of Chamberlin: A General Model. *Review of Economic Studies*, 52, 529–546.

Hart, S. L., & Milstein, M. B. (2003). Creating Sustainable Value. *Academy of Management Executive*, 17 (2), 56–69.

Hart, S. L., & Milstein, M. B. (2004). Criando Valor Sustentável. *RAE Executivo*, 3 (2), 65–79.

Heinberg, R. (2010). Beyond the Limits to Growth. In Heinberg, R. & Lerch, D. (Eds.), *The Post Carbon Reader: Managing the 21st Century's Sustainability Crises* (pp. 1–8). California: Watershed Media.

- Hinterberger, F. & Giljum, S. (2008). Dematerializing cities: From Measurement to Action beyond the Limits to Growth. In: *ConAccount 2008 "Urban Metabolism: Measuring the Ecological City"* – Prague, Czech.
- Hellström, T. (2007). Dimensions of Environmentally Sustainable Innovation: the Structure of Eco-Innovation Concepts. *Sustainable Development*, 15, 148–159.
- Hervani, A.A., Helms, M.M., & Sarkis, J. (2005). Performance Measurement for Green Supply Chain Management. *Benchmarking: An International Journal*, 12 (4), 330–353.
- Hines, F., & Johns, R. (2001). Environmental Supply Chain Management: Evaluating the Use of Environmental Mentoring through Supply Chains. In: *Sustainability at the Millenium: Globalization, Competitiveness and the Public Trust. January 21-25, 2001. Ninth International Conference of Greening of Industry Network Bangkok*.
- Horbach, J. (2005). Methodological Aspects of an Indicator System for Sustainable Innovation. In: Horbach, J. (Ed.). *Indicator Systems for Sustainable Innovation* (pp. 1–20). New York: Physica-Verlag.
- Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2012). Determinants of Eco-innovations by Type of Environmental Impact the Role of Regulatory Push/Pull, Technology Push and Market Pull. *Ecological Economics*, 78, 1-34.
- Hubbard, G. (2009). Measuring Organizational Performance: Beyond the Triple Bottom Line. *Business Strategy and the Environment*, 19, 177–191. doi: 10.1002/bse.564.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2005). Eco-Efficiency and Its Terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (4), 43–46.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2009). Eco-Efficiency Guiding Micro-Level Actions towards Sustainability: Ten Basic Steps for Analysis. *Ecological Economics*, 68 (6), 1687–1700.
- Islas, J., Manzini, F., & Masera, O. (2007). A Prospective Study of Bioenergy Use in Mexico. *Energy*, 32, 2306–2320.
- Jackson, A., Boswell, K., & Davis, D. (2011). Sustainability and Triple Bottom Line Reporting – What is it all about? *International Journal of Business, Humanities and Technology*, 1 (3), 55-59.
- James, P. (1997). The Sustainability Cycle: A New Tool for Product Development and Design. *The Journal of Sustainable Product Design*, 2, 52-57.
- Johansson, G., & Magnusson, T. (1998). Eco-innovations – A Novel Phenomenon? *The Journal of Sustainable Product Design*, 7, 7-15.
- Johnson, P. F., & Leenders, M. R. (1997). Make-or-Buy Alternatives in Plant Disposition Strategies. *Journal of Supply Chain Management*, 33 (2), 20–26.
- Jorge, M. P. (2006). Biodigestores: Uma Inovação na Gestão do Lixo Sólido e na Produção de Gás. *Pensamento & Realidade*, 19, 75-99.
- Junges, D., Kleinschmitt, S., Shikida, P., & Silva, J. (2010). Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). *Revista de Economia*, 35, (1), 7-30. Editora UFPR.
- Kemp, R. (2009). From End-of-Pipe to System Innovation. In: *DRUID Summer Conference – Copenhagen, Denmark*.

- Kemp, R; & Arundel, A. (2009). 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*.
- Kemp, R; & Pearson, P. (2008). *Measuring Eco-Innovation: Final Report MEI Project about Measuring Eco-innovation*. Brussels: EC.
- Kesidou, E., & Demirel, P. (2012). On the Drivers of Eco-Innovations: Empirical Evidence from the UK. *Research Policy*, 41 (5), 862–870.
- King, A. A. & Lenox, M. J. (2001). Lean and Green? An Empirical Examination of the Relationship between Lean Production and Environmental Performance. *Production and Operations Management*, 10 (3), 244-56.
- Klassen, R.D. & McLaughlin, C.P. (1996). The Impact of Environmental Management on Firm Performance. *Management Science*, 42 (8), 1199-1213.
- Kool, R. (2012). Limits to Growth, Environmental Science and the Nature of Modern Prophecy. *Journal for Interdisciplinary Research on Religion and Science*, 10, 273-289.
- Kor, Y. Y. & Mahoney, J. T. (2004). Edith Penrose's (1959) Contributions to the Resource-based View of Strategic Management. *Journal of Management Studies*, 41 (1), 183-191.
- Lamming, R. & Hampson, J. (1996). The Environment as a Supply Chain Management Issue. *British Journal of Management*, 7 (5), 45-62.
- Leite, L.E.C., & Monteiro, J.H.P. (2005). Aterros Sanitários e Créditos de Carbono: Oportunidades para Ajudar a Resolver o Problema Ambiental. *Revista de Administração Municipal*. Acesso em 09 de maio de 2013. Disponível em <http://lam.ibam.org.br>.
- Lelieveld, J., Crutzen, P. J., & Dentener, F. J. (1998). Changing Concentration, Lifetime and Climate Forcing of Atmospheric Methane. *Tellus B*, 50, 128–150. doi: 10.1034/j.1600-0889.1998.t01-1-00002.x
- Lewis, M.A. (2000). Lean Production and Sustainable Competitive Advantage. *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (8), 959-78.
- Linton, J.D., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable Supply Chains: An Introduction. *Journal of Operations Management*, 25 (6), 1075–1082.
- Markovska, N., Duic, N., Guzovic, Z., Mathiesen, B. V., & Lund, H. (2013). Our Common Future – 25 Years Later: Sustainable Development WHAT's, HOW's and WHO's of Energy, Water and Environment Systems. *Energy (Oxford)*, 57, 1-3. doi: 10.1016/j.energy.2013.07.006
- Martins, D. S., & Assis, E. G. (2007). Estudo de Viabilidade Econômica da Implantação de um Biodigestor em uma Granja de Perus. In: *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 27 – Foz do Iguaçu, Paraná.
- Martins, F., & Oliveira, P. A. V. (2011). Análise Econômica da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás na Suinocultura. *Engenharia Agrícola – Jaboticabal*, 31 (3), 477-486.
- Martins, G. A., & Theófilo, C. R. (2009). *Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas* (2ª edição). São Paulo: Atlas.
- Mathias, W. F. & Gomes J. M. (2008). *Matemática Financeira*. São Paulo: Atlas.

- Mazzon, J. A. (1978). *Formulação de um Modelo de Avaliação e Comparação de Modelos em Marketing*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Meadows, D. H. (1994). Envisioning a Sustainable World. In: *Third Biennial Meeting of the International Society for Ecological Economics*.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (1992). Beyond The Limits to Growth: A New Update to Reveals that we are Closer to "Overshoot and Collapse" - yet Sustainability is Still an Achievable Goal. *Context: A Quarterly of Humane Sustainable Culture – Dancing Toward the Future*, 32, 10-14.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Menezes, U. G., Winck, A. G., & Dias, V. V. (2010). A Inovação Tecnológica Sustentável e a Geração de Valor Sustentável na Indústria Química. *eGesta*, 6 (3), 114-139.
- Miles, M.B., Huberman, A.M., 1994. *Qualitative Data Analysis*. Sage Publications.
- Miller Jr., G. T. (2013). *Ciência Ambiental – Tradução da 11ª edição Norte-americana*. São Paulo: Cengage Learning.
- Min, H., & Galle, W. P. (1997). Green Purchasing Strategies: Trends and Implications. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 4, 10-17.
- Min, H., & Galle, W. P. (2001). Green Purchasing Practices of US Firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (9), 1222 – 1238.
- Monast, J. J. & Adair, S. K. (2013). A Triple Bottom Line for Electric Utility Regulation: Aligning State-Level Energy, Environmental, and Consumer Protection Goals. *Columbia Journal of Environmental Law*, 38 (1), 1-65.
- Müller, K., & Sturm, A. (2001). *Standardized Eco-Efficiency Indicators – Report 1: Concept Paper*. Acesso em 14 de março de 2014. Disponível em [http://www.ellipson.com/files/studies/EcoEfficiency\\_Indicators\\_e.pdf](http://www.ellipson.com/files/studies/EcoEfficiency_Indicators_e.pdf).
- Nascimento, T. C., Mendonça, A. T. B. B., & Cunha, S. K. (2012). Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, 10 (3), 630-651.
- National Round Table on the Environment and the Economy – NRTEE. (2001). *Calculating Eco-Efficiency Indicators: A Workbook for Industry*. Ottawa: Renouf Publishing Co. Ltd.
- Nelson, R. R. (2006). *As Fontes do Crescimento Econômico – Clássicos da Inovação*. Campinas: Editora UNICAMP.
- Nidumolu, R., Prahalad, C.K., & Rangaswami, M.R. (2009). Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation. *Harvard Business Review*, September, 1-9.
- Noci, G. (2000). Environmental Reporting in Italy: Current Practices and Future Developments. *Business Strategy and the Environment*, 9, 211-23.

Oliveira, S. V. W. B., Leoneti, A. B., Caldo, G. M. M., & Oliveira, M. M. B. (2011). Generation of Bioenergy and Biofertilizer on a Sustainable Rural Property. *Biomass and Bioenergy*, 35, 2608-2618.

Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE. (2005). *Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação*. (3ª edição). Traduzido pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. Paris: OECD Publishing.

Paulraj, A. (2009). Environmental Motivations: A Classification Scheme and Its Impact on Environmental Strategies and Practices. *Business Strategy and the Environment*, 18 (7), 453–468.

Portal Brasil. *Setores da Economia*. Acesso em 28 de dezembro de 2013. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/setores-da-economia/agronegocio/print>.

Porter, M. E., & Linde, C. van der. (1995a). Green and Competitive: Ending the Stalemate. *Harvard Business Review*, September-October, 119-134.

\_\_\_\_\_. (1995b). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), 97-118.

Preuss, L. (2005). Rhetoric and Reality of Corporate Greening: A View from the Supply Chain Management Function. *Business Strategy and the Environment*, 14 (2), 123–139.

Rao, P. (2002). Greening of the Supply Chain: A New Initiative in South East Asia. *International Journal of Operations & Production Management*, 22 (6), 632-55.

Rao, P. (2004). Greening Production: a South East Asian Experience. *International Journal of Operations & Production Management*, 24 (3), 289-320.

Rao, P., & Holt, D. (2005). Do Green Supply Chains Lead to Competitiveness and Economic Performance? *International Journal of Operations and Production Management*, 25 (9), 898–916.

Richey, R. G., Tokman, M., Wright, R. E., & Harvey, M. G. (2005). Monitoring Reverse Logistics Programs: A Roadmap to Sustainable Development in Emerging Markets. *Multinational Business Review*, 13 (3), 41–65.

Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (1999). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reverse Logistics Executive Council.

\_\_\_\_\_. (2001). An Examination of Reverse Logistics Practices. *Journal of Business Logistics*, 22 (2), 129–148.

Romeiro, A. R. (2003). *Desenvolvimento Sustentável*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite.

Romeiro, A. R. (2012). Desenvolvimento Sustentável: Uma Perspectiva Econômico-Ecológica. *Estudos Avançados*, 26 (74), 65-92.

Rugman, A. M. & Verbeke, A. (2002). Edith Penrose's Contribution to the Resource-Based View of Strategic. *Strategic Management Journal*, 23, 769 – 780. doi: 10.1002/smj.240.

Saling, P., Kicherer, A., Dittrich-Krämer, B., Wittlinger, R., Zombik, W., Schmidt, I., & Schrott, W., (2002). Eco-Efficiency Analysis by Basf: The Method. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7 (4), 203–218.

- Sanches, A. M. & Perez, M. P. (2001). Lean Indicators and Manufacturing Strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (11), 1433-1452.
- Santos, R. E., Magalhães, C., Nascimento, R., Correia-Neto, J., & Dornelas, J. (2012). O Twitter como Ferramenta de Obtenção de Vantagem Competitiva: Um Estudo Multicaso com Empresas de Compras Coletivas. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, 11 (2), 1-9. doi:10.5329/RESI.2012.1102005
- Sarkis, J. (1999). How Green is the Supply Chain? In: *Practice and Research*, Clark University, Worcester, MA.
- Savitz, A. W. & Weber, K. (2006). *The Triple Bottom Line: How Today's Best-Run Companies Are Achieving Economic, Social and Environmental Success – and How You Can Too*. California: Jossey-Bass.
- Schaltegger, S., & Burritt, R. (2000). *Contemporary Environmental Accounting: Issues Concepts and Practice*. Greenleaf Publishers.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York – Toronto – London: McGraw-Hill Book Company.
- \_\_\_\_\_. (1961). *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura.
- \_\_\_\_\_. (1997). *Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma Investigação Sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico*. São Paulo: Editora Nova Cultural.
- \_\_\_\_\_. (2002). Economic Theory and Entrepreneurial History. *Revista Brasileira de Inovação*, 1 (2), 201-224.
- \_\_\_\_\_. (2006). *History of Economic Analysis*. Great Britain: Taylor & Francis e-Library.
- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – Departamento de Economia Rural – SEAB/DERAL. (2012). *Mandiocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária*. Acesso em 11 de fevereiro de 2014. Disponível em [www.agricultura.pr.gov.br](http://www.agricultura.pr.gov.br).
- Seixas, J., Folle, S., & Marchetti, D. (1980). Construção e Funcionamento de Biodigestores. Brasília: EMBRAPA – DID – EMBRAPA-CPAC. *Circular técnica*, 4.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. (2003). *Diagnóstico da Cadeia Produtiva Agroindustrial da Mandioca*. Acesso em 10 de setembro de 2013. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/setor/mandiocultura>.
- Seuring, S., & Muller, M. (2008). From a Literature Review to a Conceptual Framework for Sustainable Supply Chain Management. *Journal of Cleaner Production*, 16 (15), 1699–1710.
- Sezen, B., & Çankaya, S. Y. (2013). Effects of Green Manufacturing and Eco-Innovation on Sustainability Performance. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 99, 154-163.
- Sganzerla, E. *Biodigestores: uma Solução*. (1983). Porto Alegre: Agropecuária.
- Signorino, R. (2012). Edward H. Chamberlin (1899 – 1967). Acesso em 24 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/39213/>.

- Silva, C. L., Freire, W. J. R. & Basseto, L. I. (2012). Mercado de Carbono e Instituições: Oportunidades na Busca por um Novo Modelo de Desenvolvimento. *Interciencia*, 37 (1), 08-13.
- Silva, J. R., Vegro, C. L. R., de Assumpção, R., & Pontarelli, C. T. G. (1996). A Agroindústria de Farinha de Mandioca nos Estados de São Paulo e do Paraná. *Informações Econômicas*, 26 (3), 69-86.
- Silva, N. F. (2006). *Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica*. Tese (Doutorado) – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva Filho, P. A. (2007). *Diagnóstico Operacional de Lagoas de Estabilização*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- Singer, M. (2010). Eco-nomics: Are the Planet-Unfriendly Features of Capitalism Barriers to Sustainability? *Sustainability*, 2, 127-144. doi:10.3390/su2010127
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work? *Indiana Business Review*, 86 (1), 4-8.
- Sohn, L. B. (1973). The Stockholm Declaration on the Human Environment. *The Harvard International Law Journal*, 14 (3), 422-515.
- Soosay, C. A., Hyland, P. W., & Ferrer, M. (2008). Supply Chain Collaboration: Capabilities for Continuous Innovation. *Supply Chain Management – An International Journal*, 13 (2), 160–169.
- Souza, E. F., Staduto, J. A. R., da Rocha Jr, W. F., & Rinaldi, R. N. (2005). A Cultura da Mandioca na Região Oeste do Paraná: Um Estudo da Coordenação da Cadeia sob a Ótica da Teoria dos Contratos. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, 7 (1), 11-22.
- Srivastava, S.K. (2007). Green Supply Chain Management: A State-of-the-art Literature Review. *International Journal of Management Reviews*, 9 (1), 53–80.
- Stavins, R. N. (1992). Comments on "Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited" by William D. Nordhaus. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 43-53.
- Stevens, I. A. L. N. (1997). Moving Companies towards Sustainability through Eco-Design: Conditions for Success. *The Journal of Sustainable Product Design*, 3, 47-55.
- Suptitz, C. C., & Noro, G. B. (2009). Desafios da Gestão Sustentável: Um Estudo de Caso. *Disciplinarum Scientia*, 5 (1), 127-144.
- Teixeira, V. H. (2005). *Biogás* (1ª Edição). Minas Gerais: Editora Minas Gerais – Universidade Federal de Lavras.
- Telles, B. M., Petrokas, L., & Nakagawa, M. H. (2012). Sustainability Trends and Implementation in Academy and Consulting. *Journal on Innovation and Sustainability*, 3 (3), 3 – 17.
- Telles, R. (2001). A Efetividade da Matriz de Amarração de Mazzon nas Pesquisas em Administração. *Revista de Administração*, 36 (4), 64-72.
- Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. (2008). *Gestão da Inovação* (3ª edição). Porto Alegre: Editora Bookman.

Tigre, P. B. (2006). *Gestão da Inovação – A Economia da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora Campus.

Tsoufas, G. T., & Pappis, C. P. (2006). Environmental Principles Applicable to Supply Chains Design and Operation. *Journal of Cleaner Production*, 14 (18), 1593–1602.

Ulian, E., Santos, J. B., & Gobbo Jr., J. A. (2012). Inovação Verde como Ferramenta Estratégica para Obter o Desenvolvimento Sustentável. In: *Anais – 4º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC – Jahu, São Carlos, São Paulo, Brasil*.

United Nations – UN. (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. New York: United Nations Publications.

\_\_\_\_\_. (2012a). *Back to Our Common Future: Sustainable Development in the 21<sup>st</sup> Century (SD21) Project*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development.

\_\_\_\_\_. (2012b). *The Future We Want*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development.

\_\_\_\_\_. (2013). *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.

United Nations Environment Programme – UNEP. (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Acesso em 11 de fevereiro de 2014. Disponível em [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).

Vachon, S., & Klassen, R. D. (2006). Extending Green Practices across the Supply Chain: The Impact of Upstream and Downstream Integration. *International Journal of Operations & Production Management*, 26 (7), 795 – 821.

\_\_\_\_\_. (2008). Environmental Management and Manufacturing Performance: The Role of Collaboration in the Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 111 (2), 299–315.

Von Sperling, M. (1996). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto – 2ª Edição*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Walton, S.V., Handfield, R.B., & Melnyk, S.T. (1998). The Green Supply Chain: Integrating Suppliers into Environmental Management Process. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, Spring 1998, 1-10.

Wiele, T. van der, Boselie, P., & Hesselink, M. (2002). Empirical Evidence for the Relationship between Customer Satisfaction and Business Performance. *Managing Service Quality*, 12 (3), 184–193.

Wong, C.Y., Boon-itt, S., 2008. The Influence of Institutional Norms and Environmental Uncertainty on Supply Chain Integration in the Thai Automotive Industry. *International Journal of Production Economics*, 115 (2), 400–410.

World Business Council for Sustainable Development – WBCSD. (2000). *Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact*. United Kingdom: WBCSD.

World Commission on Environment and Development – WCED. (1987). *Our Common Future*. United Kingdom: Oxford University Press.



- Woiler, S. & Mathias, W. F. (2013). *Projetos: Planejamento – Elaboração – Análise* (2ª Edição). São Paulo: Atlas.
- Wu, H.J. & Dunn, S.C. (1995). Environmentally Responsible Logistics Systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25 (2), 20-38.
- Yang, G., Wang, Z., & Li, X. (2009). The Optimization of the Closed-loop Supply Chain Network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45 (1), 16–28.
- Yin, R.K., 2002. *Case study research: Design and Methods*. Applied Social Research Methods Series, vol. 5, third ed. Sage Publications, Inc.
- Yin, R.K., 2010. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 4ª Edição. São Paulo: Artmed Editora S/A.
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004). Relationships between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese Manufacturing Enterprises. *Journal of Operations Management*, 22 (3), 265–289.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. (2007). Initiatives and Outcomes of Green Supply Chain Management Implementation by Chinese Manufacturers. *Journal of Environmental Management*, 85 (1), 179–189.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. (2008a). Confirmation of a Measurement Model for Green Supply Chain Management Practices Implementation. *International Journal of Production Economics*, 111 (2), 261–273.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. (2008b). Green Supply Chain Management Implications for “Closing the Loop”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44, 1–18.
- Ziółkowski, B. (2013). The World Trends in Eco-Innovation Assessment. *Modern Management Review*, 18 (20), 153-162.
- Zsidisin, G. A., & Siferd, S. P. (2001). Environmental Purchasing: A Framework for Theory Development. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7 (1), 61–73.

## **APÊNDICE I**

### **FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO EM PARTICIPAÇÃO NO PROJETO E PESQUISA PRÓ-ESTRATÉGIA**

Prezado(a) senhor(a) participante, iniciamos agradecendo sua disposição em contribuir com o desenvolvimento da pesquisa acadêmica e do conhecimento.

Gostaríamos de convidá-lo(a) a colaborar na realização da pesquisa descrita neste formulário. Por favor, leia o texto que segue. Antes de tomar a decisão final sobre sua colaboração, não hesite em fazer à equipe de pesquisa todas as perguntas que julgar necessárias. Se o(a) senhor(a) aceitar participar da pesquisa, a equipe de pesquisa conservará consigo o original deste formulário assinado e lhe enviará uma cópia.

#### **Tema da pesquisa: VIABILIDADE ECONÔMICA DE TECNOLOGIA APLICADA A BIODIGESTORES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE EMPRESAS PROCESSADORAS DE MANDIOCA DO PARANÁ**

##### **Composição da equipe de pesquisa:**

- Alexandre Rodrigues da Silva, estudante do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade Nove de Julho – Uninove. Telefone (11) 97993-5629, (11) 98594-2919, e-mail: alex20031970@yahoo.com.br
- Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Brito Silva Cirani, ORIENTADORA, professora do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade Nove de Julho – Uninove, em São Paulo. Telefone (11) 3665-9342, e-mail: claudiacirani@uninove.com.br

##### **Descrição da pesquisa:**

Esta pesquisa, uma parceria entre o Governo Federal, a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, a UNINOVE – Universidade Nove de Julho e a Planotec Assessoria Agrônômica e Planejamento, tem o objetivo de avaliar os benefícios econômicos, sociais e ambientais da implantação de um biodigestor nas empresas processadoras de mandioca do Paraná. Para a realização deste trabalho, sua participação é de extrema importância. As respostas à pesquisa serão úteis, para evidenciar a viabilidade econômica do projeto de biodigestor para o desenvolvimento sustentável. A participação no projeto de pesquisa não implica em nenhum custo ou quaisquer tipos de dispêndios financeiros para vossa empresa. Ressaltamos também o caráter sigiloso quanto às respostas e informações do projeto, os quais se destinam, exclusivamente, a fins científicos. Terão acesso aos dados somente os integrantes do grupo de pesquisa. Consideramos importante poder identificar em nossas pesquisas o nome de sua empresa, porém apenas para análise de dados internos do projeto. Quanto à divulgação do trabalho final ou de qualquer resultado, haverá sigilo absoluto, não constando razão social, nome fantasia ou marca em hipótese alguma. Assumimos

formalmente esse compromisso. Não hesite em entrar em contato diretamente conosco sobre toda e qualquer questão a respeito desta pesquisa. Muito obrigado!

O acesso ao preenchimento das respostas será via preenchimento de questionário. Apenas as pessoas da equipe de pesquisa terão acesso às respostas do questionário. As respostas da pesquisa serão mantidas em local seguro.

Mstdo. Alexandre Rodrigues da Silva (Orientando)  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Brito Silva Cirani (Orientadora)

**Consentimento a assinar:**

**Participação em entrevista/questionário**

Após ter lido e entendido o texto precedente e ter tido a oportunidade de receber informações complementares sobre o estudo, eu aceito, de livre e espontânea vontade, participar da(s) entrevista(s) de coleta de dados para esta pesquisa sobre tema acima descrito. Eu sei que eu posso me recusar a responder a uma ou outra das questões se eu assim decidir.

**Local e Data:**

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo do Entrevistado: \_\_\_\_\_

Nome do Entrevistado \_\_\_\_\_

Entrevistador(es)

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE II****ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA**

1. Cargo do Entrevistado

---

2. Endereço de e-mail do Entrevistado

---

3. O porte da empresa é:

Escolha apenas uma opção

- ( ) Micro empresa – até 19 funcionários  
( ) Pequena empresa – 20 a 99 funcionários  
( ) Média empresa – 100 a 499 funcionários  
( ) Grande empresa – mais de 500 funcionários

4. Sua empresa é:

- ( ) Independente      ( ) Parte de um grupo

5. A gestão da empresa é:

Escolha apenas uma opção

- ( ) Familiar      ( ) Não familiar

6. Sua empresa exporta?

- ( ) Sim      ( ) Não

7. Antes da implantação do biodigestor:

7.1. Qual era a quantidade total mensal (em kg) de lenha utilizada por mês?

---

7.2. Qual era a quantidade total mensal (em R\$) de lenha utilizada por mês?

---

7.3. Qual era a quantidade total mensal (em kg) de mandioca utilizada por mês?

---

8. Depois da implantação do biodigestor:

8.1. Qual é a quantidade total mensal (em m<sup>3</sup>) de biogás utilizada por mês?

---

8.2. Qual é a quantidade total mensal (em kg) de material orgânico residual de mandioca utilizada por mês?

---

8.3. Qual é a quantidade total mensal (em kg) de mandioca moída secada por mês?

---

9. Qual o valor da Receita Bruta Mensal?

---

10. Qual o valor da Despesa Bruta Mensal (descontado o gasto com lenha)?

---

11. Qual o valor total do gasto com a eco-inovação (biodigestor)?

---

12. Quais foram os benefícios obtidos com a implementação do biodigestor:

(Selecione um ou mais benefícios)

- ( ) a) Redução da emissão de gases causadores do efeito estufa (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, etc.)
- ( ) b) Redução no consumo de água
- ( ) c) Redução na queima de lenha
- ( ) d) Redução de odores decorrentes do processo produtivo
- ( ) e) Redução no consumo de fertilizantes com o uso de biofertilizante proveniente dos material orgânico residual de mandioca
- ( ) f) Aumento da Produção
- ( ) g) Não houve nenhum benefício observado

13. Como ocorre o processo produtivo do derivado da mandioca em sua empresa?

---

## ANEXO I

### **Pesquisa sobre Eco-inovação em Fecularias, Farinheiras e Amidonarias**

Esta pesquisa tem como objetivo apoiar a investigação sobre a influência das práticas de eco-inovação sobre o desempenho do negócio. Eco-inovação consiste em processos novos ou modificados, técnicas, práticas, sistemas e produtos para evitar ou reduzir os danos ambientais, de que forma eles afetam o desempenho do negócio e promovem o desenvolvimento sustentável.

Os dados serão utilizados unicamente para fins científicos e, portanto, tratados sempre genericamente referindo-se ao setor como um todo, jamais se referindo a uma empresa específica. Não iremos identificar sua empresa com nenhuma informação que transparea suas respostas, dados ou opiniões.

Agradecemos sua participação e estamos solicitando seu e-mail para o encaminhamento dos principais resultados da pesquisa.

Atenciosamente,

Mestrando: Alexandre Rodrigues da Silva - Contato: alex20031970@yahoo.com.br

Orientadora: Prof. Dra. Claudia Brito Silva Cirani – Contato: claudiacirani@uninove.br

Telefone contato para confirmação de dados: (11) 97993-5629 (11) 98594-2919

### PRÁTICAS DE ECO-INOVAÇÃO

Por favor, use a escala abaixo para classificar o grau de ocorrência de cada item contemplado na sua empresa.

(Em uma escala de cinco pontos de discordo totalmente, discordo parcialmente, não concordo/nem discordo, concordo parcialmente e concordo totalmente)

1. Até que ponto a sua empresa se envolveu em práticas de colaboração ambiental com seus fornecedores desde a implantação do biodigestor? (Consiste na interação entre a empresa e seus fornecedores relativos à planejamento e conhecimento ambiental compartilhado)

( ) discordo totalmente    ( ) discordo parcialmente    ( ) não concordo / nem discordo

( ) concordo parcialmente    ( ) concordo totalmente

2. Até que ponto a sua empresa se envolveu em práticas de colaboração ambiental com seus clientes desde a implantação do biodigestor? (Consiste na realização conjunta de planejamento

para antecipar e resolver os problemas ambientais relacionados com, por exemplo, a tomada de decisões conjuntas sobre maneiras de reduzir o impacto ambiental do produto)

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

3. Até que ponto a sua empresa se envolveu em práticas de compras verdes com seus parceiros da cadeia de suprimentos desde a implantação do biodigestor? (Consiste na seleção e aquisição de produtos e serviços que minimizem os impactos ambientais negativos sobre o seu ciclo de vida de produção, transporte, utilização, reciclagem ou eliminação)

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

4. Até que ponto a sua empresa se envolveu em práticas de logística reversa com os seus parceiros desde a implantação do biodigestor? (Consiste no processo de planejamento, implementação e controle do custo efetivo, do fluxo eficiente de matérias-primas, estoque, produtos acabados e informações relacionadas à coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação)

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

5. Até que ponto a sua empresa desenvolveu projetos de design verde para o lançamento de novos eco-produtos desde a implantação do biodigestor? (Consiste em projetos que incorporem atributos, ambientalmente preferíveis, de reciclagem, desmontagem, manutenção e reutilização)

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

6. Até que ponto a sua empresa utilizou Sistemas de Gestão Ambiental desde a implantação do biodigestor? (Por exemplo, ISO 14001, Gestão da Qualidade Ambiental Total – GQAT, etc.)

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

7. Até que ponto a sua empresa se envolveu em inovação periódica de processos de produção desde a implantação do biodigestor?

☐ discordo totalmente    ☐ discordo parcialmente    ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente    ☐ concordo totalmente

8. Até que ponto a sua empresa se empenhou no desenvolvimento de novos Eco-produtos desde a implantação do biodigestor? (Consiste em lançamento de produtos verdes para o mercado que permitem a economia de energia, reciclagem de resíduos e redução de toxicidade)

☐ discordo totalmente   ☐ discordo parcialmente   ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente   ☐ concordo totalmente

## MEDIDAS DE DESEMPENHO

Por favor, use a escala abaixo para classificar o grau de ocorrência de cada item contemplado na sua empresa.

(Em uma escala de cinco pontos de discordo totalmente, discordo parcialmente, não concordo/nem discordo, concordo parcialmente e concordo totalmente)

1. Até que ponto a sua empresa reduziu o custo total do seu produto desde a implantação do biodigestor? (Custo total do produto representa a soma de todos os custos fixos e variáveis associados à produção, armazenamento e entrega do produto final)

☐ discordo totalmente   ☐ discordo parcialmente   ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente   ☐ concordo totalmente

2. Até que ponto a sua empresa reduziu o custo ambiental desde a implantação do biodigestor? (Os custos ambientais são os custos que servem para prevenir, reduzir ou recuperar danos que as organizações tenham causado ou sejam susceptíveis de causar ao meio ambiente, como resultado de suas atividades)

☐ discordo totalmente   ☐ discordo parcialmente   ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente   ☐ concordo totalmente

3. Até que ponto a sua empresa reduziu o custo de materiais desde a implantação do biodigestor? (Custo de materiais representa o custo de todos os materiais comprados ou obtidos a partir de outras fontes como matérias-primas, processamento de materiais ou peças e bens pré-fabricados)

☐ discordo totalmente   ☐ discordo parcialmente   ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente   ☐ concordo totalmente

4. Até que ponto a sua empresa aumentou o volume de vendas desde a implantação do biodigestor? (Volume de vendas representa a quantidade ou o número de produtos ou serviços vendidos nas operações normais de uma empresa em um determinado período)

☐ discordo totalmente   ☐ discordo parcialmente   ☐ não concordo / nem discordo



☐ concordo parcialmente ☐ concordo totalmente

5. Até que ponto a sua empresa melhorou o fluxo de caixa desde a implantação do biodigestor? (Fluxo de caixa representa valores recebidos ou gastos por uma empresa durante um período de tempo definido, algumas vezes ligado a um projeto específico)

☐ discordo totalmente ☐ discordo parcialmente ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente ☐ concordo totalmente

6. Até que ponto a sua empresa reduziu o consumo de energia desde a implantação do biodigestor? (Representa a soma total de energia consumida.)

☐ discordo totalmente ☐ discordo parcialmente ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente ☐ concordo totalmente

7. Até que ponto a sua empresa reduziu os resíduos do negócio desde a implantação do biodigestor? (Resíduos que vêm das atividades do negócio da empresa (quantidade de fluxo total de sucata ou a percentagem de materiais remanufaturados)

☐ discordo totalmente ☐ discordo parcialmente ☐ não concordo / nem discordo

☐ concordo parcialmente ☐ concordo totalmente

Fonte: Adaptado de Azevedo et al. (2012)

## GESTÃO VERDE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

1. Desde a implantação do biodigestor, a empresa tomou ações ambientais nas seguintes áreas

(Em uma escala de quatro pontos de discordo totalmente, discordo, concordo, concordo totalmente)

1.1 Escolheu matérias-primas favoráveis ao meio ambiente

☐ discordo totalmente ☐ discordo ☐ concordo ☐ concordo totalmente

1.2 Substituiu materiais questionáveis (que causam impacto ambiental)

☐ discordo totalmente ☐ discordo ☐ concordo ☐ concordo totalmente

1.3 Escolheu fornecedor(es) por critérios ambientais

☐ discordo totalmente ☐ discordo ☐ concordo ☐ concordo totalmente

1.4 Pressionou fornecedor(es) a tomar medidas ambientais

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.5 Considerou critérios ambientais

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.6 Considerou o design

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.7 Otimizou processos para reduzir os resíduos sólidos

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.8 Otimizou processos para reduzir o uso de água

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.9 Otimizou processos para reduzir as emissões atmosféricas

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.10 Otimizou processos para reduzir o ruído

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.11 Utilizou processos de tecnologia mais limpa para fazer economia (energia, água, resíduos)

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.12 Reciclou materiais internos para a empresa

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.13 Utilizou resíduos de outras empresas

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.14 Usou fontes alternativas de energia

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.15 Ajudou fornecedor(es) para estabelecer o seu próprio Sistema de Gestão Ambiental

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.16 Recuperou produtos de “fim de vida” da empresa

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.17 Adquiriu Rótulo Ecológico

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.18 Melhorou as embalagens dos produtos para reduzir o impacto ambiental

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.19 Recolheu de volta as embalagens

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.20 Forneceu aos consumidores informações sobre os produtos e/ou métodos de produção amigos do ambiente

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

1.21 Modificou o transporte de materiais/produtos para reduzir o impacto ambiental

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2. Desde a implantação do biodigestor e com a implementação de melhores práticas de gestão, benefícios específicos foram obtidos em cada uma das seguintes categorias

(Em uma escala de quatro pontos de discordo totalmente, discordo, concordo, concordo totalmente)

2.1 Aumentou a eficiência

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2.2 Melhorou a qualidade

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2.3 Melhorou a produtividade

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2.4 Novas oportunidades de mercado

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2.5 Redução de custos

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

2.6 Melhorou a imagem corporativa

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.7 Redução de resíduos sólidos / líquidos

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.8 Redução de emissões

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.9 Reciclagem

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.10 Tendência de uma melhora ambiental

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.11 Aumento do preço do produto

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.12 Aumento da margem de lucro

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.13 Aumento do compromisso social

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.14 Aumento das Vendas

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.15 Aumento da quota de mercado

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

### 2.16 Preservação do meio ambiente

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3. Desde a implantação do biodigestor, na gestão verde da cadeia produtiva a empresa tomou medidas nas seguintes áreas no que diz respeito aos fornecedores

(Em uma escala de quatro pontos de discordo totalmente, discordo, concordo, concordo totalmente)

### 3.1 Realizou seminários de sensibilização para fornecedores / empreiteiros

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.2 Orientou fornecedores para estabelecer seus próprios programas ambientais

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.3 Reuniu fornecedores do mesmo setor para compartilhar seu know-how e problemas

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.4 Informou os fornecedores sobre os benefícios da produção e tecnologias mais limpas

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.5 Pressionou fornecedores a tomar medidas ambientais

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.6 Escolheu fornecedores por critérios ambientais

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.7 Organizou fundos para ajudar fornecedores a comprar equipamentos para a prevenção da poluição, reciclagem de águas residuais, etc.

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

3.8 Enviou auditores da empresa para avaliar o desempenho ambiental de fornecedores

( ) discordo totalmente ( ) discordo ( ) concordo ( ) concordo totalmente

Fonte: Adaptado de Rao & Holt (2005)