

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

MESTRADO EM TECNOLOGIA

ANTONIO SÉRGIO BREJÃO

POSSÍVEL IMPACTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA MELHORIA DA  
SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR  
ELETROELETRÔNICO.

SÃO PAULO

JUNHO/2012

ANTONIO SÉRGIO BREJÃO

POSSÍVEL IMPACTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA MELHORIA DA SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR ELETROELETRÔNICO.

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pereira da Silva.

SÃO PAULO

JUNHO/2012

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA  
FATEC-SP / CEETEPS

B835p Brejão, Antonio Sérgio  
Possível impacto da logística reversa na melhoria da sustentabilidade: um estudo de caso do setor eletroeletrônico / Antonio Sérgio Brejão. – São Paulo : CEETEPS, 2012.  
148 f. : il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lucia Pereira da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2012.

1. Sustentabilidade. 2. Stakeholder. 3. Logística reversa. 4. Equipamento eletroeletrônico. 5. Co-produto. I. Silva, Maria Lucia Pereira da. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

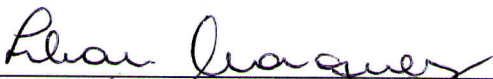
ANTONIO SÉRGIO BREJÃO

POSSÍVEL IMPACTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA MELHORIA  
DA SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR  
ELETROELETRÔNICO



---

PROFA. DRA. MARIA LÚCIA PEREIRA DA SILVA



---

PROFA. DRA. LILIAN SILVA



---

PROF. DR. FRANCISCO TADEU DEGASPERI

São Paulo, 25 de junho de 2012

## **Dedicatória**

À mulher da minha vida, Silvia, esposa que com ternura e paciência compreendeu meus objetivos me dando apoio e incentivos do começo ao fim deste estudo.

Ao meu filho e grande incentivador, Leandro, que compreendeu as tantas vezes que lhe disse não, pois estive focado neste trabalho.

Aos meus pais Antônio e Nair, meus alicerces que com educação, orientação e paciência me mostraram o quanto importante é ter uma família unida.

## **Agradecimentos**

Primeiramente ao Senhor meu DEUS que é Pai e Criador, que pela sua misericórdia me concedeu o dom da vida na qual espera de mim que eu haja de acordo com seus mandamentos e permitiu que eu chegasse ao fim deste estudo com saúde e alegria.

À professora Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pereira da Silva, a qual hoje tomo a liberdade de considerá-la como uma grande amiga que com paciência, profissionalismo e dedicação fez-me entender e compreender o quão é importante o estudo, a pesquisa, a perseverança e a fé.

Aos professores/as do Centro Paula Souza que ao longo do curso enriqueceram meus conhecimentos, colaborando com a realização de meu ideal.

Às Empresas em estudo e seus colaboradores pelo apoio e presteza nas informações que contribuíram muito para o meu aprendizado e para o desenvolvimento e a conclusão desta pesquisa.

Aos funcionários do Centro Paula Souza que com presteza e dedicação sempre estiveram prontos em minhas dúvidas e solicitações.

Ao Laboratório de MCC da FATEC São Paulo e seus professores pelas análises das amostras.

Aos meus colegas de classe, pelos calorosos debates que enriqueceram muito meu aprendizado.

Aos amigos (as): Viviane, Elpídio, Eni, Luiz, Maíra, Laércio e Arquimedes que contribuíram com informações relevantes ao desenvolvimento deste estudo.

## RESUMO

**BREJÃO, A.S. POSSÍVEL IMPACTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA MELHORIA DA SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR ELETROELETRÔNICO.** 148f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2012.

O objetivo desse trabalho de pesquisa foi analisar a importância do processo reverso de materiais do segmento eletroeletrônicos propondo assim reduzir seu impacto ao meio ambiente, tornando o processo industrial mais sustentável e\ou um ciclo fechado. Também se teve por foco a reutilização desses materiais coletados e recuperados para produção de novos produtos bem como para co-processamento.

A metodologia envolveu o estudo do fluxo de produção e a avaliação de processos de produção. Deste modo, efetuou-se uma pesquisa de campo com 329 consumidores sobre seus conhecimentos e costumes referentes ao uso e descarte de equipamentos eletroeletrônicos, seguida de um estudo de caso aplicado à uma empresa de semicondutores, bem como o posicionamento de uma empresa de reciclagem e de entidades de classe setorial, ou seja, a maioria dos *Stakeholders* envolvidos no produto e processo.

Através de conceitos, legislações e de estudo de campo, a pesquisa ocorreu no Estado de São Paulo com a intenção de propor a adoção de uma estratégia de fluxo reverso e de co-processamento de resíduos e de equipamentos eletroeletrônicos. Percebeu-se que no âmbito tecnológico, legal e econômico, há a falta de sincronismo e de conhecimento da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos - (PNRS) no país. Há um nicho bastante importante para a logística reversa, que é o de eletrônicos pequenos. Esses produtos acabam sendo doados, armazenados ou descartados indevidamente, mas poderiam ser remanufaturados ou enviados para co-processamento se houvesse capacitação de catadores informais. Quanto a processos a simbiose industrial é fundamental para garantir o fechamento de ciclos.

Palavras-chave: Sustentabilidade, *Stakeholder*, Logística Reversa, Resíduo, Equipamento Eletroeletrônico, Co-produto.

## ABSTRACT

BREJÃO, A. S. **POSSIBLE IMPACT OF REVERSE LOGISTICS IN IMPROVING SUSTAINABILITY: A CASE STUDY OF ELECTRONICS SECTOR.** 148f. Dissertation (Master of Technology: Management, Development and Training) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2012.

The objective of this work was to analyze the importance of reverse material process on the electronic sector aiming environmental impact reduction, i.e., turning the industrial process more sustainable and/or in closed cycle. Another aim was recovering and reusing of such materials in order to obtain new products and co-processing as well.

The methodology uses production and process flow evaluation. The field research analyzed 329 consumers regarding their knowledge, habits, use and discharge of electronic equipment. It was also evaluated some enterprises on semiconductor and recycling field. Moreover, representatives of production sector, NGO, etc. were also addressed; which means most of stakeholders involved on electronic sector, in product or in process activities, were evaluated.

The research considered on São Paulo state and was able to provide some insights and strategies on reverse flow for residue management and electronic equipment processing. Considering technological, legal and economic aspects, there are low synchronicity and knowledge of (PNRS). However, there is a highly important niche to reverse logistic, which is small electronics. These products are commonly donated, storage or discharged improperly, but could be remanufactured or sent to co-processing if some informal sector employees were trained. For processes field, industrial symbiosis plays an important role in order to assure closed cycle production.

**Keywords:** Sustainability, Stakeholder, Reverse Logistics, Waste, Electronic equipment, Co-product.

## Lista de Figuras

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Gráfico de Ishikawa da produção no setor eletroeletrônico	20
<b>Figura 2:</b> Produção Mais Limpa com seus elementos essenciais	40
<b>Figura 3:</b> Fluxograma de Processo de Produção Mais Limpa	42
<b>Figura 4:</b> Programa de prevenção à poluição	43
<b>Figura 5:</b> Proposta para Avaliação Ambiental	44
<b>Figura 6:</b> Indicadores para a sustentabilidade empresarial	45
<b>Figura 7:</b> Fatores que podem limitar o sucesso do projeto	48
<b>Figura 8:</b> Sequência lógica das etapas ou estágios de análise, planejamento, execução e conclusão do projeto	49
<b>Figura 9:</b> O ciclo PDCA	50
<b>Figura 10:</b> Gráfico de Ishikawa da produção no setor eletroeletrônico	53
<b>Figura 11:</b> Política de Resíduos Sólidos no Brasil	60
<b>Figura 12:</b> Esquema da Gestão Compartilhada para (REEE)	61
<b>Figura 13:</b> Idade e nível de escolaridade dos entrevistados	71
<b>Figura 14:</b> Fluxograma adaptado dos processos úmidos da Empresa X em estudo	93
<b>Figura 15 (a):</b> Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 35 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s	98
<b>Figura 16 (a):</b> Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 3500 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação considerando a admissão com distribuição homogênea no topo do reator. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s	99
<b>Figura 17:</b> Perfil vetorial de velocidades, em duas perspectivas, do escoamento do fluido no reator quando a admissão, de 25 cm/s, ocorre lateralmente	99
<b>Figura 18 (a):</b> Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 300 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação considerando a admissão com distribuição lateral. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s	101
<b>Figura 19:</b> Esquema para a nova configuração do sistema de tratamento de efluentes	101
<b>Figura 20:</b> Protótipo finalizado	104
<b>Figura 21 (a):</b> Adição manual de solução de Azul de Metileno ao misturador; (b) vórtices – indicados pelo traçador - no reator pelo enchimento utilizando a entrada central e (c) linhas de velocidade obtidas por simulação	105
<b>Figura 22 (a):</b> Adição de água ao misturador preenchendo-o até a marca de 1340 ml	106
<b>Figura 22 (b):</b> Adição de traçador - solução aquosa de azul de metileno - ao misturador e a completa mistura	106
<b>Figura 22 (c):</b> Transferência da solução “água e azul de metileno” do misturador ao reator 1, fazendo uso do tubo distribuidor	106
<b>Figura 22 (d):</b> Transferência da solução “água e azul de metileno” do reator 1 para o reator 2, fazendo-se novamente uso do tubo distribuidor	107
<b>Figura 22 (e):</b> Situação ideal para a transferência do reator 1 para o reator com uma saída a 6,2 cm da base interna do recipiente	107

<b>Figura 23 (a):</b> Início do processo, misturador já possui uma carga de água residuária e a mistura é transportada deste para o reator 1 com uso do distribuidor	108
<b>Figura 23 (b):</b> Início do transporte, não é possível notar nenhuma perturbação no líquido presente no reator 1	109
<b>Figura 23 (c):</b> Ao final do processo de transporte ainda há “líquido branco” (dispersão formada com cloreto de alumínio e óxido de cálcio) ao fundo do reator	109
<b>Figura 23 (d):</b> perfil de velocidade obtido por simulação na condição de uso do protótipo	110
<b>Figura 23 (e):</b> A precipitação ocorre abaixo do valor estipulado para a remoção da água para reciclagem (5 minutos)	110
<b>Figura 24 (a):</b> Início do processo de adição de água residuária ao reator 1 sem a utilização do tubo distribuidor	111
<b>Figura 24 (b):</b> Final do transporte da água residuária para o reator 1	111
<b>Figura 24 (c):</b> Situação do material decantado no reator 1 após 5 minutos da inserção da água residuária	111
<b>Figura 25:</b> Fotos típicas do pó de silício presente na água residuária após a secagem em estufa	113
<b>Figura 26:</b> Fotos obtidas por microscopia após aquecimento das partículas em temperaturas de 300°C, 500°C, 700°C e 1300°C. Os traços na escala correspondem a 1 mm	114
<b>Figura 27:</b> Microscopia óptica de argamassa produzida com (a) água ou (b) água residuária	115
<b>Figura 28:</b> BSC - Modificado - Perspectivas (pessoas→processos→clientes→finanças) de forma sincronizada para obtenção do resultado proposto no início do projeto	119
<b>Figura 29:</b> Método de solução de problemas	120
<b>Figura 30 (a):</b> Planilhas de Simulação: Indicadores (Antes e Pós-Implementação do Projeto T.E.1)	121, 122
<b>Figura 30 (b):</b> Análise das necessidades, das dificuldades e os responsáveis pela implementação e gerenciamento do projeto	122

## Lista de Tabelas

	Pág.
<b>Tabela 1:</b> Presença de Produtos Eletrônicos nos Domicílios Brasileiros	58
<b>Tabela 2:</b> Distribuição de moradores por residência no Brasil em 2009	59
<b>Tabela 3:</b> Distribuição demográfica em 2010	59
<b>Tabela 4:</b> Faturamento total por área de produção no setor eletroeletrônico	66
<b>Tabela 5:</b> Exportações de Produtos do Setor - 1º Semestre/2011	66
<b>Tabela 6:</b> Produtos mais exportados - 1º Semestre/2011 (US\$ milhões)	67
<b>Tabela 7:</b> Importações de Produtos do Setor - 1º Semestre/2011	67
<b>Tabela 8:</b> Produtos mais importados - 1º Semestre/2011	67
<b>Tabela 9:</b> Projeções para a Indústria Elétrica e Eletrônica – Ano 2012	68
<b>Tabela 10:</b> Número de pessoas que vivem com os entrevistados	72
<b>Tabela 11:</b> Idade das pessoas que vivem com os entrevistados	72
<b>Tabela 12:</b> Equipamentos eletrônicos presentes nas casas	73
<b>Tabela 13:</b> Respostas para a questão: Com que frequência você troca estes equipamentos por equipamentos novos	74
<b>Tabela 14:</b> Como os entrevistados descartam os equipamentos substituídos	74
<b>Tabela 15:</b> Respostas para a pergunta sobre o uso de manual de instruções	75
<b>Tabela 16:</b> Respostas sobre a compreensão do manual de instruções	75
<b>Tabela 17:</b> Respostas sobre a função do vendedor no ato da compra	76
<b>Tabela 18:</b> Respostas sobre educação ambiental	76
<b>Tabela 19:</b> Respostas sobre conscientização ambiental	77
<b>Tabela 20:</b> Respostas sobre conscientização sobre saúde e meio ambiente	77
<b>Tabela 21:</b> Respostas sobre descarte de produto eletrônico	78
<b>Tabela 22:</b> Respostas sobre postos de coleta	78
<b>Tabela 23:</b> Respostas sobre o posto de reciclagem	78
<b>Tabela 24:</b> Respostas sobre implantação de postos de reciclagem	79
<b>Tabela 25:</b> Respostas sobre o uso do posto de reciclagem	79
<b>Tabela 26:</b> Respostas sobre conhecimento das leis de descarte	79
<b>Tabela 27:</b> Opiniões e/ou sugestões dos entrevistados	80
<b>Tabela 28:</b> Resumo da coleta de Ecopontos pela Prefeitura de São Paulo	82
<b>Tabela 29:</b> Lista de material necessário para a construção do protótipo e de reagentes utilizados para a avaliação do comportamento fluídico.	103, 104
<b>Tabela 30:</b> Composição em Massa	113
<b>Tabela 31:</b> Massa do pó presente na água residuária após aquecimento	115
<b>Tabela 32:</b> Execução: Avaliando os Aspectos de Projeto	120

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica  
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais  
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida  
Al – Alumínio  
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações  
Art. – Artigo  
BSC – *Balanced Scorecard*  
BNDS – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
Ca – Cálculo  
CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável  
CI's – Circuitos Integrados  
CM/S – Centímetros por Segundo  
CNI – Confederação Nacional da Indústria  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DI – Água Deionizada  
DVD – *Digital Versatile Disk* (disco digital versátil)  
EEE – Equipamentos Eletroeletrônicos  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
ELETROS – Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos  
EP3 – Programa de Prevenção de Poluição  
ETE – Estação de Tratamento de Efluente  
FEMLAB – *Software* de Simulação  
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo  
GB – *Giga Bite*  
GHz – *Giga Hertz*  
GTA – Grupo Técnico de Assessoramento  
GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica  
GTT – Grupo de Trabalho Temático  
GREEE – Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
LR – Logística Reversa

ML – Mililitros

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MDIC – Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior

Na – Sódio

ONU – Organização das Nações Unidas

ONUDI – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

P.A. – Para Análise

PDCA – Planejar, Executar, Averiguar e Ação

PERS – Política Estadual de Resíduos Sólidos

PC's – *Personal Computer*

PCI – Placa de Circuito Impresso

P2 – Prevenção de Poluição

P+L – Produção Mais Limpa

PMI – *Project Management Institute*

PNB – Produto Nacional Bruto

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PPM – Parte por milhão

RAM – Tipo de Memória de um Computador

REEE – Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Si – Silício

SMA – Secretaria de Meio Ambiente

SMT – *Surface Mounting Technology*

T.E.1 – Tratamento de Efluente 1

UNEP – *United Nations Environment Program* (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)

WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development* (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável)

WEEE – *Waste Electrical and Electronic Equipment*

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>1 - OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. Objetivo geral: .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. Objetivos específicos: .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Justificativas: .....</b>	<b>23</b>
<b>2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Gestão Logística e de Suprimentos: .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Função e Objetivo da Logística: .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3. Gestão de Suprimentos: .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4. Suprimentos e Seu Significado Para as Empresas: .....</b>	<b>30</b>
<b>2.5. Processo de Aquisição: .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6. Gestão de Transporte: .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7. Logística Reversa:.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8. Meio Ambiente:.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8.1. Dos Aspectos e Impactos Ambientais: .....</b>	<b>36</b>
<b>2.8.2. Produção Mais Limpa – (P+L):.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9. Processos de Produção: .....</b>	<b>46</b>
<b>2.9.1. Gerenciamento de Projetos: .....</b>	<b>47</b>
<b>2.9.2. Plano de Melhoria Contínua (PDCA):.....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.3. <i>Balanced Scorecard</i> – (BSC): .....</b>	<b>50</b>

<b>3 - METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1. Descrição Simplificada do Setor sob Estudo (Cadeia de Produção): .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2. Descrição dos Pontos Críticos do Setor: .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. Abordagem Utilizada para Atingir os Objetivos: .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4. Ferramentas Metodológicas: .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5. Materiais Utilizados: .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6. Descrição do Setor, Condições de Contorno: .....</b>	<b>57</b>
<b>3.7. Consumo de alguns tipos de Equipamentos Eletrônicos no Brasil: .....</b>	<b>58</b>
<b>3.8. Análise Macro-Setorial do Segmento de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil: .....</b>	<b>59</b>
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1. Análise dos Impactos pelo Aspecto do Produto: .....</b>	<b>70</b>
<b>4.1.1. Stakeholders: Consumidores:.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1.1.1. Análise dos Resultados para o Comportamento dos Consumidores: .....</b>	<b>73</b>
<b>4.1.1.2. Conclusão Parcial: .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1.2. Stakeholder: Reciclador: .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.2.1. Análise da Coleta de Resíduos no Âmbito Municipal - Prefeitura de São Paulo: .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.3. Stakeholder: Representação de Classes e Produtores: .....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.3.1. Análise Setorial no Âmbito da Representação de Classes dos (EEE's):.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.3.2. Análise Setorial no Âmbito do Fabricante de Linha Branca: .....</b>	<b>84</b>

<b>4.1.3.3. Análise no Âmbito do Representante da Indústria:</b> .....	<b>85</b>
<b>4.1.3.4. Análise no Âmbito do Setor de Limpeza Pública:</b> .....	<b>85</b>
<b>4.1.3.5. Análise no Âmbito de uma Empresa do Setor de Reciclagem:</b> .....	<b>86</b>
<b>4.1.3.6. Conclusão Parcial:</b> .....	<b>88</b>
<b>4.2. Análise dos Impactos pelo Aspecto do Processo em Estudo:</b> .....	<b>90</b>
<b>4.2.1. A Empresa sob Estudo:</b> .....	<b>92</b>
<b>4.2.1.1. Caracterização prévia da Empresa:</b> .....	<b>92</b>
<b>4.2.1.2. Caracterização dos Processos:</b> .....	<b>92</b>
<b>4.2.1.3. Levantamento de Opções de Prevenção de Uso e Descarte de Água:</b> .....	<b>94</b>
<b>4.2.1.4. Quanto ao Aspecto Produtor (a):</b> .....	<b>94</b>
<b>4.2.1.5. Pelo Aspecto dos Consumidores (b):</b> .....	<b>95</b>
<b>4.2.1.6. Considerando o Aspecto Reciclador (c):</b> .....	<b>95</b>
<b>4.2.1.6.1. Desenvolvimento de Ecossistemas (Reciclador (c)):</b> .....	<b>97</b>
<b>4.2.1.6.2. Construção de Protótipo para Testes da Otimização:</b> .....	<b>101</b>
<b>4.2.1.6.3. Testes da Otimização de Remoção de Pó de Silício, em Protótipo e em Planta Piloto:</b> .....	<b>104</b>
<b>4.2.1.6.4. Pó de Silício:</b> .....	<b>112</b>
<b>4.2.1.6.5. Plano de Negócios:</b> .....	<b>116</b>
<b>4.3. Projeto de Implantação do Sistema de Prevenção de Poluição e Formação de Ciclo Denominado T.E. 1:</b> .....	<b>117</b>
<b>4.4. Conclusão Parcial:</b> .....	<b>123</b>

<b>5 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>126</b>
<b>Glossário de palavras .....</b>	<b>138</b>
<b>Glossário de conceitos .....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>142</b>
<b>Apêndice A – Questionário para avaliar se os consumidores possuem informações de como descartar seus equipamentos eletrônicos.....</b>	<b>143</b>
<b>Apêndice B – Questionário: Análise no Âmbito do Representante da Indústria:.....</b>	<b>145</b>
<b>Apêndice C – Questionário: Análise no Âmbito do Setor de Limpeza Pública.....</b>	<b>146</b>
<b>Apêndice D – Questionário: Análise no Âmbito de uma Empresa do Setor de Reciclagem .....</b>	<b>147</b>
<b>Apêndice E - Planilha de Resistência à Compressão do Cimento Ensaiado. ....</b>	<b>148</b>

## INTRODUÇÃO

O grande impacto ambiental provocado pelas atividades humanas e suas consequências deletérias levou, concomitantemente, a propostas de atuação para controle e/ou prevenção desses impactos globais. Esse é o caso da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), reunião ocorrida no Rio de Janeiro que legou ao mundo a Agenda 21 (AGENDA 21, 1992), importante documento que utiliza inúmeros conceitos, tais como desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, enquanto propõe novos modos de atuação para os setores produtivos, comunidades, governos, etc. Na Agenda 21 conceitos, como por exemplo, tecnologias limpas, são claramente citadas; além disso, a educação ambiental é abordada e considerada como primordial em todos os níveis de atuação humana, não só na área profissional.

Para se adequarem ao proposto pela Agenda 21, os diversos setores da sociedade se organizaram e propuseram, então, novos conceitos, ferramentas, tecnologias, etc. Dentro deste contexto, (MALHEIROS ET AL., 2008), por exemplo, avaliou os indicadores de desenvolvimento sustentável, propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (IBGE) inicialmente em 2002, comparando-os com os objetivos da Agenda 21. O autor avalia que a “construção de Agendas 21 no âmbito local, escolas, bairros e municípios, em espaços regionais, bacias hidrográficas, consórcios municipais, nos Estados e no âmbito nacional, pressupõem o estabelecimento de processo participativo, objetivos, compromissos, visão de futuro e indicadores de avaliação...”.

Assim, “apesar de amplos e bem fundamentados, os indicadores apresentados pelo (IBGE), em 2004, não conseguem encontrar adequado paralelo aos objetivos e metas da Agenda 21 brasileira, deixando importantes lacunas..., o que acabou por desconectar a estratégia construída por essa agenda para se alcançar um desenvolvimento sustentável e seus instrumentos de avaliação”.

Concluindo afinal que a Agenda 21, “como protocolo de intenções e, portanto, sem a obrigatoriedade da lei, deve possuir instrumentos específicos que facilitem que seja colocada em prática. É por meio da educação geral e mais especificamente da educação ambiental, que a sociedade terá condições de cobrar do poder público que propostas e objetivos da Agenda 21 brasileira virem realidade”.

Para o setor de transformação, vários conceitos tornaram-se paradigmas para a melhoria ambiental dos sistemas de produção. É o caso do termo ecoeficiência que, segundo (COSTA ET AL., 2012 p.3-28), surgiu inicialmente como uma estratégia corporativa, o qual evoluiu e ganhou contornos de princípio e filosofia de gestão ambiental empresarial passando, inclusive, a orientar políticas públicas ambientais e de desenvolvimento brasileiro, a exemplo da Política Nacional de Resíduos do Brasil. Ainda para esse autor, o conceito está intrinsecamente relacionado a desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, pois, a sustentabilidade é a meta a ser alcançada através de um processo, a do Desenvolvimento Sustentável. E por fim, a sustentabilidade, dentro desse quadro é suportada por outro conceito, o da Ecologia Industrial. Nesse caso, o termo ecossistema industrial se torna um marco. Assim, no ecossistema industrial o consumo de energia e materiais é otimizado e os efluentes e resíduos de um processo servem como matéria-prima para outros processos. A Ecologia Industrial - (EI) insere a indústria na lógica ecológica na qual sua sustentabilidade será avaliada a partir da minimização de recursos naturais e energéticos. Ao inserir os sistemas industriais na biosfera, ela passa a tratar do *design* dos produtos e dos processos industriais a partir dos fluxos de materiais e energéticos, do reuso e reciclagem e avalia as relações existentes das indústrias com os outros sistemas na empresa, entre empresas e em espaços regionais e nacionais.

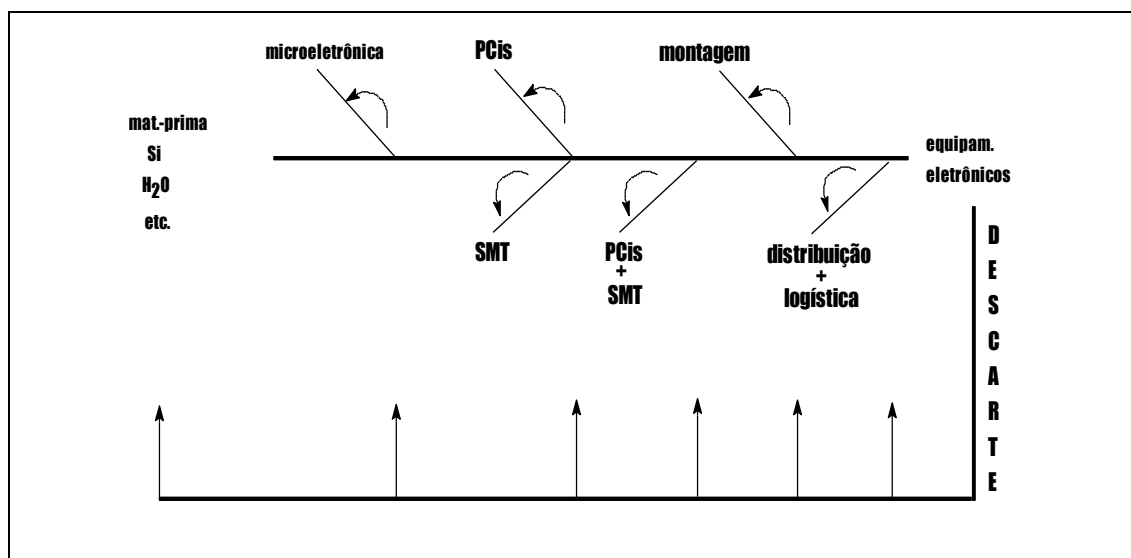
Porém, inseridos nesta lógica baseada no fluxo de matéria e energia em um ciclo fechado, se desenvolvem outros conceitos e técnicas, dentre eles, o de metabolismo e simbiose industrial, análises do ciclo de vida e de materiais, *design* para o ambiente (*ecodesign* ou *design for environment def*), a ecoeficiência e a produção mais limpa (PmaisL)<sup>1</sup>.

O conceito de Ecologia Industrial, atualmente, encontra-se altamente disseminado. Por exemplo, segundo (MACHADO, 2011) e (FARIAS, 2011), é fundamental no ensino da Química Verde, ou seja, está correlacionado à produção mais eficiente e menos impactante. Para o setor eletroeletrônico, seu uso foi facilitado pelas características do setor, tanto em grandes empresas quanto nas pequenas e médias (TOPORCOV, 2009) e (BORCHARDT ET AL., 2007).

---

<sup>1</sup> Devido ao grande número de conceitos utilizados nesse trabalho, estes serão listados não só em notas de rodapé como também em glossário.

O setor eletroeletrônico, nas últimas três décadas do século vinte (GAMEIRO, 2002) e (QUEIROZ, 2006), teve como particularidade a diminuição das emissões de resíduos durante o ciclo de produção, mesmo com o aumento expressivo do consumo de bens de alto valor agregado, isto é, bens intrinsecamente ligados à produção de produtos eletrônicos. Esse setor foi resumidamente descrito por (QUEIROZ, 2006), através de um gráfico de Ishikawa<sup>2</sup>, como apresentado na **Figura 1**. Muito embora essa figura seja posteriormente melhor descrita na Metodologia, o que aqui se pode observar ressaltado é a importância de silício e água no início e de logística e distribuição no final do fluxo de produção (linha horizontal). Além disso, o descarte deve privilegiar se possível, a reciclagem (linhas verticais ao fluxo de produção) próxima ao ponto de produção, ou mesmo internamente à produção (flechas internas às áreas de produção, por exemplo, em *surface mounting technology* – (SMT), Placa de Circuito Impresso – (PCI), etc.).



**Figura 1: Gráfico de Ishikawa da produção no setor eletroeletrônico.** Fonte: (QUEIROZ: 2006)

<sup>2</sup> Os diagramas de Ishikawa são úteis como ferramentas sistemáticas para encontrar, classificar e documentar as causas da variação da qualidade na produção e organizar a relação mútua entre eles. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Kaoru\\_Ishikawa](http://pt.wikipedia.org/wiki/Kaoru_Ishikawa) Acessado em 06 Jun. 2012.

Para abordar o fluxo de produção, (QUEIROZ, 2006), utilizou *softwares* de controle de processo para definir meios de reutilização de co-produtos<sup>3</sup>. Por outro lado, para implantar a reciclagem intra e entre empresas (ARBUCIAS, 2008), utilizou conceitos de Ecologia Industrial no âmbito estratégico de uma grande corporação. Neste último caso, a grande vantagem foi a formação de ciclos fechados de produção, externa ou internamente à empresa. Muito embora os dois trabalhos baseiam-se em estudos de caso, há uma grande diferença nas metodologias utilizadas uma vez que no primeiro trabalho o enfoque é em produto enquanto no segundo é em processo.

Por fim, o uso da Logística em conjunto com conceitos de Ecologia Industrial foi explorado por (LIMAD, 2010), que encontrou vantagens competitivas nessa abordagem, novamente por formação de ciclos fechados de produção, também neste caso, em uma grande empresa do setor eletroeletrônico. Neste trabalho, o principal conceito de logística que foi adequado à terminologia e ferramentas da Ecologia Industrial foi o de fluxo de materiais. Por sua vez, a análise do fluxo de materiais<sup>4</sup>, em conjunto com a ideia de simbiose industrial, foi utilizada por (PITTON, 2011) para propor melhoria de sustentabilidade no setor de plásticos. Nenhum dos autores, entretanto, avaliou seus resultados considerando o que é proposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos - (PNRS).

Portanto, há uma clara vantagem para a melhoria da Sustentabilidade no uso de conceitos de Logística e Ecologia Industrial, contudo, até onde o autor pôde verificar, tal abordagem não é aplicada para todo o ciclo de produção, com foco simultâneo no produto e no processo, como propõe este trabalho.

---

<sup>3</sup> Esse trabalho utiliza o conceito de co-produto como definido no trabalho de (QUEIROZ, 2006) ou seja, como uma adaptação do termo *non product*, comumente usado pela CERES. Assim, como definido por (QUEIROZ, 2006), o conceito de co-produto é “aquele material produzido involuntariamente, mas que pode ser reutilizado em outro ponto do processo (internamente à produção) ou mesmo em outro processo (externamente à produção).”.

<sup>4</sup> Segundo (PITTON, 2011) na área de logística, o fluxo de materiais “corresponde a avaliar como determinado produto flui na cadeia de produção” enquanto para a Ecologia Industrial “significa verificar como toda a matéria prima, intermediários de produção, produtos e co-produtos fluem pelos processos de produção. O retrato de como esses materiais são processados pelas atividades industriais é, então, denominado metabolismo industrial”. A simbiose industrial corresponde à “análise de como energia, subprodutos e co-produtos são trocados entre empresas, ou seja, o foco maior não é no produto principal de cada empresa, mas em sua interação com outros empreendimentos para a utilização de materiais que não estão contidos no fluxo de sua produção principal”.

## 1 - OBJETIVOS

As limitações e as vantagens da pesquisa são abordadas a seguir. Essa pesquisa dar-se-á apenas no Estado de São Paulo que, como grande pólo consumidor, fornece condições ideais para entender o final do ciclo dos produtos. A compreensão de fluxo reverso e de co-processamento de resíduos em equipamentos eletroeletrônicos é de grande interesse para empresas, população, governo, pois está ligado diretamente à questão da redução do impacto ambiental em um setor que apresenta crescimento expressivo há várias décadas.

A avaliação do produto, que normalmente ocorre por processos de auditoria da qualidade, análise de documentação, etc., permitiu verificar a existência de relações entre setores distintos e o de eletroeletrônicos (QUEIROZ, 2006). A avaliação dos processos, que normalmente utiliza metodologia de prevenção de poluição, etc., em uma grande empresa da área de eletroeletrônicos (ARBUCIAS, 2008) permitiu o reuso de materiais que antes eram catalogados como resíduos. Por fim, também considerando processos, mas adicionando auditoria pelo aspecto de Logística, foi possível a melhoria na utilização de recursos, além de reuso de materiais considerados fora de série, em um grande empreendimento da área eletrônica (LIMAD, 2010). Portanto, os objetivos deste trabalho são como descritos a seguir.

### 1.1. Objetivo geral:

Este estudo tem por finalidade avaliar a possibilidade do uso de alguns dos conceitos da Ecologia Industrial e da Logística no fluxo de produção de eletroeletrônicos (linha horizontal, na **Figura 1**) para a melhoria da sustentabilidade<sup>5</sup>. No presente caso, quanto à Ecologia Industrial, o principal conceito utilizado é o da simbiose industrial e o fluxo de materiais enquanto que para a Logística a principal conceituação é em relação à Logística Reversa.

---

<sup>5</sup> Este trabalho define Sustentabilidade de modo semelhante ao feito por: (LIMAD, 2010); (ARBUCIAS, 2008) e (QUEIROZ, 2006) isto é, “como a aplicação do conceito de Desenvolvimento Sustentável, ou seja, sua *praxis*, nos processos humanos”.

## 1.2. Objetivos específicos:

Pelo aspecto de produto: compreender onde a logística reversa tem maior impacto no setor eletroeletrônico para fechamento de ciclo, isto é, em que área pode-se atuar com maior ganho ambiental ou, em outras palavras, com melhoria da sustentabilidade.

Pelo foco em processo: avaliar quanto os processos podem ser adequados para favorecer a área que o estudo sobre logística reversa (item anterior) determinou como crítico.

## 1.3. Justificativas:

Para contextualizar os objetivos geral e específico deste trabalho, se faz necessário apresentar a importância da gestão logística nas operações de suprimentos, produção, movimentação, armazenagem e transporte.

Num cenário mais contemporâneo, o processo econômico no Brasil tem levado alguns especialistas a tratarem os aspectos da gestão logística como estratégia, para tornar as empresas nacionais mais competitivas. Essa estratégia aperfeiçoa o sistema de produção, propiciando às empresas maior competitividade, sustentabilidade e rentabilidade, mas, igualmente, cria a necessidade de um entrosamento entre a indústria, o comércio e os consumidores para identificar as responsabilidades de cada *stakeholder*<sup>6</sup>, o que, por consequência, passa por um processo de desenvolvimento de conduta e/ou atividades setoriais.

Observa-se que com o surgimento de novas tecnologias no setor de Equipamentos Eletroeletrônicos – (EEE), há uma reposição e migração natural para novos equipamentos. Porém, se faz igualmente necessária uma destinação adequada dos equipamentos obsoletos, pois a maioria desses equipamentos contém compostos dos mais variados níveis de toxicidade que, quando descartados de maneira indevida, podem gerar graves problemas ambientais e de saúde pública (LAVEZ; SOUZA e LEITE, 2011). Por outro lado, esses mesmos compostos, via de regra, têm alto valor agregado. Portanto, faz-se necessário desenvolver processos adequados de descarte de equipamentos eletroeletrônicos, propondo sua remanufatura e/ou

---

<sup>6</sup> *Stakeholders*, ou partes interessadas, são todos os envolvidos na questão sob análise. Essa abordagem multifacetada é fundamental na área ambiental, onde os interesses são complexos e os direitos são considerados difusos.

co-processamento de seus componentes bem como dos resíduos/co-produtos gerados após o processo produtivo (PEREZ, 2011).

Esta visão de uso e reuso está inserida na nova Política Nacional de Resíduos Sólidos – (PNRS) Lei 12.305/2010, pela qual todos os fabricantes e importadores de equipamentos eletroeletrônicos deverão destinar os já obsoletos, ou seja, os descartados, através da utilização da logística reversa. Assim, de acordo com a Lei 12.305 publicada em 02 de agosto de 2010 em seu artigo 3º inciso XII, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos “a logística reversa é um 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 final ambientalmente adequada”.

Com a implementação da referida Lei, as empresas devem enquadrar-se tecnicamente e gerencialmente. Tecnicamente, as empresas terão de adotar mecanismos de rastreabilidade de seus produtos. Já no aspecto gerencial o não enquadramento na Lei ocasionará perda de competitividade localmente e globalmente, pois como as questões ambientais vêm sendo tratadas como um diferencial na tomada de decisão quando da aquisição de produtos, supõem-se que as empresas arcarão com esta ingerência.

Neste contexto - o planejamento estratégico de manufatura – desenvolve-se cada vez mais uma consciência da importância da administração de produção e operações, devido a um reconhecimento do papel da manufatura para a posição da empresa perante seus concorrentes. Nos últimos anos, essa consciência acabou se cristalizando em um movimento que realça uma atividade vital dentro das organizações industriais: o planejamento racional das atividades de manufatura tendo em vista usá-la como uma arma competitiva (MOREIRA, 2002, p.13).

Para CORRÊA ET AL., (2011, p.102), podem-se classificar as prioridades competitivas e estratégicas de uma operação nos seguintes grupos gerais:

- Grupo relacionado a custo;
- Grupo relacionado à qualidade;
- Grupo relacionado à flexibilidade;
- Grupo relacionado à velocidade; e,
- Grupo relacionado à confiabilidade.

Gerenciar resíduos, bem como os produtos produzidos num fluxo que vai da cadeia de suprimentos até o pós-consumo proporciona um diferencial competitivo às empresas. Além disso, consumidores sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, mais informados sobre os impactos negativos do consumo de produtos fabricados por empresas que não respeitam as questões ambientais, provavelmente substituirão seus processos e produtos por outros afins, mesmo que o fator “preço” seja menos atrativo. Porém a lógica dessa mudança cultural será gradual na medida em que a Lei dos Resíduos Sólidos seja divulgada em massa e principalmente entendida pelos consumidores (MIGUEZ, 2007); (SANTOS, 2009) e (SOUZA, 2009).

SLACK (2009, p.218) observa que a distinção entre tecnologias de processamento de materiais, informações e clientes é feita somente por conveniência, uma vez que as tecnologias mais recentes, com capacidade de processamento maior de informação, processam combinações de materiais, pessoas e clientes. Logo, no que se refere à fabricação e revenda de equipamentos eletroeletrônicos, propõem-se uma estratégia para que as empresas que comercializam tais produtos os monitorem no pós-expedição e que, após sua vida útil, seja considerado como um co-produto e não mais como um resíduo descartável.

Com o avanço tecnológico, os equipamentos de modo geral, e os eletroeletrônicos em particular, são produzidos e processados em escala industrial e com alto grau de integração, inviabilizando o processo de remanufatura. O que se pretende, então, é a integração desses processos com a (PNRS) para que não haja uma dicotomia, e, sim, uma maior vida útil desses equipamentos o que, por consequência, poderá tanto beneficiar a cadeia produtiva como gerar um menor impacto ambiental durante o descarte.

Mesmo no que concerne ao desenvolvimento de novas tecnologias e processos produtivos, o foco é produzir mais com menos insumos, como preconizado pelo *World Business Council for Sustainable Development* – (WBCSD) e denominado ecoeficiência<sup>7</sup>. Este princípio exige uma interação entre meio-ambiente e a gestão logística, pois a cadeia produtiva precisa ser estudada do fornecedor até o pós-consumo, com o objetivo de se fechar o ciclo produtivo, diminuindo assim o impacto do volume de resíduos descartados. No contexto dos (EEE), a abrangência do termo “produzir mais com menos”, esbarra em algumas questões, como o que fazer com estes produtos após seu ciclo de vida.

---

<sup>7</sup> No Brasil, o WBCSD tem como representante o Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável – CEBDS. Ver, por exemplo, <http://cebds.org.br/publicacoes-cebds-ecoefficiencia/>

Segundo VALERIANO (1998, p.6), insumo é tudo aquilo que é fornecido ao processo para:

- Utilização;
- Transformação; e,
- Consumo.

Os insumos primários são transformados por um longo processo produtivo e os consumidores, sejam pessoas físicas ou jurídicas, por não conhecerem a complexidade desse sistema acabam descartando de maneira incorreta seus produtos – ou partes e peças - ao final da vida útil, quando uma boa parte desses resíduos poderiam ser reaproveitados. Exemplo emblemático foi obtido por (MORETTI, 2011), em relação a celulares. O autor conclui que, muito embora a maioria dos fabricantes informe o modo correto de descarte de baterias, não o faz quanto ao próprio aparelho. Assim, estudo com universitários paulistas demonstrou o mau uso dado aos celulares e baterias descartadas, e o conseqüente impacto ambiental, o que levou o autor a sugerir uma melhor comunicação ambiental por parte dos fabricantes.

Observa-se que há a necessidade de criar maior interação entre todos os *stakeholders* envolvidos nos ciclos de vida dos produtos e para os eletroeletrônicos não é diferente. Pela (PNRS), a formação de ciclos é favorecida pela separação, segregação e utilização de resíduos<sup>8</sup>. No caso dos (EEE), devido ao alto valor agregado, após segregação de seus componentes mais importantes, parte poderia voltar para a cadeia produtiva enquanto os rejeitos poderiam seguir para co-processamento e/ou destinação final ambientalmente correta. É relevante salientar que segundo (AYRES, 1996), a formação de ciclos pressupõe avaliação das características do sistema em quatro etapas distintas e nesta ordem: técnicas, econômicas, organizacionais e legais.

---

<sup>8</sup> Na (PNRS) resíduo é material que ainda pode ter alguma reutilização enquanto rejeito é aquele que não tem qualquer utilidade, devendo receber descarte adequado. Assim, a lei também prevê, indiretamente, a existência de co-produtos.

O co-processamento<sup>9</sup> também pode ser considerado como uma tentativa de fechamento de ciclo uma vez que esta ação consiste na elaboração física de um produto, onde seus insumos podem advir de várias unidades de uma mesma empresa ou de empresas distintas. Esta atividade exige planejamento logístico devido à problemas de localização entre os locais de reciclagem e de transformação. Portanto, um dos maiores problemas é o planejamento logístico para realizar esta operação, pois se faz necessário calcular o custo da armazenagem e do transporte, denominado aqui como custo de movimentação desse resíduo. O custo de movimentação de materiais pode ser entendido como o somatório dos seguintes componentes:

- Transporte (modalidades, combustível, mão-de-obra, pedágio, manutenção do veículo, seguros, taxas e impostos);
- Estocagem (equipamentos, embalagens, mão-de-obra, segurança); e,
- Legislações específicas.

Percebe-se que os componentes que compõem os custos podem tornar inviável o processo de envio dos materiais para co-processamento, criando um nó em todo o sistema logístico, pois a influência de cada componente citado torna a operação cara para o sistema produtivo. Os componentes destes custos podem ser divididos em três categorias:

- O custo técnico/operacional;
- O custo econômico; e,
- O custo legal/responsabilidades.

Os componentes e as categorias fazem parte do fluxo logístico cuja finalidade é atender as necessidades das demandas de mercado com qualidade, prazo e a um menor custo possível. Para se obter eficiência neste fluxo, faz-se necessário adotar um planejamento para enviar os materiais para co-processamento pois, como abordado anteriormente, um alto custo neste fluxo, pode inviabilizar a ação do produtor, pois poderá torná-lo menos competitivo em seu segmento. Neste contexto, este trabalho dá continuidade à dissertação de mestrado de VIRGENS (2009, p.163), que recomenda pesquisas futuras e sugere o desenvolvimento de

---

<sup>9</sup> Segundo definição, co-processamento é uma destinação final ambientalmente adequada de resíduos em fornos de cimento com o aproveitamento da energia contida nestes materiais e/ou substituição das matérias-primas e operação regulamentada e licenciada por órgãos ambientais competentes. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coprocessamento> Acesso em 06 Jun. 2012.

pesquisas para levantar práticas e tecnologias que possam tornar o futuro sistema de Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – (GREEE) brasileiro mais eficiente em termos ambientais, econômicos, sociais e energéticos.

Para BALLOU (2007, p.36), as empresas vêm executando funções logísticas há muitos anos. Uma visão moderna é rearranjar as atividades existentes na empresa de modo que o bom gerenciamento seja facilitado. Esses rearranjos vêm tomando espaço no dia-a-dia na cadeia produtiva, principalmente nas áreas de suprimentos, armazenagem e de transporte, pois uma gestão eficiente propiciará à empresa competitividade no mercado.

Para dar sustentação à competitividade empresarial, MOTTA (2008, p.380), afirma que “segundo a teoria dos custos de transação as organizações têm por finalidade minimizar os custos envolvidos nas trocas de recursos com o meio ambiente e com outras organizações, economizando tempo e recursos”. Já para MARTINS (2009, p.22), com o significativo aumento da competitividade que vem ocorrendo na maioria dos mercados, sejam industriais, comerciais ou de serviços, os custos tornaram-se altamente relevantes quando da tomada de decisões em uma empresa.

Com uma eficiente gestão dos resíduos específica para remanufatura e co-processamento, as empresas podem tornarem-se competitivas, sustentáveis e lucrativas, além de melhorar sua participação no mercado. Com isso, VIRGENS (2009, p.57), afirma que as empresas tiveram que criar meios de obter os resíduos pós-consumo de seus produtos e estabelecer uma ligação entre o ponto de consumo e o ponto de origem do produto.

Porém, observa-se que a gestão desse processo incorre em alto custo dos transportes de bens e insumos para produção e tornam-se necessárias a aplicação de procedimentos específicos, pois ainda que sejam realizados altos investimentos em tecnologias, é necessária uma maior compreensão das empresas que comprem materiais reciclados para utilização em seus processos de produção. Para entender a complexidade do assunto, HEINRITZ & FARREL (1988, p.18) definem que “a eficiência no comprar proporciona oportunidades de se fazer importantes poupanças e de se evitar sérias perdas e desperdícios. O efeito sobre o custo do produto é de tal ordem que poderia facilmente representar a diferença entre a liderança em uma indústria e uma insustentável posição competitiva”. Portanto, o tema escolhido para essa dissertação é de grande relevância para as empresas, pois está ligado diretamente a redução de custos operacionais e consequentemente, obtenção de lucro.

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Este item apresenta informações sobre Logística, Ecologia Industrial, Produção, Projetos, Plano de Melhoria Contínua – (PDCA) e *Balanced Scorecard* – (BSC).

### 2.1. Gestão Logística e de Suprimentos:

A gestão estratégica da logística nos últimos anos vem evoluindo e ganhando força na nova gestão empresarial principalmente na cadeia produtiva. Até pouco tempo a logística era vista como meio de armazenar, transportar e distribuir produtos. Contudo, a sua abrangência é muito maior que isso, pois seu papel é macro, ou seja, envolve do fornecedor de insumos (primários e secundários) ao pós-consumo, sendo capaz de proporcionar ganhos significativos em todas as fases do processo produtivo.

### 2.2. Função e Objetivo da Logística:

A função estratégica da logística é estudar como minimizar os custos operacionais e aperfeiçoar os recursos na aquisição de insumos, bem como na prospecção de fontes alternativas de fornecimento. Trata também, da gestão de estoques, de suprimentos, de produção, de transporte e da distribuição física e mais recentemente do fluxo reverso dos produtos através de estratégias bem planejadas.

Neste sentido, BALLOU (2006, p.53), afirma que o planejamento logístico procura resolver quatro grandes áreas de problemas:

- Níveis de serviços aos clientes;
- Localização das instalações;
- Decisões sobre estoques; e,
- Decisões sobre transportes.

Ainda para o autor, essas áreas de problemas são inter-relacionadas e deveriam ser planejadas como uma unidade, embora seja comum planejá-las em separado e cada uma delas tenha significativo impacto sobre o projeto do sistema. Contudo, a função principal da gestão logística é a redução de tempo em seus processos, bem como determinar a quantidade de

material necessária à produção, o modal de transporte mais adequado (tecnicamente e economicamente) e a sua disposição para o processo produtivo.

### **2.3. Gestão de Suprimentos:**

O setor de suprimentos, como o próprio nome pressupõe, tem por finalidade abastecer a empresa com insumos no tempo previsto, atendendo as especificações técnicas dos materiais requisitados com qualidade e planejamento. Portanto, se a empresa fizer uma boa gestão de suprimentos levará esta eficiência a todo seu processo produtivo tornando-a mais competitiva. Neste contexto, a atividade de suprir compreende as tarefas associadas de forma a maximizar a eficiência da cadeia de suprimentos.

Para ratificar a relevância dessa integração, a gestão de suprimentos começa a ganhar foco quando a distribuição física dá lugar à logística. As tarefas mais importantes do canal de suprimentos são: inicialização e transmissão das ordens de compras; transportes de carregamento até a fábrica e a manutenção dos estoques. A vantagem desse fluxo de informações é permitir a alimentação imediata de dados a partir do ponto de venda a todos os participantes da cadeia de suprimentos. As atividades de abastecimento compreendem as tarefas associadas de forma a proporcionar a eficiência logística no transporte de suprimentos (BALLOU, 2007, p.58).

Essa vantagem pode ser melhor compreendida considerando-se que os sistemas de planejamento e controle da produção são os sistemas que proveem informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão-de-obra e dos equipamentos assim como a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interface com os clientes, no que se refere às suas necessidades operacionais (CONTADOR, 1997, p.288).

### **2.4. Suprimentos e Seu Significado Para as Empresas:**

O setor de suprimentos, ou compras como é também chamado, é um departamento operacional que envolve elevados volumes de recursos financeiros e portanto, seu eficiente controle é necessário para otimizar os resultados das atividades de aquisição. Neste sentido, BALLOU (2006, p.74) explica que dependendo de quem vier a usar o produto, o projeto do

sistema logístico deverá refletir os diferentes padrões de utilização. Classificações amplas de produtos são valiosas para sugerir estratégia logística e em muitos casos, para entender por que os produtos são fornecidos e distribuídos em determinadas modalidades e maneiras. Uma classificação tradicional é aquela que divide produtos e serviços em produtos de consumo e produtos industriais.

A otimização dos processos de aquisição e a minimização de erros, bem como a gestão planejada das compras, dependem do sincronismo que esse setor terá com os demais elos da cadeia de suprimentos. A principal dificuldade para a aquisição é a falta de padrão das especificações que causam incertezas e demora na execução dos processos de suprimentos.

Para MARTINS, (2009, p.384), sem um sistema de informações sofisticado, eficaz e não burocrático, a cadeia emperra e o tempo de fluxo (*lead time*) se alonga, afetando custos, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e impedindo a rapidez da inovação. Portanto, a função de suprimentos é um segmento essencial do departamento de materiais, cuja finalidade é suprir os demais departamentos com materiais ou serviços.

## **2.5. Processo de Aquisição:**

A evolução estratégica na gestão de suprimentos levou a maior eficiência na gestão da cadeia logística, assim como nas principais técnicas de apoio na inteligência empresarial, buscando o alinhamento das decisões e o tipo de relacionamento com os fornecedores e com os objetivos estratégicos de negócio. Entende-se por eficiência, a relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados (ZACHARIAS, 2009). Do mesmo modo que a disponibilidade de peças de reposição podem ser limitadas porque a fabricação de peças de reposição é com frequência, considerada secundária em comparação com a fabricação de equipamentos originais. Especialmente durante a introdução de novos produtos ou nos momentos em que a demanda supera a capacidade, os fabricantes são bastante resistentes a usar a “preciosa” capacidade de que dispõem para fabricar peças de reposição cuja demanda é incerta e que certamente serão estocadas (FIGUEIREDO, 2009, p.229).

Portanto, o processo de aquisição assume papel verdadeiramente estratégico nos negócios de hoje em face do volume de recursos, principalmente financeiros. Já para VIANA (2009, p.56), são materiais de reposição um equipamento ou um grupo de equipamentos

iguais, cuja demanda não é previsível e cuja decisão de estocar é tomada com base na análise de risco que a empresa corre, caso esses materiais não estejam disponíveis quando necessário e que do ponto de vista de gestão de estoque, podem-se identificar materiais críticos por:

- Problemas de obtenção;
- Por razões econômicas;
- Problemas de armazenagem e transporte;
- Problemas de previsão; e,
- Razões de segurança.

O valor total gasto na aquisição de insumos para produção representa um percentual significativo nas contas da empresa, como definem HEINRITZ & FARREL (1988, p.15), já que em quase todas as indústrias manufatureiras, mais da metade da renda total advinda da venda dos produtos é gasta na compra de materiais, suprimentos e equipamentos necessários à elaboração do produto final. Neste sentido, CORRÊA ET AL., (2011, p.107), defende que a produtividade é uma medida da eficiência, com que recursos de entrada (insumos) de um sistema de agregação de valor são transformados em saídas (produtos), ou seja, colocado de forma simples tem-se:  $\text{Produtividade} = (\text{Produtos} / \text{Insumos})$ .

Deste modo, parte do lucro de uma empresa não está na atividade de venda, e sim na de aquisição de insumos que, se corretamente gerenciados, trarão vantagens para toda a cadeia produtiva.

DIAS (1993, p.12), entende que a administração de materiais compreende o agrupamento de materiais de várias origens e a coordenação dessa atividade com a demanda de produtos ou serviços da empresa.

## **2.6. Gestão de Transporte:**

No Brasil, o modal rodoviário de transporte é o mais utilizado para atender o fluxo logístico de carga. Problemas de infraestrutura contribuem para o aumento no custo deste serviço e isso leva os operadores logísticos a uma análise de todo o contexto político e econômico do país.

Para destacar estes problemas, UELZE (1974, p.16), trata o transporte de carga diferenciando-o das outras atividades, considerando que seu uso deve ser verificado no

próprio ato da produção, pois o veículo ao se deslocar cria a oferta de serviço, que se perde, caso não seja utilizada.

Neste contexto, PORTER (1989, p.59) define que o ponto de partida para a análise dos custos é a cadeia de valor de uma empresa, atribuindo-se custos operacionais e ativos a atividades de valor. Os insumos adquiridos fazem parte do custo de cada atividade de valor e podem contribuir para os custos operacionais.

Logo, para a gestão de transportes se faz necessário um amplo controle das despesas que compõem esta prestação de serviço. Para ressaltar a importância desta gestão, GASNIER (2002, p.139) afirma que despesas como depreciação da frota, combustível, manutenção, pneus, mão-de-obra, pedágios, impostos e taxas, roteirização, seguro, avarias, devolução e logística reversa preocupam o gerenciador dos transportes e agregam custos que precisam ser conhecidos pelos gestores.

Já para BALLOU (2007, p.113), o transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na maior parte das empresas. O frete costuma absorver 2/3 do gasto logístico e entre 9 e 10% do Produto Nacional Bruto – (PNB). Para ele, a importância de uma gestão na negociação do frete é uma questão estratégica, pois cabe ao gestor de transporte considerar que existem condições que favorecem todas as circunstâncias operacionais e nesta situação, solicitar redução nos valores dos fretes.

Portanto, uma negociação eficaz trará um resultado positivo a toda cadeia logística e produtiva, pois a empresa terá um maior controle dos gastos operacionais com transporte de carga tornando-a mais competitiva. Porém, também é preciso coerência na estratégia de transportar os materiais além da necessidade de uma análise das vantagens e desvantagens do modal rodoviário de carga. Para KEEDI (2007, p.127-128):

“O transporte rodoviário tem uma característica única, que o diferencia de todos os demais modos, que é a sua capacidade de tráfego por qualquer via. Ele não se atém, em hipótese alguma, a trajetos fixos, tendo a capacidade de transitar por qualquer lugar, apresentando uma flexibilidade ímpar quanto a percursos. Isto dá uma vantagem extraordinária na disputa pela carga com os demais modos... Por outro lado, também tem os seus pontos fracos, como a pequena capacidade de carga que, aliada ao alto custo de sua estrutura, faz dele um transporte relativamente caro em relação a outros modos concorrentes” . .

## 2.7. Logística Reversa:

Atualmente, as empresas fabricantes, revendedoras e consumidoras de equipamentos eletroeletrônicos devem propor meios para que no ato da compra ou da troca por novos aparelhos haja a opção de descarte dos equipamentos obsoletos, fazendo uso da logística reversa que é fundamental em termos de conservação ambiental. De acordo com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente<sup>10</sup>, a logística reversa pode ser entendida como o ato de retornar às cadeias produtivas os resíduos gerados no consumo dos produtos, permitindo sua reciclagem ou reaproveitamento. É talvez a parte mais visível da “responsabilidade pós-consumo”, conceito introduzido em 2006 na Política Estadual de Resíduos Sólidos - (PERS) e posteriormente também incluído na Política Nacional de Resíduos Sólidos – (PNRS). Neste caso, fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que venham a gerar resíduos significativos, mesmo após o consumo dos produtos, são responsáveis pelo seu gerenciamento nos termos da lei.

Para VIRGENS (2009, p.29), não obstante o fortalecimento da indústria de informática ser fundamental para a sociedade e para a economia brasileira, este também pode colaborar para um caos ambiental com os resíduos gerados após o consumo dos aparatos eletroeletrônicos. GURGEL (1995, p.55), afirma que há uma interface complexa do usuário com o produto uma vez que o usuário recebe informações oriundas do produto e o aciona na dependência destas informações. Para uma abordagem ampla do assunto, LEITE (2009, p.08) afirma que os bens industriais apresentam ciclos de vida útil de algumas semanas ou de muitos anos, após os quais são descartados pela sociedade, de diferentes maneiras, constituindo os produtos de pós-consumo e os resíduos sólidos em geral. Já para OTTMAN (1994, p.08), nesta nova era de marketing, os produtos passam a ser avaliados não apenas com base em desempenho ou preço, mas na responsabilidade social.

No mesmo contexto, BALLOU (2007, p.384) defende que a preocupação com a ecologia e o meio ambiente cresceu junto com a população e a industrialização e uma das principais questões é a da reciclagem de resíduos sólidos. Ainda para LEITE (2009, p.102), o objetivo econômico da implementação da logística reversa de pós-consumo pode ser entendido como a motivação para obtenção de resultados financeiros por meio de economias obtidas nas operações industriais, principalmente pelo aproveitamento de componentes

---

<sup>10</sup> Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/verNoticia.php?id=1344>. Acessado em 28 Mar. 2012.

provenientes dos canais reversos de remanufatura. TACHIZAWA (2008, p.67) dá sustentabilidade a estas afirmações quando diz que a responsabilidade social está se transformando num parâmetro e referencial de excelência, para o mundo dos negócios e para todo o Brasil corporativo. Essa visão de produto e ciclo de vida é consistente com PORTER (1989, p.157-163), que define que a tecnologia afeta a vantagem competitiva se tiver um papel significativo na determinação da posição de custo relativo ou da diferenciação e que as empresas devem reconhecer o amplo papel da transformação tecnológica na configuração da vantagem competitiva.

No Brasil algumas medidas estão sendo aplicadas para tratar da logística reversa e suas consequências no ambiente, como a Portaria N° 113, de 8/04/2011 que informa em seu Capítulo I Art. 1°:

“O Comitê Orientador para Implantação de Sistemas de Logística Reversa – Comitê Orientador, órgão colegiado de caráter deliberativo e consultivo, instituído pelo Decreto n° 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010, cuja a finalidade é promover a implantação dos sistemas de logística reversa no país<sup>11</sup>”.

Para VIRGENS (2009, p.40) a gestão dos resíduos tecnológicos no Brasil deve estar pautada nos princípios sustentáveis, que tem como base um sistema de produção e o consumo racional de bens e serviços, abrangendo o capital natural e social, assim como o capital construído pelo homem.

## **2.8. Meio Ambiente:**

A (PNRS) pode ser associada ao artigo 225, capítulo VI da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que versa “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as

---

<sup>11</sup> Portaria n° 113, de 8 de abril de 2011. Aprova Regimento Interno para o Comitê Orientador para Implantação de Sistemas de Logística Reversa. Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1314729353.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1314729353.pdf). Acessado em 06 Jan. 2012. e <http://www.observatorioeco.com.br/integra-regimento-do-comite-de-logistica-reversa/>. Acessado em 16 Mar. 2012.

presentes e futuras gerações”. Portanto, este artigo dá suporte à nova Lei 12.305 referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, de agosto de 2010, que dá ênfase a logística reversa.

Além disso, considera:

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Logo, a educação ambiental deveria ser disciplina obrigatória desde o ensino fundamental. Assim, a Lei nº 9.795 de 27/04/1999, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências e em seu capítulo I Art. 2º, informa que “A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal<sup>12</sup>”.

Para tratar as questões das fontes de insumos, GIANNETTI e ALMEIDA (2006, p.25) dão ênfase à questão do fluxo da matéria-prima quando afirmam que os princípios da economia tradicional levam os sistemas industriais a um estado de máxima entropia, no qual materiais são explorados, atravessam o sistema e são dissipados no ambiente de forma altamente degradada e pouco ou nenhum uso para o próprio sistema.

### **2.8.1. Dos Aspectos e Impactos Ambientais:**

Como citado na introdução desta pesquisa, as questões ambientais vêm sendo temas de debates no Brasil e em esfera global. Governos, empresas e sociedade procuram meios de reduzir os impactos ambientais, pois estes têm influência nas questões macro e micro econômicas, tais como a oferta de empregos e a geração de renda. Já no que se refere ao impacto do fluxo de materiais ao meio ambiente, MOURA (2008, p.290-310) diz que:

---

<sup>12</sup> LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

“O ganho ao aperfeiçoar o projeto dos produtos, de modo a reduzir a quantidade de matérias-primas necessárias, não será tanto quanto ao diminuir os resíduos gerados intra-muros da empresa, muito embora sejam minimizados os resíduos do descarte final. Isto decorre do custo da reciclagem, que abrange:

- Custo de coleta (transporte);
- Custos de processamento: armazenagem, transporte e separação; e,
- Custos de reprocessamento do material”.

Logo, os custos ocorridos pela empresa devem ser os mínimos possíveis para que ela possa maximizar os lucros. Além dos custos de produção e distribuição, as atividades produtivas também geram outros custos, que se não forem pagos pela empresa, recaem sobre a sociedade. Um desses custos refere-se à perda da qualidade do meio ambiente, seja decorrente do uso de recursos naturais, seja da poluição resultante de processos de produção, distribuição e utilização dos bens produzidos pela empresa (BARBIERI, 2007, p.77-78). Todavia para CHOPRA (2003, p.226) o nível de disponibilidade do produto é medido usando-se o nível de serviço por ciclo ou grau de atendimento denominado nível de serviço ao cliente.

Ainda para BARBIERI (2007, p.164):

“A Avaliação do Ciclo de Vida – (ACV) é um instrumento de gestão ambiental aplicável a bens e serviços. O ciclo de vida que interessa à gestão ambiental refere-se aos aspectos ambientais de um bem ou serviço em todos os seus estágios, desde a origem dos recursos no meio ambiente, até a disposição final dos resíduos de materiais e energia após o uso, passando por todas as etapas intermediárias, como beneficiamento, transportes, estocagens e outras”.

Neste contexto, para BALLOU (2007, p.96), o ciclo de vida de um produto é dividido em quatro estágios:

- Introdução;
- Crescimento;
- Maturidade; e,
- Declínio.

E pode-se correlacionar a fase de declínio de um produto com o descarte deste após o desinteresse do consumidor final. Para MOREIRA (2002, p.228), tal como acontecia com o ciclo do produto, as etapas não necessariamente são as mesmas para todos os produtos

possíveis, havendo casos em que algumas etapas podem simplesmente desaparecer ou então desdobrar-se em algumas outras.

Para BALLOU (2007, p.385), a falta de atenção dada aos canais de distribuição reversos explica apenas parcialmente o desprezo pelos resíduos sólidos como fontes de matéria-prima e pelas centrais de reaproveitamento da manufatura como pontos de entrada para o canal de retromovimentação a serem desenvolvidos. Isso é consistente com a afirmação de VIRGENS (2009, p.18) para a gestão dos resíduos quando este conclui sobre a necessidade de desenvolver e intensificar alternativas que minimizem a geração de resíduos de computadores pós-consumo no Brasil, bem como disciplinem o manejo e o descarte ambientalmente adequados.

De acordo com LIMAD (2010, p.108-109), de modo geral, a logística associada à metodologia de (ACV) foi útil para criar uma complementaridade entre Ecologia Industrial e Produção Mais Limpa – (P+L). Assim, através da metodologia desenvolvida em sua dissertação, foi possível comparar os conceitos/ferramentas da Logística e da Ecologia Industrial e propor um uso mais amplo para a noção de Fluxo de Materiais, Metabolismo Industrial e (ACV).

### **2.8.2. Produção Mais Limpa – (P+L):**

Produção Mais Limpa - (P+L) é uma estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para minimizar os impactos sobre o meio ambiente. Esse modelo de produção vem sendo desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – (PNUMA) e pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – (ONUDI) desde a década de 1980, dentro do esforço para instrumentalizar os conceitos e objetivos do desenvolvimento sustentável (BARBIERI, 2007, p.134). Segundo DIAS (2009, p.126-127), a Produção Mais Limpa adota os seguintes procedimentos:

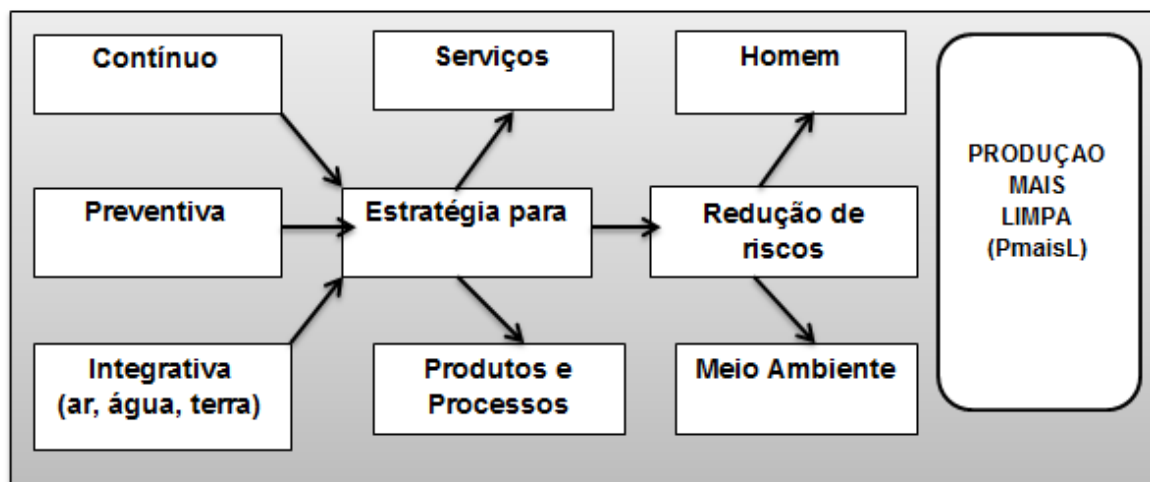
- Quanto aos processos de produção: conservando as matérias-primas e a energia, eliminando aquelas que são tóxicas e reduzindo a quantidade e a toxicidade de todas as emissões e resíduos.

- Quanto aos produtos: reduzindo os impactos negativos ao longo do ciclo de vida do produto, desde a extração das matérias-primas até sua disposição final, através de um *design* adequado aos produtos.
- Quanto aos serviços: incorporando as preocupações ambientais no projeto e fornecimento dos serviços.

Para o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – (CEBDS), “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, com o propósito de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômica. Embora, a Produção Mais Limpa, com seus elementos essenciais adota uma abordagem preventiva, em resposta à responsabilidade financeira adicional trazida pelos custos de controle da poluição e dos tratamentos de final de tubo”. A **Figura 2** apresenta como deve ser o fluxo estratégico para obtenção de Produção Mais Limpa.

De acordo com o (CEBDS), “Produção Mais Limpa, relativamente ao desenho dos produtos, busca direcionar o *design* para a redução dos impactos negativos do ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Em relação aos processos de produção, direciona para a economia de matéria-prima e energia, a eliminação do uso de materiais tóxicos e a redução nas quantidades e toxicidade dos resíduos e emissões. Em relação aos serviços, direciona seu foco para incorporar as questões ambientais dentro da estrutura e entrega de serviços”.

“O aspecto mais importante da Produção Mais Limpa é que a mesma requer não somente a melhoria tecnológica, mas a aplicação de *know-how* e a mudança de atitudes. Esses três fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas a processos de produção”.



**Figura 2: Produção Mais Limpa com seus elementos essenciais**

Elementos essenciais da estratégia de PmaisL Fonte: UNIDO/UNEP, 1995a, p. 5. (Apud: [www.cebds.org.br](http://www.cebds.org.br)) (Adaptado pelo autor).

Para o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - (SEBRAE), “a Produção Mais Limpa, portanto, deve estar no centro do pensamento estratégico de qualquer empresa”. “De um lado, ela traz, comprovadamente, benefícios econômicos: evita perdas, quase sempre danosas ao meio ambiente, e reduz custos – o que, por sua vez, influencia a posição competitiva do negócio. De outro lado, a empresa que produz de modo limpo tem sua imagem em harmonia com a comunidade e a cidadania – uma associação poderosa, capaz de reforçar a posição competitiva”.

Ainda de acordo com o (SEBRAE), o termo é subdividido em duas partes, sendo:

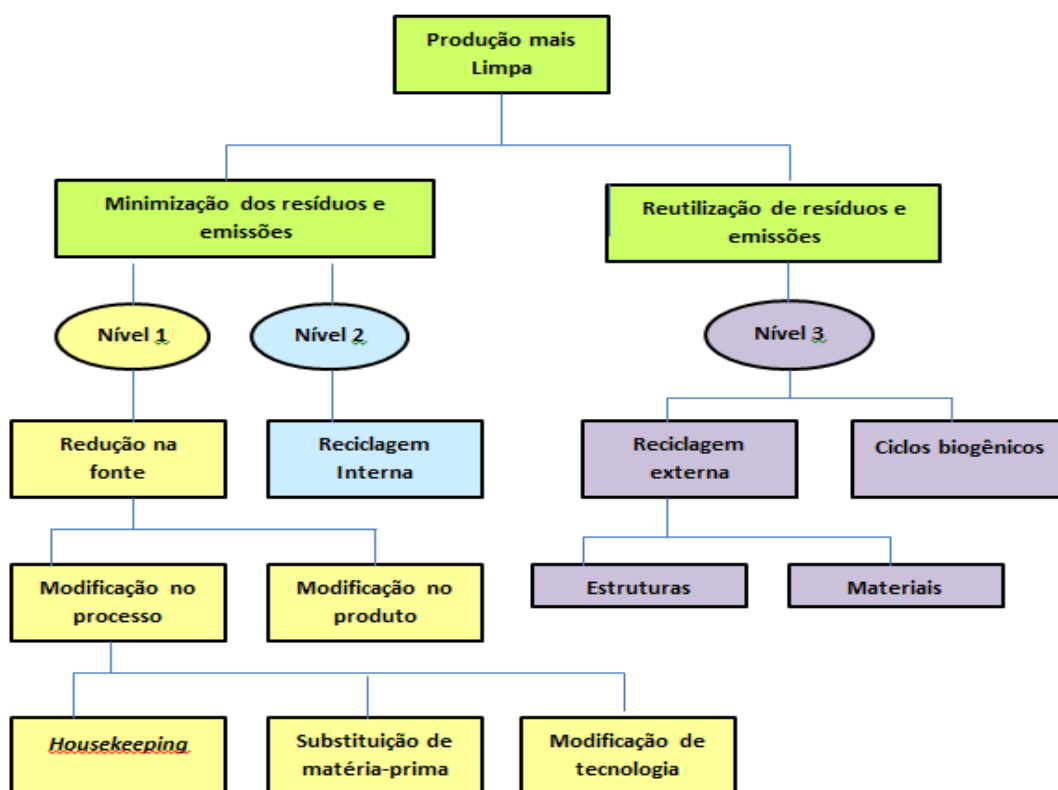
- Produção limpa: Iniciativa que tem como princípios a precaução, prevenção, integração, controle democrático, direito de acesso a informações sobre riscos e impactos de produtos e processos e a responsabilidade continuada dos produtos.
- Produção Mais Limpa: É a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, nos processos produtivos, nos produtos e nos serviços, para reduzir os riscos relevantes aos seres humanos e ao ambiente natural.

Para GIANNETTI e ALMEIDA (2006, p.12), a Produção Mais Limpa visa melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das empresas, enquanto protege o ambiente, o consumidor e o trabalhador.

Segundo os conceitos adotados pela Mesa Redonda Paulista de Produção Mais Limpa “é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a ecoeficiência e evitar ou reduzir os danos ao homem e ao ambiente”. Aplica-se a:

- Processos Produtivos: conservação de matérias-primas e energia, eliminação de matérias tóxicas e redução da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões;
- Produtos: redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto desde a extração das matérias-primas até sua disposição final;
- Serviços: incorporação de preocupações ambientais no planejamento e entrega dos serviços.

Para o Centro Nacional de Tecnologias Limpas do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – (SENAI), minimizar resíduos e emissões também significa aumentar o grau de emprego de insumos e energia usados na produção, isto é, produzir produtos e não resíduos, garantindo processos mais eficientes. Para as empresas, a minimização de resíduos não é somente uma meta ambiental, mas, principalmente um programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais, com vantagens técnicas e econômicas. A **Figura 3** apresenta como deve ser o fluxograma do processo produtivo de acordo com os objetivos de Produção Mais Limpa, para obter-se maior eficiência. De certo modo, esse fluxograma resume as propostas de outros autores anteriormente citados, além de adicionar claramente um terceiro nível, que é o de reciclagem externa de resíduos.



**Figura 3: Fluxograma de Processo de Produção Mais Limpa**

Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas – SENAI (Adaptado pelo autor)

Na análise da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – (FIESP), os benefícios da Produção Mais Limpa são:

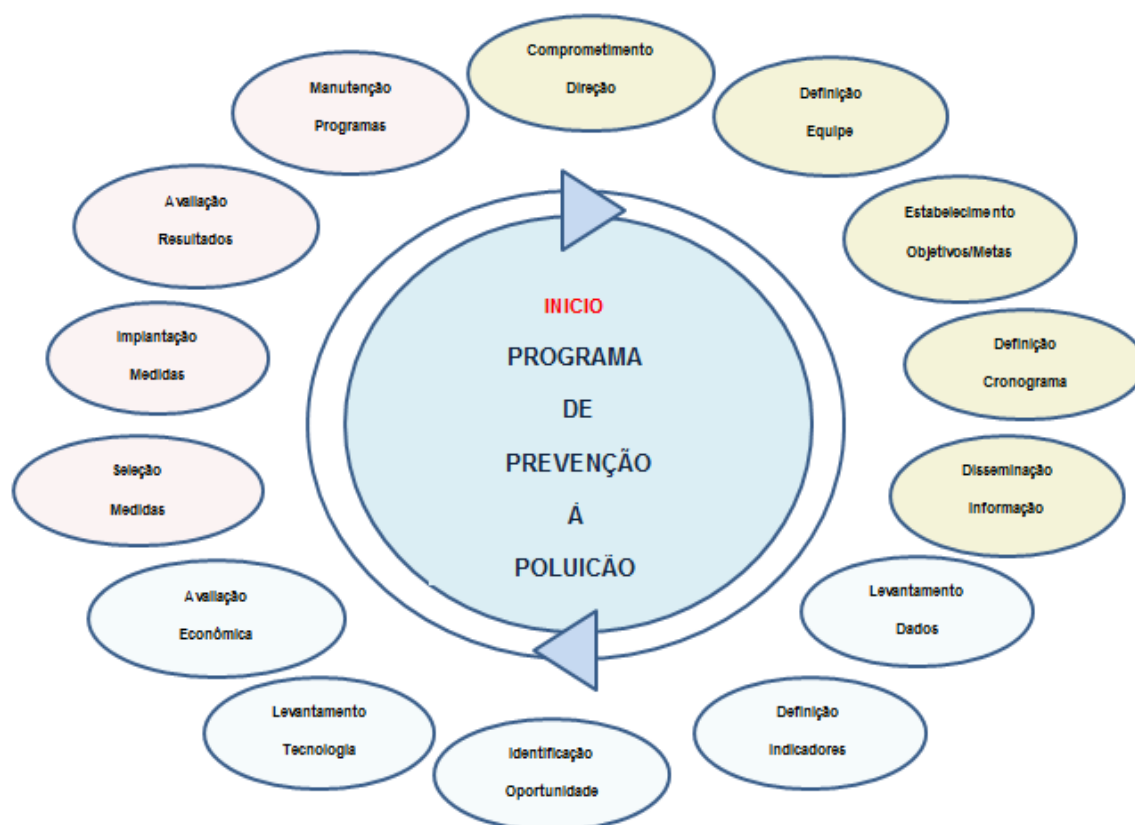
**Para a produção:**

- Redução no consumo de matéria-prima, energia e água.
- Redução de resíduos e emissões.
- Reuso de resíduos de processo.
- Reciclagem de resíduos.

**Para os produtos:**

- Redução de desperdícios (*Ecodesign*).
- Uso de material reciclável para novos produtos.
- Diminuição do custo final.
- Redução de riscos

Um modo de se implantar a (P+L) é por meio de Programas de Prevenção de Poluição, como o apresentado na **Figura 4**. A figura evidencia a importância da alta direção para o bom desenvolvimento do ciclo de mudanças (item denominado Comprometimento Direção). A alta direção cria o programa e define a equipe que o implantará, através de objetivos, metas e indicadores bem determinados. Além disso, manterá o ciclo de melhoria em funcionamento, pela manutenção dos programas (FIESP).



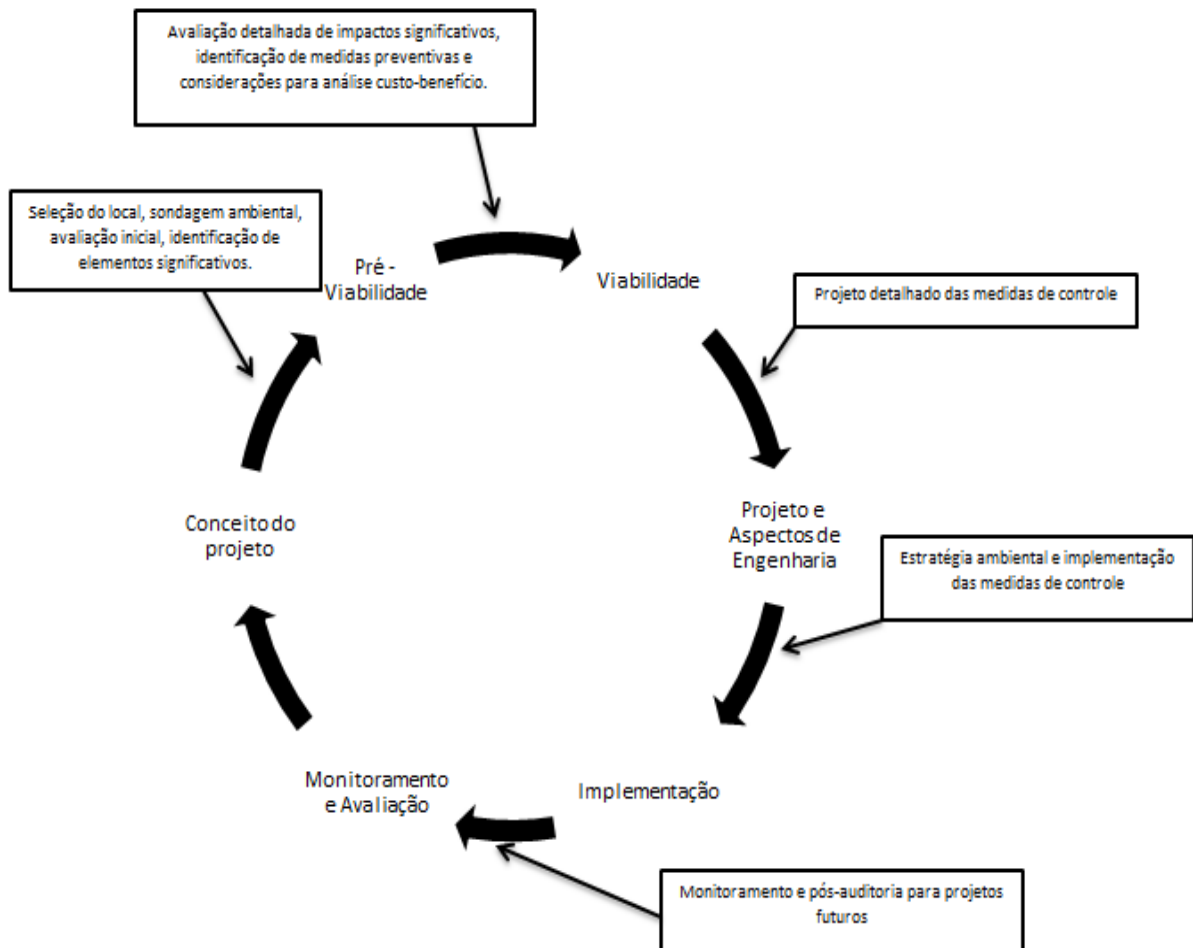
**Figura 4: Programa de prevenção à poluição**

Fonte: <http://www.fiesp.com.br/ambiente/perguntas/producao-limpa.aspx> (Adapt. pelo autor).

Um modo similar de avaliação, agora para projetos, é apresentado por BARBIERI (2007, p.282) na **Figura 5**. Nesta figura é clara a similaridade com a proposta da **Figura 4** e, também há, a necessidade de se criar e manter instrumentos de gestão nos processos produtivos através de indicadores ao longo do ciclo do projeto.

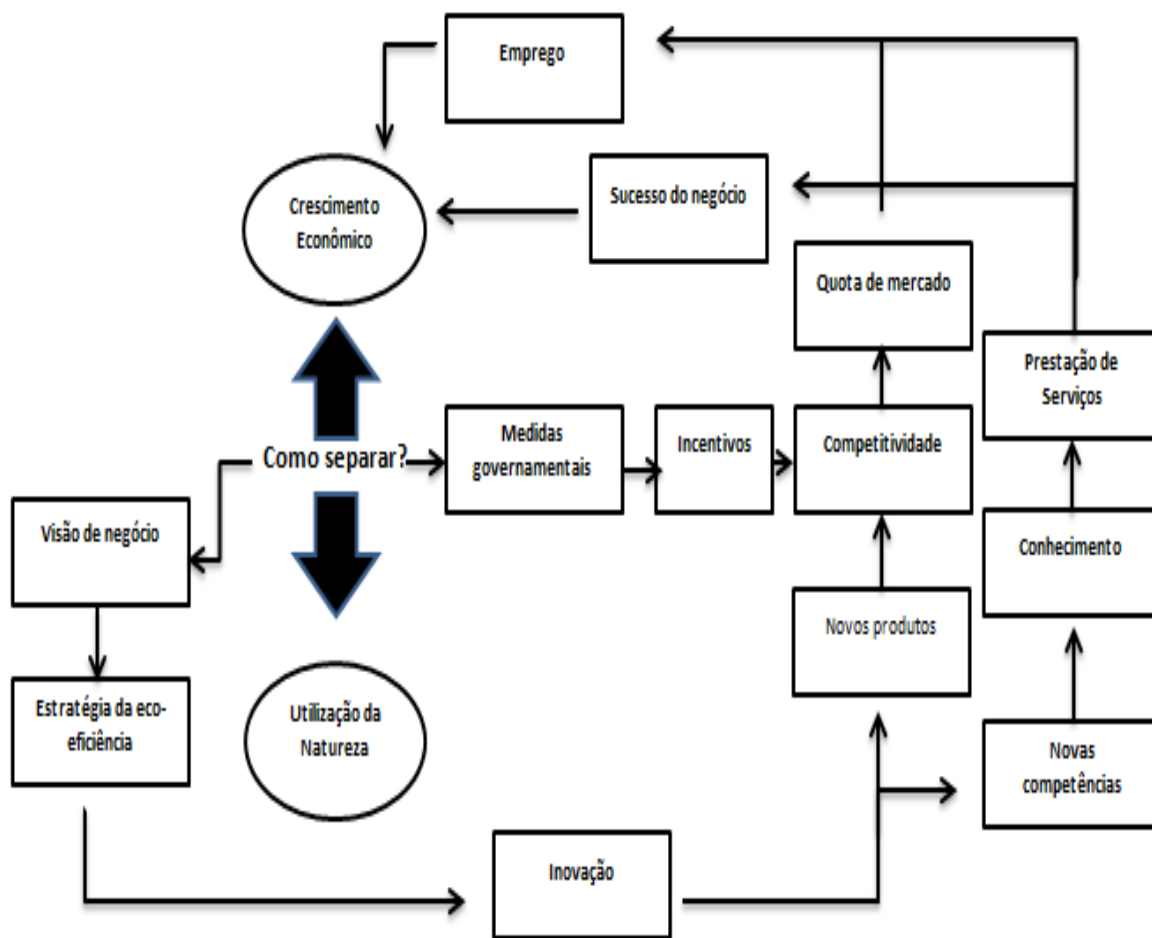
Quanto aos indicadores, como proposto por DIAS (2009, p.38), a **Figura 6** apresenta um sistema de “ecoeficiência”, propondo mais valor e menos impacto aos processos

produtivos. De certo modo, essa figura resume a discussão anterior sobre meio ambiente, (P+L) e principais *stakeholders*.



**Figura 5: Proposta para Avaliação Ambiental**

Fonte: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Evaluación del impacto ambiental: procedimientos básicos para países em desarrollo. Bangkok: Pnuma/Oficina Regional para Ásia y el Pacífico, 1988. P.84. (BARBIERI, 2007, p.287) (Adaptado pelo autor).



**Figura 6: Indicadores para a sustentabilidade empresarial**

Fonte: WBCSD (2000) DIAS (2009, p. 38). (Adaptado pelo autor)

Com a normatização, indicadores de controle tornam-se comuns e auxiliam os gestores no planejamento do uso dos recursos de modo mais sustentável. Para uma melhor compreensão deste fluxo, se faz necessário incorporar como é o processo de produção mais limpa e como se dá a ecoeficiência neste processo de simbiose industrial (LIMAD, 2010, p. 107). O termo simbiose industrial citado refere-se à associação de empresas em comum cujos processos são beneficiados por uma estratégia macrológica. Contudo, para MOTTA (2008, p.378-379), as organizações podem desenvolver interdependências simbióticas complementares, não competitivas. Um exemplo é a relação horizontal fornecedor – cliente, quando o *output* ou produto de uma organização serve de matéria-prima ou *input* para a outra. A ideia de otimizar processos, categorizar todas as operações de uma indústria e acompanhar todos os passos de fabricação de um produto acaba, inevitavelmente, levando a um

conhecimento profundo de cada sistema, permitindo, principalmente, o planejamento de ações de longo prazo. Esse conhecimento detalhado do sistema leva à análise das interações do produtor com outras empresas, sejam elas fornecedores, consumidores de subprodutos ou consumidores finais (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006, p.21).

## **2.9. Processos de Produção:**

Processo é desta forma aqui compreendido como um modo de transformação e/ou manufatura dos insumos em um determinado produto. De acordo com VALERIANO (1998, p.6), entende-se por processo um conjunto de recursos e atividades inter-relacionadas (os subprocessos) que transformam insumos em produtos ou resultados. Os insumos são gerencialmente chamados de entrada (*input*) e os produtos de saída (*output*). Neste contexto, OLIVEIRA (2009, p.46), discorre que o processo é um conjunto estruturado de atividades sequenciais que apresentam relação lógica entre si, com a finalidade de atender e, preferencialmente, suplantando as necessidades e as expectativas dos clientes externos e internos da empresa.

Para TELLES (2003, p.02), denominam-se equipamentos de processo os equipamentos usados em indústrias de processo, que são as indústrias nas quais materiais sólidos ou fluidos sofrem transformações físicas ou químicas ou aquelas que se dedicam à armazenagem, manuseio ou distribuição dos fluidos. Esta transformação, por sua vez, necessita de uma gestão eficiente nos processos de produção, pois, qualquer não-conformidade ao longo desta gestão pode tornar a empresa menos sustentável ambientalmente e menos competitiva economicamente.

Num mercado competitivo as empresas buscam centralizar suas forças em especialidades no segmento em que atuam. Neste sentido, GAITHER (2001, p.341), afirma que esses processos de manufatura focalizada no processo muitas vezes são chamados *job shops*. Uma *job shop* é uma organização na qual os centros de trabalho ou departamentos são organizados em torno de tipos de funções ou similares ou especialidades departamentais, como por exemplo montagem.

Para CORRÊA ET AL., (2011, p.220) é o processo por tarefa, produção de pequenos lotes, de uma grande variedade de produtos, com variados roteiros de fabricação. A

importância na gestão produtiva, seja através do monitoramento ou da criação de novas técnicas administrativas ou de processos, poderá proporcionar um resultado positivo não só financeiro, mas também ambiental.

Sob a óptica de BOWERSOX (2011, p.384), o procedimento normalmente utilizado para a implementação de princípios de integração de sistemas é conhecido como reengenharia de processos. A ideia básica é identificar e estudar as fases necessárias para executar um trabalho específico de modo a aumentar a possibilidade de integração do desempenho.

No entendimento de SLACK (1999, p.181), os gerentes de produção estão continuamente envolvidos com o gerenciamento de tecnologias de processos. Para fazer isso efetivamente eles devem ser capazes de:

- Articular como a tecnologia pode melhorar a eficácia da operação;
- Estar envolvido na escolha da tecnologia em si;
- Gerenciar a instalação e adoção da tecnologia de modo que não interfira com as atividades em curso na produção;
- Integrar a tecnologia com o resto da produção;
- Monitorar continuamente seu desempenho; e.
- Atualizar ou substituir a tecnologia quando necessário.

Neste contexto, eficácia é a extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os recursos planejados são alcançados (ZACHARIAS, 2009 p.44). Eficácia refere-se à extensão segundo a qual os objetivos são atingidos, ou seja, as necessidades dos clientes e outros grupos de interesse da organização (funcionários, governo, sociedade) são satisfeitas. Eficiência, por outro lado, é a medida de quão economicamente os recursos da organização são utilizados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse CORRÊA ET AL., (2011, p.99).

### **2.9.1. Gerenciamento de Projetos:**

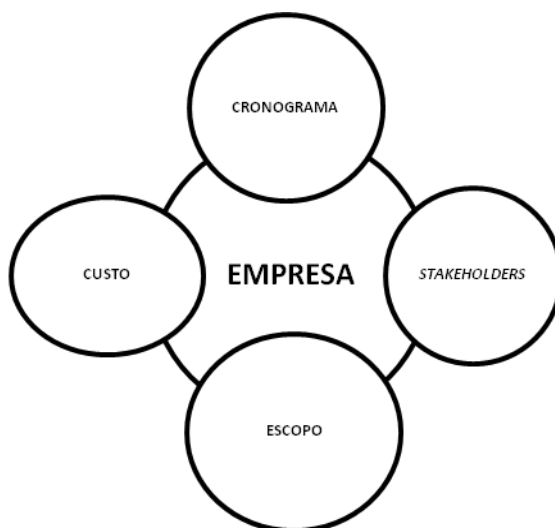
O gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinadas ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de

um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados. O objetivo de qualquer projeto é concluir o escopo dentro do orçamento até uma data específica (VIANA, 2009, p.6).

Portanto, o *Project Management Institute*<sup>13</sup> – (PMI®) define que:

“Um Projeto é um esforço temporário empreendido para alcançar um objetivo específico. Eles são semelhantes às operações em função de serem executados por pessoas, geralmente terem limitações de recursos e serem planejados, executados e controlados. As operações e projetos diferem entre si principalmente porque as operações têm um caráter contínuo e repetitivo, ao passo em que os projetos têm um caráter temporário e único. Temporário significa que todo projeto tem um início e um término definidos. Único significa que o produto ou serviço é, de algum modo, diferente de todos os produtos e serviços semelhantes”.

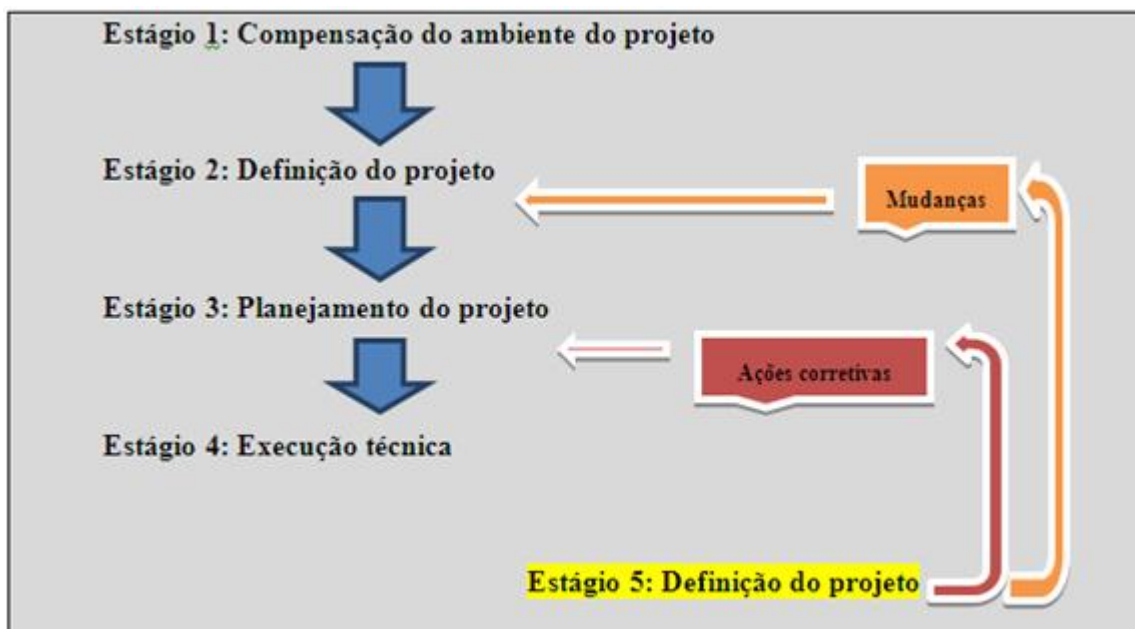
Existem alguns fatores que podem limitar o sucesso do projeto, como apresentado na **Figura 7**. Para MAXIMIANO (1995, p.185), os círculos funcionam de acordo com uma sequência de procedimentos, que começam com a identificação do problema e terminam com a apresentação à empresa de um relatório com a solução e as diretrizes para sua implantação.



**Figura 7: Fatores que podem limitar o sucesso do projeto** (Adaptado de GIDO, 2007).

<sup>13</sup> Estabelecido em 1969 e sediado na Filadélfia, Pensilvânia EUA, o *Project Management Institute* (PMI®) é a principal associação mundial sem fins lucrativos em gerenciamento de Projetos, atualmente com mais de 500.000 associados em 185 países. Disponível em: <http://www.pmisp.org.br/institucional/pmi/o-instituto>. Acessado em 07 Jun. 2012.

Neste contexto, SLACK (1999, p.385) complementa que para gerenciar melhor o ambiente do projeto faz-se necessária uma sequência lógica das etapas ou estágios de análise, planejamento, execução e conclusão do projeto como representado na **Figura 8**.



**Figura 8: Sequência lógica das etapas ou estágios de análise, planejamento, execução e conclusão do projeto.** (Adaptado de SLACK, 1999, p.384).

Para complementar a gestão eficiente das etapas e do ambiente do projeto, GIDO ET AL., (2007, p.97) relatam a necessidade da análise como um todo, ou seja:

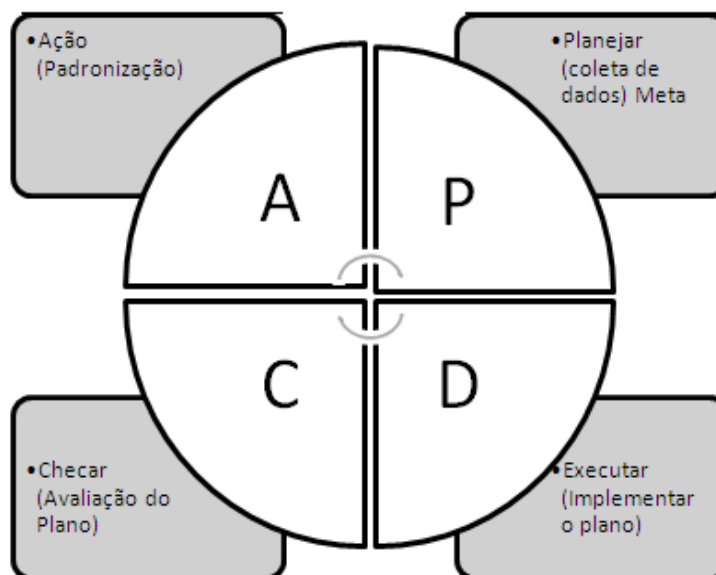
- Planejamento;
- Programação;
- Controle do Cronograma;
- Considerações sobre Recursos;
- Planejamento e Desempenho de Custos.

### 2.9.2. Plano de Melhoria Contínua - (PDCA):

De acordo com SLACK (1999, p.462), o conceito de melhoramento contínuo implica literalmente em um processo sem fim, questionando repetidamente e detalhadamente os

trabalhos de uma operação. O termo (PDCA)<sup>14</sup> pode ser compreendido melhor na **Figura 9** e tem por finalidade:

**P** = *Plan* = Planejar,    **D** = *Do* = Executar,    **C** = *Check* = Checar,    **A** = *Action* = Ação



**Figura 9: O ciclo PDCA** (Adaptado de SLACK, 1999, p.462).

### 2.9.3. *Balanced Scorecard* – (BSC):

Para KAPLAN ET AL., (1997, p.2), o *balanced scorecard* traduz a missão e a estratégia das empresas num conjunto abrangente de medidas de desempenho que serve de base para um sistema de medição e gestão estratégica. Além disso, a elaboração de um mapa estratégico contribui para esta análise, proporcionando uma visão macro do processo com objetivos, posição atual e metas. Devendo apresentar:

- As metas a serem alcançadas;
- Quais indicadores serão analisados para viabilidade do projeto:
  1. O tempo para execução;
  2. O custo para implantação do projeto; e,
  3. O tempo de retorno

<sup>14</sup> Ciclo PDCA de Shewhart ou ciclo de Deming. É um ciclo de desenvolvimento que tem foco na melhoria contínua. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_PDCA](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_PDCA) Acessado em 05 Jun. 2012.

Ainda para KAPLAN ET AL., (1997, p.9), os objetivos e as medidas utilizadas no (BSC) não se limitam a um conjunto aleatório de medidas de desempenho financeiro e não-financeiro, pois derivam de um processo hierárquico norteado pela missão e pela estratégia da unidade de negócios; portanto devem atuar de forma sincronizada para obtenção do resultado proposto no início do projeto. Como o ciclo de vida de um projeto depende de uma análise sistêmica do ponto de equilíbrio, trata-se de uma situação onde 4 perspectivas (pessoas→processos→clientes→finanças) devem ser avaliadas.

### 3 - METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo de sua execução, esta dissertação utilizou-se de várias - e distintas - ferramentas metodológicas; logo, para melhor compreensão dos resultados obtidos, este capítulo apresenta:

- Descrição simplificada do setor sob estudo (fluxo de produção);
- Descrição dos pontos críticos do setor, segundo autores que utilizam o conceito de Ecologia Industrial;
- Abordagem utilizada para atingir os objetivos propostos inicialmente (introdução deste trabalho);
- Ferramentas metodológicas necessárias para atingir os objetivos;
- Outras informações: descrição do setor pelos aspectos econômicos, condições de contorno, etc.
- Materiais utilizados, etc.

Nota-se então a importância em ressaltar que, para o uso dos conceitos da Ecologia Industrial é significativo que o setor sob estudo apresente grande escala de produção – o que é denominado como produtor primário (AYRES, 1996) – e metabolismo/simbiose industrial intensa, com formação de produtos e co-produtos com bom valor agregado. Como já enfatizado por (QUEIROZ, 2006), essa é uma característica intrínseca do setor eletroeletrônico; além disso, como comprovado por (ARBUCIAS, 2008), o setor favorece a formação de ecossistemas industriais<sup>15</sup> externos e internos.

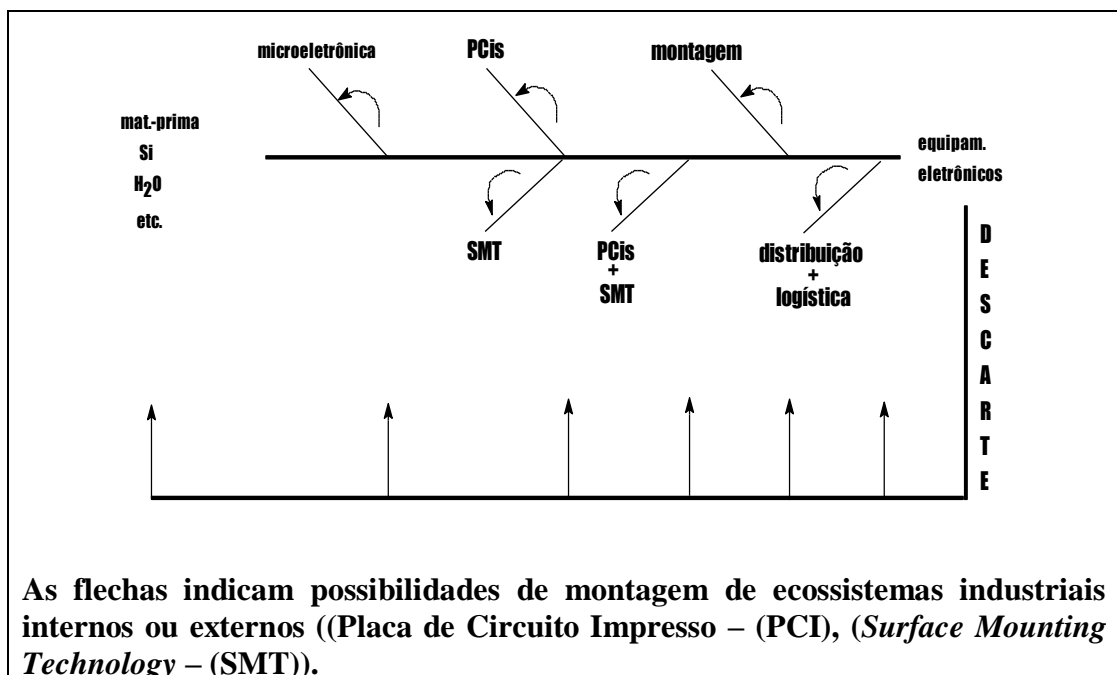
---

<sup>15</sup> Como descrito por (QUEIROZ, 2006), ecossistemas industriais são “zonas industriais organizadas para funcionarem como sistemas integrados, dentro da perspectiva de processamento interno. São consideradas medidas estratégicas para seu bom funcionamento: 1) existência de uma autoridade para a gestão de resíduos no parque; 2) projeto e construção das unidades e infraestrutura que enfatizem a eficiência energética e do uso de água, a utilização de fontes renováveis de energia, materiais ambientalmente benignos, e facilidade de desmontagem e reconstrução; 3) amplo serviço de informação ligando as companhias participantes, e 4) uma companhia gerenciadora do parque. Prevê-se, também, a possibilidade de as inter-relações de empresas ultrapassarem os contornos de uma zona industrial, abrangendo uma determinada região”.

### 3.1. Descrição Simplificada do Setor sob Estudo (Cadeia de Produção):

(QUEIROZ, 2006), através de um gráfico de Ishikawa - **Figura 10**, sumaria o setor do seguinte modo:

A indústria de base do setor (a microeletrônica) trabalha com grandes volumes de produção e consome grandes volumes de água e reagentes químicos. Devido às exigências de baixa contaminação, os dois insumos (água e reagentes químicos) podem ser facilmente reaproveitados em outras empresas, especialmente as galvânicas e as de circuitos impressos, que demandam menor pureza... Outra vantagem dessas empresas é o pequeno número, o que facilita montar parcerias para consumo de seus resíduos. Após a fabricação dos CI's estes serão acoplados a placas, de circuito impresso ou em superfície (*surface mounting technology* - *SMT*). As empresas que fazem a montagem eletrônica já estão mais disseminadas e o consumo de seus resíduos fica muito dependente de parcerias, principalmente com os fornecedores.



**Figura 10: Gráfico de Ishikawa da produção no setor eletroeletrônico.**

Fonte: (QUEIROZ: 2006)

Todavia, (QUEIROZ, 2006) lembra que o número de empresas em cada área aumenta ao longo da cadeia. Assim, são menos de 10 para microeletrônica, da ordem de 40 para (PCI) e (SMT), mas muito acima de 100 quando montagem de equipamentos é levada em conta.

### 3.2. Descrição dos Pontos Críticos do Setor:

Segundo (QUEIROZ, 2006), é crítica a reciclagem de equipamentos de tamanho pequeno, como celulares e computadores, não pelo aspecto técnico, mas, sim, pelo aspecto de poluição difusa, ou seja, da disseminação do produto no ambiente, o que é classicamente estudado pela logística reversa.

(LIMAD, 2010) notou a dificuldade de manter padrões de estoque e outras ferramentas da logística em uma empresa de montagem de equipamentos, o que é consistente com o observado por (QUEIROZ, 2006), quanto à desmontagem.

Para (ARBUCIAS, 2008) e (GAMEIRO, 2002) os processos de reciclagem interna e externa na área de (SMT) apresentam várias dificuldades; novamente não só pelo aspecto técnico, mas também pelo aspecto organizacional. Por isso, os equipamentos para a produção na área são considerados de difícil modificação e a destinação dos resíduos (na forma de co-produtos) para outras empresas sofre resistência por parte da média gerência. A água é um dos insumos de maior custo e, além disso, é também o com maior potencial para uso em simbiose industrial, preferencialmente com empresas que apresentem processos galvânicos. Um resíduo presente na água e de difícil remoção é o pó de silício, advindo do corte de lâminas (no caso, para encapsulamento de circuitos integrados).

### 3.3. Abordagem Utilizada para Atingir os Objetivos:

De acordo com (LIMAD, 2010), o uso dos conceitos de Ecologia Industrial, logística e (P+L) simultaneamente apresenta vantagens econômicas e ambientais. Portanto, o autor usou uma abordagem em “X, Y”, com (P+L) aplicada quando o foco foi processo e Ecologia Industrial quando a questão envolvia procedimentos de Logística. Segundo o autor,

“Como a Sustentabilidade requer a avaliação do aspecto temporal, isto pode ser obtido através do estudo do fluxo de materiais, usando os conceitos de (P+L) e Ecologia Industrial pelo aspecto ambiental, e de fluxo de processos pelo aspecto da Logística”.

Esses argumentos são consistentes com o gráfico proposto por (QUEIROZ, 2006), pois enquanto o fluxo de produção (**Figura 10**, linha horizontal) trata principalmente de produto, as entradas que descrevem as áreas (**Figura 10**, linhas a 45°) tratam de processos de produção.

Portanto, este trabalho fez uso de duas abordagens distintas e na seguinte ordem:

**a)** Para avaliar o fluxo de produção (linha horizontal, **Figura 10**), o que atende a um dos objetivos específicos, isto é, pelo aspecto de produto compreender onde a logística reversa tem maior impacto para o fechamento de ciclo: Análise do comportamento dos principais *stakeholders* e definição de um provável processo de reciclagem.

**b)** Para atuar na área que se mostrou mais crítica nesse fluxo de produção (item “a”), ou seja, com uma visão de processo e considerando entradas e saídas: determinação de principais co-produtos e respectivas dificuldades para fechamento de ciclo.

### **3.4. Ferramentas Metodológicas:**

Todos os três autores anteriormente citados (QUEIROZ, 2006); (ARBUCIAS, 2008); (LIMAD, 2010) utilizaram-se de estudos de caso para obter as conclusões acima expostas.

Segundo (QUEIROZ, 2006),

“O Método fenomenológico, que não é dedutivo nem indutivo, preocupa-se com a descrição direta da experiência tal como ela é e pode ter como ferramenta o estudo de caso. O caso é tomado como unidade significativa do todo e apresenta três fases: 1 - Seleção e delimitação do caso; 2 - Trabalho de campo; 3 - Organização e redação do relatório. O estudo de caso pode incluir várias outras técnicas: entrevista (diretiva e não diretiva), análise de conteúdo, observação (sistemática ou participante), questionário.”

Foi comum aos autores em questão também o uso de Programas de Prevenção de Poluição e de avaliação pela melhoria contínua (PDCA). Além disso, (ARBUCIAS, 2008) chama atenção da importância do uso de ferramentas no nível estratégico, como o *balanced scorecard* - (BSC) para implantação de conceitos de (P+L) ou ecologia industrial no sistema sob estudo.

Por conseguinte, esta dissertação também foi realizada através de estudos de caso, teóricos e/ou práticos, associados à coleta de dados através de pesquisa bibliográfica e de campo, com posterior análise dos dados obtidos. Contudo, aborda-se um fluxo produtivo sustentável - de equipamentos eletroeletrônicos bem como dos resíduos de fim de processo –

propondo-se alternativas para os fabricantes, revendedores e consumidores embasadas na (PNRS), ferramenta que não foi utilizada pelos autores anteriormente citados.

Para a análise do produto, isto é, com o foco na produção e descarte de equipamentos após sua vida útil, a metodologia é baseada principalmente em questionários e entrevista, não demandando materiais especiais de nenhum tipo.

Para a análise do processo, isto é, com o foco na produção, foram utilizadas uma série de técnicas de análise de empreendimentos, como proposta por (ARBUCIAS, 2008) para fechamento de ciclos de produção. Portanto, ocorreu auditoria inicial, para avaliação dos principais pontos de formação de co-produtos, avaliação das melhores opções de prevenção de poluição e posterior teste das opções elencadas como mais promissoras. Contudo, foi necessária a construção de protótipo e simulação de comportamento de fluidos, como descrito a seguir.

### 3.5. Materiais Utilizados:

Quanto à simulação do comportamento de fluidos (no presente caso, água) internamente a um reator, utilizou-se o programa FEMLAB 3.2® e microcomputador (*Pentium IV*®) com plataforma de 2.4 GHz, 2 GB de RAM. As condições de contorno, nesse caso, consideram uso das equações de *Navier–Stokes*<sup>16</sup>, com malha definida manualmente. A maioria das simulações são 2D e as dimensões do reator (apresentado nessa dissertação) são retiradas do desenho final por questões de confidencialidade. As velocidades utilizadas para o fluido variaram e são apresentadas em cada figura, quando for o caso.

Após a simulação, um protótipo foi construído para validar os resultados obtidos. Segundo (MENEZES, 2010), fabricação de protótipo é função inerente à (P&D), pois:

“O conjunto de ações inclui o uso do método científico, como instrumental adequado à natureza do problema, em toda a sua extensão, ou seja, da concepção abstrata da solução, passa pela experimentação, até a construção e validação de protótipos, quando for o caso de produtos... é a partir desse ponto que se inicia a

---

<sup>16</sup>As equações de *Navier Stokes* são equações diferenciais que descrevem o escoamento de fluidos Newtonianos. São equações a derivadas parciais que permitem determinar os campos de velocidade e de pressão num escoamento. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%B5es\\_de\\_Navier-Stokes](http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%B5es_de_Navier-Stokes). Acessado em 16 jul. 2012.

segunda atividade básica do processo de (P&D), que é a Transferência de Tecnologia”.

“Além disso, para o modelo de gestão de (P&D) de terceira geração as necessidades do mercado e a proposta de geração de uma nova ideia de um produto integram a área de P&D com as outras áreas da organização. Isto, para que o ciclo se complete, ou seja, é necessário que haja a produção de um protótipo para análise da viabilidade de manufatura e comercialização”.

“Protótipo é aqui compreendido como o local onde têm lugar todas as ações destinadas a transformar as ideias criativas, da proposta original, em um produto pronto para ser submetido a testes e validação”.

O protótipo fabricado seguiu as regras de escalamento da Engenharia Química quanto à produção de reatores (DUDUKOVIC, 2010) e (DONATI; PALUDETTO, 1997). O protótipo tem escalamento, em relação ao volume do reator avaliado, de 1:1000 enquanto, tanto a razão de aspecto quanto a velocidade linear do fluido foram mantidas, o que permite que a maioria dos números adimensionais, como por exemplo Número de Reynolds, sejam preservados. O comportamento do fluido no protótipo foi avaliado usando-se filmagens e traçadores, como já proposto por vários outros autores (SILVA ET AL., 2010); (SANTOS ET AL., 2008) e (BERALDO, 2006).

Como traçador foi utilizada principalmente solução aquosa 10% em massa de azul de metileno. Eventualmente outros traçadores foram utilizados e são comentados no próprio texto. A principal característica do azul de metileno como traçador é que o comportamento hidrodinâmico assemelha-se ao da água e/ou da água residuária sob estudo. A inserção de traçador utilizou seringas e ocorreu manualmente. Tanto o traçador como os reagentes utilizados – a menos de soluções comerciais fornecidas pela empresa estudo de caso - são (P.A.) (para análise) e fornecidos na Casa Americana S.A. e água destilada foi utilizada para a montagem das soluções.

### **3.6. Descrição do Setor, Condições de Contorno:**

Este item fornece informações para permitir, no resultado e discussões, a análise do posicionamento dos *Stakeholders* (atores ambientais ou partes interessadas). Neste estudo, os *stakeholders* são aqueles agentes que estão inseridos no processo desde o produtor passando pelo consumidor até a reciclagem ou destinação correta dos resíduos gerados no processo produtivo. Portanto, é preciso entender a logística como um todo, a macrologística, através de

um estudo que abrange o fluxo logístico e produtivo que envolve do fornecedor ao pós-consumo.

### 3.7. Consumo de alguns tipos de Equipamentos Eletrônicos no Brasil:

De acordo com (PANEQUE, 2010), pesquisas recentes retratam que a quantidade de celulares vendidos no Brasil gira em torno de 126 milhões. Estudos constatam que, em média, uma pessoa comum troca seu celular a cada 18 meses. Conforme dados da Agência Nacional de Telecomunicações – (ANATEL), dados de dezembro/2010, o Brasil tem 197,53 milhões de celulares em operação. Com relação aos computadores, no país, em 2011 o número de computadores chegou a 85 milhões, o que significa que quatro de cada nove brasileiros têm um equipamento para uso doméstico ou corporativo<sup>17</sup>. Segundo publicado no *site* ([www.eletros.org.br](http://www.eletros.org.br)), os produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos têm ampliado sua presença nos lares brasileiros a cada ano, ou seja, a tendência para consumo de computadores também encontra paralelo em outros equipamentos de uso doméstico, como pode ser observado na (**Tabela 1**).

**Tabela 1: Presença de Produtos Eletrônicos nos Domicílios Brasileiros**

PRODUTOS	2009	2010	2011
TELEVISORES*	56,043 MILHÕES		
RÁDIOS*	51,466 MILHÕES		
CELULARES**		197,53 MILHÕES	
COMPUTADORES***			85 MILHÕES

Fontes: \*IBGE PNAD; \*\*ANATEL; \*\*\*[www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br) (Adaptadas pelo autor)

Para PIRES (2011, p.251), na gestão da cadeia de abastecimento do setor de computadores um ponto importante a ser observado é o chamado posicionamento de materiais (disponibilidade de materiais), dado que o segmento é extremamente sensível a variações de volume, pois lida com produtos de alta tecnologia, rápidas inovações e alta obsolescência.

<sup>17</sup> Brasil tem 85 milhões de computadores em uso. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-tem-85-milhoes-computadores&id=010175110419>. Acessado em 21 Nov. 2011.

A pesquisa nacional por amostra de domicílios de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – (IBGE) mostra que os 58,577 milhões de lares eletrificados do País contam com alguns dos produtos fabricados pelo setor eletrônico.

Quanto ao aspecto demográfico do Brasil, de acordo com o (IBGE) no censo 2010, o país possui mais de 190 milhões de habitantes, o número de moradores/residência gira em torno de 3 (**Tabela 2**). Dentre os estados da federação, São Paulo é o mais populoso, com mais de 41 milhões de habitantes, e o município com maior número de habitantes é São Paulo com mais de 11 milhões conforme apresentado na (**Tabela 3**).

**Tabela 2: Distribuição de moradores por residência no Brasil em 2009**

Números de moradores na residência	%
<b>1</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>22,60</b>
<b>3</b>	<b>25,10</b>
<b>4</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>18,30</b>
<b>Total de residências</b>	<b>100</b>

Fonte: <http://noticias.r7.com/brasil/noticias/aumenta-o-numero-de-casas-com-ate-tres-moradores-diz-ibge-20100908.html>. (Adaptado pelo autor)

**Tabela 3: Distribuição demográfica em 2010**

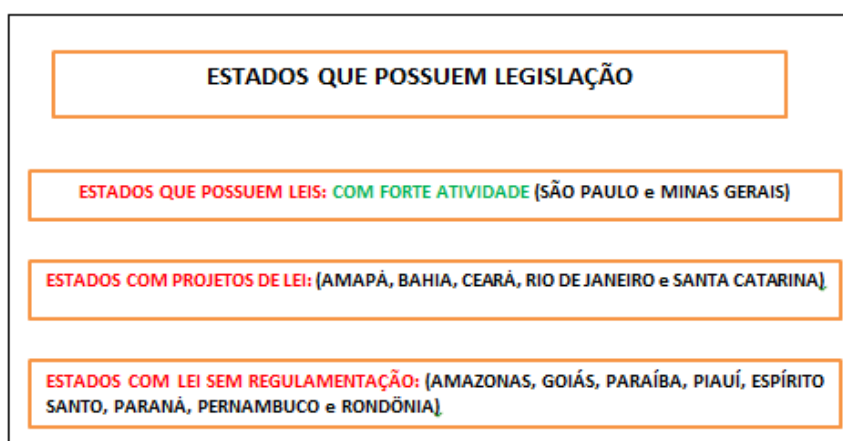
Demografia Ano/2010	Habitantes/Milhões
<b>Brasil</b>	<b>190.732.694</b>
<b>Estado de São Paulo</b>	<b>41.252.160</b>
<b>Cidade de São Paulo</b>	<b>11.244.369</b>

Fonte: <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/2010/11/29/populacao-do-brasil-ultrapassa-190-milhoes-mostra-censo-2010.jhtm>. (Adaptado pelo autor)

### **3.8. Análise Macro-Setorial do Segmento de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil:**

Neste item apresentam-se algumas ações do governo para tratamento e destinação de resíduos sólidos, com ênfase aos eletroeletrônicos, bem como uma análise econômica macrosetorial com ênfase nos denominados Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – (REEE). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – (ABINEE), os

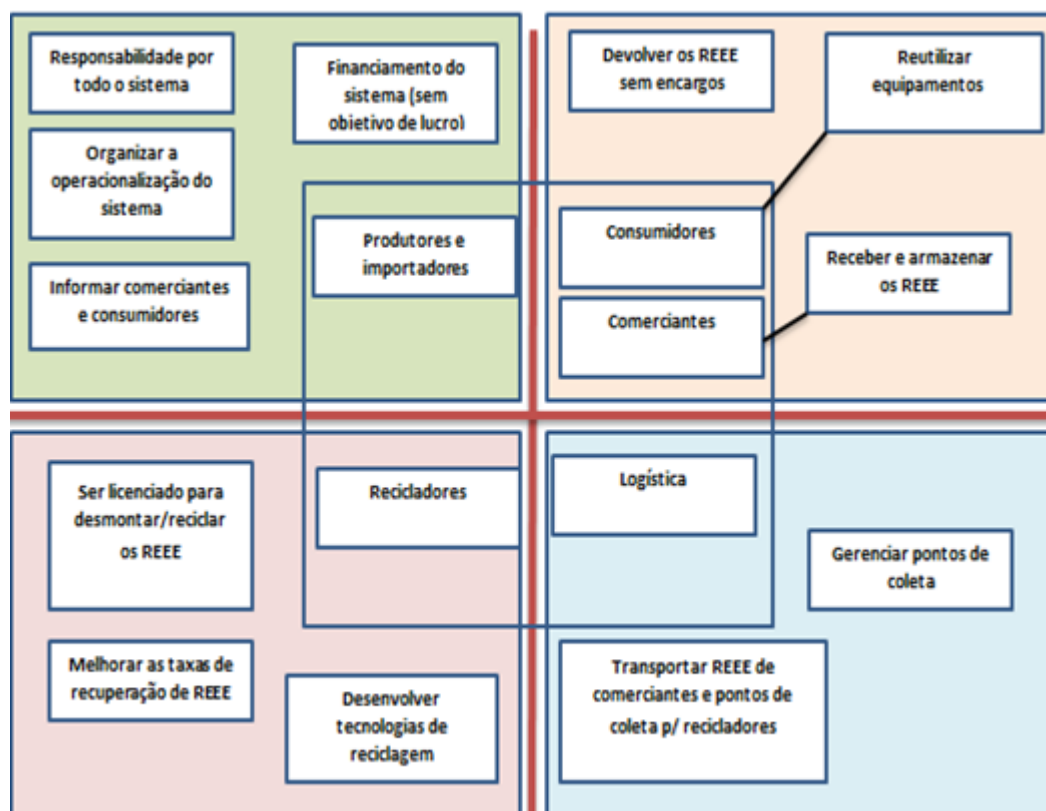
Resíduos Eletroeletrônicos – (REEE) podem ser definidos como os equipamentos elétricos e/ou eletrônicos que estejam em desuso e submetidos ao descarte, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis necessários para seu pleno funcionamento. Essa definição abrange uma ampla gama de produtos desde telefones celulares e fixos, televisores, computadores, rádios, máquinas de lavar roupa, geladeira, freezer, etc. Para assegurar um correto processo de descarte, faz-se necessária uma política ambiental bem estruturada, mas na **Figura 11** é possível verificar que nem todos os Estados da Federação possuem medidas ou políticas para gerenciamento dos resíduos sólidos, ou seja, dos 26 Estados e 1 Distrito Federal, apenas 15 Estados apresentam algum tipo ou intenção de legislação.



**Figura 11: Política de Resíduos Sólidos no Brasil**

Fonte: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/junqueir.pdf>. (Adaptado pelo autor)

Para assegurar o gerenciamento desses resíduos, a (ABINEE) propõe a adoção de uma gestão compartilhada dos (REEE) conforme apresentado na **Figura 12**. Nessa figura fica clara a existência de um (BSC), com semelhança ao proposto no ciclo (PDCA), e que considera as quatro dimensões (pessoas→processos→clientes→finanças).



**Figura 12: Esquema da Gestão Compartilhada para (REEE)**

Fonte: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/junqueir.pdf>. (Adaptado pelo autor)

Como consequência direta da crescente demanda por equipamentos eletrônicos, dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – (IPEA) apontam que o Brasil produz 57 milhões de toneladas de lixo por ano, dos quais só 2,4% dos resíduos sólidos urbanos são reciclados. Esse percentual é pequeno quando comparado com o de outros países, contudo, empresas do setor de reciclagem enxergam uma chance de aumentá-lo significativamente. Isto ocorre porque o Brasil é o mercado emergente que gera o maior volume de lixo eletrônico *per capita* a cada ano. Logo, por ano, o país abandona 96,8 mil toneladas métricas de (PC's), o equivalente a meio quilo desse lixo eletrônico por brasileiro<sup>18</sup>.

De acordo com os dados divulgados pela (ABINEE), o aumento no consumo de novos produtos é representado pelas importações de novos produtos, devido o aumento no padrão de renda do brasileiro.

<sup>18</sup> Publicado no site <http://www.ecodesenvolvimento.org.br/noticias/pnrs-atrai-investimentos-em-reciclagem-de#ixzz1ihfILNR>. Acessado em 06 de Janeiro de 2012.

Segundo o presidente da (ABINEE), Humberto Barbato, há alguns anos o faturamento refletia o nível de atividade das empresas, hoje, porém, este índice não está refletindo a situação efetiva pela qual passa o setor eletroeletrônico. “É preciso analisar, o quanto do mercado interno está sendo atendido por produto local ou por importação”. Incentivadas pelo Real valorizado, as importações de bens finais representaram 22% do faturamento total do setor, o que evidencia a dificuldade das empresas para competir.

De acordo com o noticiado no jornal Correio Brasiliense 05/2011, neste contexto, “o (IPEA) reforça a análise quando afirma que a balança comercial de eletrônicos e de telecomunicações ficou deficitária em US\$ 1,5 bilhão em 2010 e que segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – (MDIC), as importações desses artigos saltaram 42,7% de 2009 para 2010. Estudo divulgado pelo Instituto mostra que as matérias-primas avançaram na pauta de exportações enquanto o país perdia participação no comércio de produtos intensivos em tecnologia, para 0,46%”.

Para BRAGA (2005, p.222) a teoria econômica ensina que o acesso aos bens e serviços existentes em uma sociedade fica adequadamente disciplinado quando todos efetivamente se subordinam às leis econômicas. Com a publicação da Lei 12.305/2010 que trata da (PNRS), o governo adota medidas de gestão dos resíduos e espera que os fabricantes e consumidores se conscientizem na importância da adoção de práticas que viabilizem a reciclagem de produtos após seu ciclo de vida propondo a logística reversa. Colocando de outro modo, medidas governamentais podem estar implícitas na (PNRS) como barreira não alfandegária, para preservar a indústria nacional do setor de eletroeletrônicos, pois a abertura de mercado pode ter reflexo inesperado no âmbito econômico e no gerenciamento dos resíduos de componentes importados.

Conforme matéria publicada no jornal Valor Econômico 07/2011, “a principal regra desse marco regulatório obriga os 5.565 municípios brasileiros a acabar com os lixões, construir aterros sanitários e instituir a coleta seletiva. Terão prazo até 2012 para apresentar seus planos e até 2014 para iniciar o novo procedimento. O governo federal criou comitês e grupos de trabalho para analisar e discutir a implantação do plano. As prefeituras resistem, alegando principalmente a falta de recursos. O acordo entre as duas partes, que envolve o setor industrial, vai disciplinar a destinação de 180 mil toneladas de lixo urbano produzidas no país por dia. O novo marco prevê ainda a logística reversa em cadeias produtivas como as

de eletroeletrônicos e lâmpadas fluorescentes, entre outras. A questão financeira também preocupa as indústrias, porque a obrigação deve gerar novos custos para as empresas”.

A deliberação de um plano de gerenciamento de resíduos no país venha a induzir um maior reaproveitamento dos materiais/produtos após seu ciclo de vida. Para auxiliar toda a gestão da cadeia produtiva nesta discussão, o governo criou um Grupo de Trabalho Temático – (GTT) - Eletroeletrônico coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, com o objetivo de promover ampla discussão sobre modelos de sistema de logística reversa para o setor, com a participação de atores do setor público e privado vinculados a essa cadeia produtiva e o processamento de seus resíduos, para subsidiar o Grupo Técnico de Assessoramento – (GTA) e o Comitê Orientador na tomada de decisões pertinentes ao tema: analisar, estudar e apresentar propostas sobre matéria relacionada aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Para efeito comparativo dos conceitos acima citados, atores são denominados como *stakeholders* do processo.

Para o Ministério do Meio Ambiente – (MMA), Portaria N° 113 de 8 de Abril de 2011, no artigo 2° parágrafo IX,

“Compete ao comitê orientador, nos termos do que foi estabelecido no artigo 34 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2011: promover estudos e propor medidas de desoneração tributária das cadeias produtivas sujeitas à logística reversa e a simplificação dos procedimentos para o cumprimento de obrigações acessórias relativas à movimentação de produtos e embalagens sujeitos à logística reversa”.

Segundo SARAIVA (2011, p.58), “para que o decreto da (PNRS) não se torne um obstáculo empresarial é preciso discutir a parcela de responsabilidade da sociedade civil e do governo de forma compulsória e não facultativa...”. Onde, parte do empresariado considera que a obrigatoriedade para cumprimento da Lei esbarra na falta de informações para a cadeia de produção e do consumo, pois se têm a preocupação que com a adoção das medidas amparadas na Lei poderão acarretar custos em todas as fases do processo, ou seja, da industrialização ao consumidor. Neste contexto, LEITE (2009, p.220-221-222) aponta alguns aspectos relevantes para o futuro da logística reversa no Brasil, dentre eles os das legislações - entendida como nível de intervenção dos governos nas atividades de logística reversa como:

- Legislação tributária;
- Incentivo à aquisição de materiais reaproveitáveis;
- Penalização às contravenções envolvidas no retorno dos produtos; e,

- Participação empresarial e responsabilidades na elaboração das legislações relativas ao retorno de materiais.

De acordo com ARBUCIAS (2008, p.129) em seus estudos de caso, foi possível concluir que no setor produtivo, mesmo em empresas de grande porte, que apresentam princípios e políticas ambientais claramente definidas, a questão da sustentabilidade não é compreendida e aplicada em seu sentido mais amplo, isto é, considerando a visão sistêmica pelos pilares econômicos, ambientais e sociais. A reforçar esta afirmação existe, conforme matéria publicada no jornal Valor Econômico em 11/2010, a consideração de que “o universo do lixo eletrônico é pouco conhecido no Brasil, mas as empresas do setor tentam, neste momento, rastrear a destinação que os consumidores dão a esses aparelhos ao deixar de usá-los”.

Ainda de acordo com a matéria, o problema é que ninguém sabe exatamente onde se encontra esse material e qual o tamanho do passivo. Uma estimativa da Organização das Nações Unidas – (ONU) indica que cada brasileiro gera 0,5 quilos, em média, por ano.

Com o aumento do consumo estima-se que o percentual de descarte deva subir na mesma proporção, e que o governo deveria adotar medidas para diminuir o impacto do descarte indevido desses resíduos, que podem trazer sérios problemas ambientais e de saúde, além de possuírem alto valor agregado, por exemplo, por possuírem concentrações significativas de metais nobres. Porém, o que abstrai de todas essas forças atuando no sistema é que a adoção dessas medidas não é tão simples, entre outros motivos, porque há pouca divulgação de tais medidas, o que gera dúvidas em toda a cadeia produtiva e de consumo.

A seguir, são apresentados dados estatísticos do setor de eletroeletrônicos para descrever essa realidade conjuntural. Os dados foram extraídos do *site* da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – (ABINEE) e adaptados à pesquisa<sup>19</sup>.

O faturamento da indústria elétrica e eletrônica, em 2010, atingiu R\$ 124 bilhões, o que representa crescimento de 11% em relação a 2009 (R\$ 112 bilhões). Na comparação com

---

<sup>19</sup> Os dados foram extraídos do site da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, adaptados à pesquisa e estão referenciados. Dados Estatísticos do Setor de Eletroeletrônicos. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acessado em 06 Jan. 2012.

Dados Estatísticos do Setor de Eletroeletrônicos - Avaliação Setorial - 2º Trimestre 2011. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon11.htm>. Acessado em 06 Jan. 2012.

2008, período pré-crise, o incremento foi de apenas 1%, quando o faturamento do setor registrou R\$ 123 bilhões. O resultado de 2010 ficou abaixo das expectativas diante do crescimento do Produto Interno Bruto – (PIB), da ordem de 7,5%, ou seja, o faturamento do setor poderia ter crescido pelo menos 15%. Este fato é justificado, primeiramente, pela valorização, da ordem de 13%, do Real em relação ao Dólar Americano, que implicou no acirramento da concorrência dos produtos do setor, tanto no mercado externo como no mercado interno. Contudo, houve significativo aumento na década, uma vez que em 2004 correspondia a apenas 81,6 bilhões. O faturamento total por área de produção é apresentado na **(Tabela 4)**. O alto valor para o item equipamentos industriais provavelmente se deve à importação de maquinário.

As exportações perderam participação nos negócios do setor. As exportações de produtos elétricos e eletrônicos cresceram 2% no 1º semestre de 2011 em relação a igual período de 2010 **(Tabela 5)**, mas na realidade correspondem a uma variação de -7% (menos 7 por cento em reais), mesmo com o crescimento de 11% do faturamento da indústria.

O aumento das exportações de equipamentos de automação industrial, componentes elétricos e eletrônicos e equipamentos industriais, com variações de +39%, +17% e +35%, respectivamente, significa exportações de partes e peças presentes no fim da cadeia de produção **(Tabela 5)**. De fato, no caso de automação industrial, cresceram as exportações de instrumento de medida, quadros e painéis. Quanto aos componentes elétricos e eletrônicos, as melhores performances foram de eletrônica embarcada, componentes para telecomunicações e componentes passivos. Nos equipamentos industriais, destacaram-se os motores e geradores **(Tabela 6)**.

A **(Tabela 7)**, apresenta o volume de importações do setor com base no primeiro semestre de 2011. O aumento 20% nas importações de produtos elétricos e eletrônicos no 1º semestre de 2011 em relação ao mesmo período de 2010 **(Tabela 8)** deve-se principalmente aos aparelhos celulares (111% de aumento), que, mesmo assim, apresentam ligeira retração (de 2%) no computo total, já que pertencem à área de telecomunicação, que sofreu uma retração de 9%. Em número de aparelhos, as compras externas de telefones celulares passaram de 2,6 milhões para 7,3 milhões, no entanto, é interessante verificar que, a produção atingiu 61 milhões de unidades em 2010, com 48 milhões disponibilizados no mercado interno e 13 milhões no exterior (queda de 3 milhões de unidades em comparação a 2009). Para Humberto Barbato, presidente da (ABINEE), o aquecimento do setor preocupa a

indústria nacional pela entrada de equipamentos importados, com perspectiva de igual tendência em 2012.

**Tabela 4: Faturamento total por área de produção no setor eletroeletrônico**

Faturamento Total por Área (R\$ milhões a preços correntes)	2008	2009	2010	Variação
				2010 X 2009
Automação Industrial	3.446	2.943	3.237	10%
Componentes Elétricos e Eletrônicos	9.500	8.263	9.502	15%
Equipamentos Industriais	18.369	15.003	18.754	25%
GTD - Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.	11.919	10.604	12.089	14%
Informática	35.278	35.278	39.864	13%
Material Elétrico de Instalação	8.323	7.954	8.909	12%
Telecomunicações	21.546	18.367	16.714	-9%
Utilidades Domésticas Eletroeletrônicas	14.710	13.427	15.307	14%
<b>Total</b>	<b>123.092</b>	<b>111.839</b>	<b>124.376</b>	<b>11%</b>

**Tabela 5: Exportações de Produtos do Setor - 1º Semestre/2011**

Áreas	US\$ Milhões		Variação em %
	2010	2011	
Automação Industrial	165	229	39%
Componentes	1.413	1.646	17%
Equipamentos Industriais	465	628	35%
GTD - Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.	431	325	-25%
Informática	210	194	-8%
Material Elétrico de Instalação	62	64	4%
Telecomunicações	637	405	-36%
Utilidades Domésticas	268	251	-6%
<b>Total</b>	<b>3.651</b>	<b>3.742</b>	<b>2%</b>

**Tabela 6: Produtos mais exportados - 1º Semestre/2011 (US\$ milhões)**

Produtos	2010	2011	Varição em %
Eletrônica Embarcada	354	457	29%
Motocompressor Hermético	324	328	1%
Motores e Geradores	227	311	37%
Comp. p/ Equipamentos Industriais	253	288	14%
Telefones Celulares	535	275	-48%
Instrumento de Medida	96	118	23%
Comp. p/ Telecomunicações	87	117	35%
Comp. p/ Mater. Instalação	110	111	1%
Transformadores	171	93	-46%
Impressoras	48	72	49%

**Tabela 7: Importações de Produtos do Setor - 1º Semestre/2011**

Áreas	US\$ Milhões		Varição em %
	2010	2011	
Automação Industrial	1.311	1.647	26%
Componentes	9.013	10.361	15%
Equipamentos Industriais	1.532	1.834	20%
Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.	567	832	47%
Informática	1.342	1.592	19%
Material Elétrico de Instalação	492	575	17%
Telecomunicações	1.118	1.645	47%
Utilidades Domésticas	777	954	23%
<b>Total</b>	<b>16.152</b>	<b>19.439</b>	<b>20%</b>

**Tabela 8: Produtos mais importados - 1º Semestre/2011**

Produtos	US\$ Milhões		Varição em %
	2010	2011	
Comp. p/ Telecomunicações	1.998	2.636	32%
Semicondutores	2.057	2.386	16%
Componentes p/ Informática	1.865	1.490	-20%
Instrumentos de Medida	584	741	27%
Eletrônica Embarcada	582	736	26%
Comp. p/ Equipamentos Industriais	416	554	33%
Telefones Celulares	232	490	111%
Comp. p/ Mater. Instalação	357	454	27%
Máquinas p/ Processamento Dados	317	443	40%
Aparelhos Eletromédicos	332	356	7%

Um resumo dos principais indicadores da Indústria Elétrica e Eletrônica e suas projeções para 2012 podem ser vistos na (Tabela 9 (a) e (b)), respectivamente.

**Tabela 9: Projeções para a Indústria Elétrica e Eletrônica – Ano 2012**

<b>a) Indicadores</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Varição em %</b>
Faturamento (R\$ milhões)	134.904	152.534	13
Faturamento (US\$ milhões)	80.883	82.264	2
Exportações (US\$ milhões)	7.880	8.275	5
Importações (US\$ milhões)	40.093	46.100	15
Saldo (US\$ milhões)	-32.213	-37.825	17
Emprego (milhares)	183	186	2
Investimentos (R\$ milhões)	3.035	3.431	13
Investimentos (% do faturamento)	2%	2%	-

<b>b) Áreas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2012 X 2011</b>
Automação Industrial	3.483	3.971	14%
Componentes	9.673	9.867	2%
Equipamentos Industriais	20.779	23.065	11%
Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica GTD	13.364	15.636	17%
Informática	43.312	47.643	10%
Material de Instalação	9.223	9.682	5%
Telecomunicações	19.489	26.310	35%
Utilidades Domésticas	15.581	16.360	5%
<b>Total</b>	<b>134.904</b>	<b>152.534</b>	<b>13%</b>

Tabelas: 4,5,6,7,8 e 9 - Fonte: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/fimano11.pdf>. Acesso em 06/01/12. (Adaptadas pelo autor)

A análise das condições de contorno do setor indica que a avaliação do comportamento e possível mudança frente à (PNRS) dos consumidores – para compreender os padrões de uso e descarte, e dos recicladores, para compreender as dificuldades – se técnicas, econômicas, organizacionais ou legais, é de grande valia, e corresponde a um dos focos deste trabalho.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta os resultados obtidos divididos em duas partes distintas, correspondendo aos dois objetivos específicos listados na introdução e descritos em duas abordagens na metodologia desse trabalho. Além disso, nessas duas partes, a descrição dos resultados respeita a ordem produtor primário/consumidor/reciclador, como proposto por (AYRES, 1996). Como lembrado por (FRAGOMENI, 2005):

“Extrapolando a concepção de ecossistema biológico para o âmbito industrial, o ecossistema industrial preconiza a otimização do uso de materiais e de energia, além da utilização de resíduos de um processo como matéria-prima para outro, num modelo integrado dos elementos que compõem a sua cadeia. Baseando-se no paralelo apresentado entre os sistemas biológicos e industriais, a Ecologia Industrial visa investigar, através da análise dos balanços dos fluxos de materiais, como os ecossistemas industriais podem “se fechar”, analogamente ao modelo do produtor-consumidor-decompositor dos sistemas naturais”.

Portanto, como resumido por (COSTA, 2002), no capítulo inicial de seu trabalho:

“A metáfora do metabolismo industrial pode contribuir para a reestruturação dos processos industriais. O modelo do produtor-consumidor-decompositor é adequado para investigar como os ecossistemas industriais podem “se fechar”. A fragilidade da metáfora se transforma em um objetivo a ser alcançado. Como os antropossistemas não apresentam ainda decompositores ou recicladores capazes de promover o fechamento, a busca se concentra em superar tal fragilidade”.

Para a aplicação do modelo produtor-consumidor-decompositor é importante, igualmente, considerar a simbiose – no caso industrial – que ocorre entre estes. A Simbiose Industrial aborda predominantemente as atividades industriais e comerciais que incluem o intercâmbio de matéria como sua principal característica (TANIMOTO, 2004).

Por fim, deve-se considerar, como discutido por (AYRES, 1996), que a formação de um ecossistema industrial precisa transpor 4 barreiras, nessa ordem: aspectos técnicos, econômicos, organizacionais e legais.

#### 4.1. Análise dos Impactos pelo Aspecto do Produto:

Aqui se avalia onde a logística reversa tem maior impacto no setor eletroeletrônico para fechamento de ciclo pela análise do comportamento dos *stakeholders*.

##### 4.1.1. Stakeholders: Consumidores:

Para compreender quais os principais fatores vêm influenciando no consumo e na reciclagem de produtos eletrônicos, foi realizada uma pesquisa entre 01/09/11 e 30/10/11 na grande São Paulo com 329 entrevistados. Portanto, como **Instrumento de coleta de dados**, optou-se pela pesquisa de campo através de questionários com:

- 329 consumidores e da tabulação dos dados;
- Análise setorial; e,
- Análise de estudo de caso.

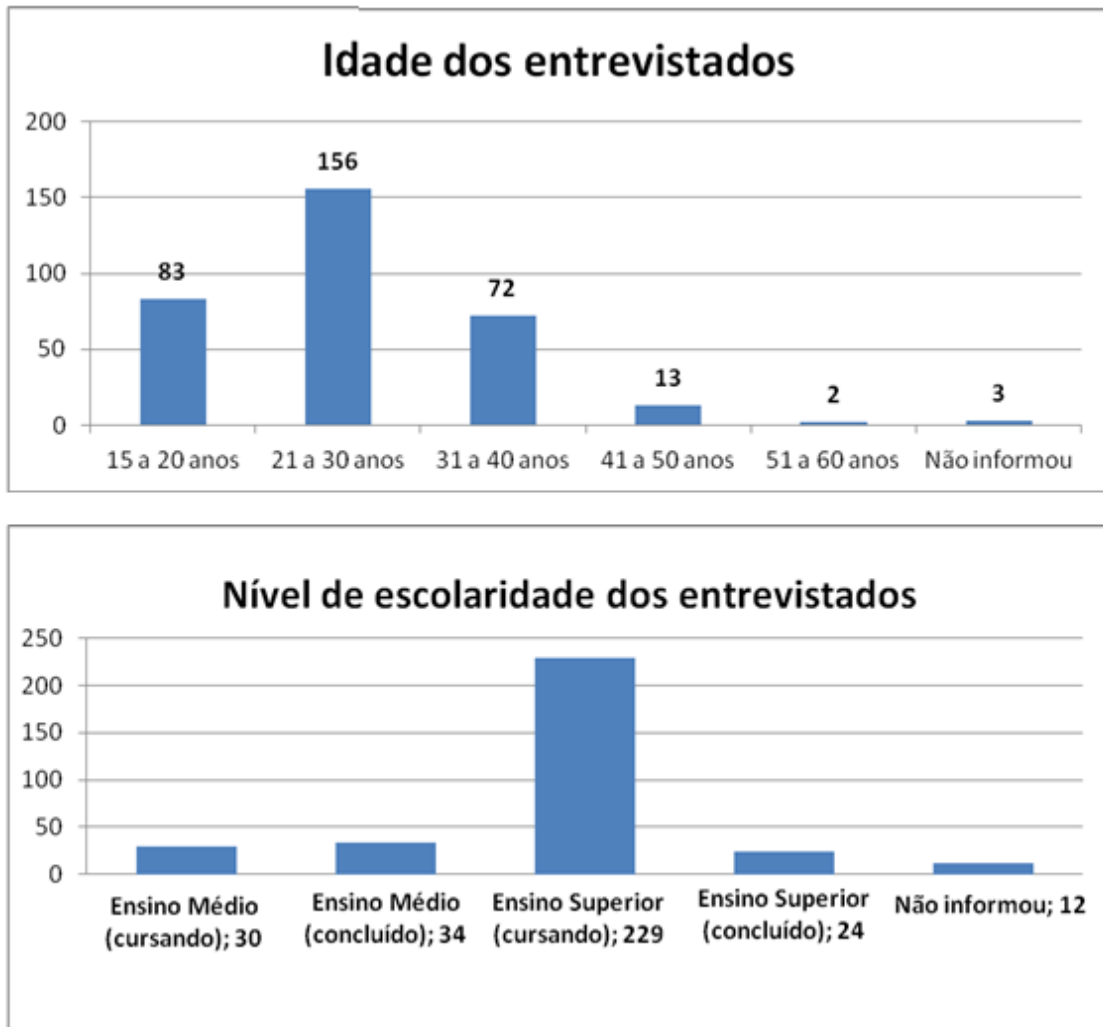
Avaliou-se, entre outras coisas se os consumidores possuem informações de como descartar seus equipamentos eletrônicos. No ato desta pesquisa foi informado aos entrevistados o objetivo desta, para garantir melhor fidelidade de resposta.

Para traçar o perfil do entrevistado, no início do questionário, foram solicitadas informações genéricas, tais como: nome, sexo, idade, profissão e escolaridade.

Considerando a idade e escolaridade dos entrevistados, na **Figura 13**, percebe-se consistência com os dados do (IBGE) (ver metodologia); o mesmo ocorrendo com o número de pessoas por família, ou seja, a quantidade de pessoas que residem com o entrevistado e respectiva faixa etária. Contudo, para os padrões atuais (famílias recém-formadas) pode-se considerar que as famílias dos que responderam a pesquisa são numerosas, pois 50% delas são constituídas por 4 ou 5 pessoas. Além disso, as famílias estão, de certa forma, distribuídas em todas as faixas etárias, com predominância da idade adulta, como apresentado nas (**Tabelas 10 e 11**).

Entretanto, estratificando-se a análise da faixa etária dos componentes dessas famílias em crianças (1 a 10 anos), jovens e adolescentes (11 a 20 anos), adultos (21 a 60 anos) e idosos (3ª idade, acima dos 61 anos), constata-se (**Tabela 11**) que essas famílias são formadas em sua maioria por pessoas adultas, as quais muito provavelmente estão inseridas no mercado de trabalho e se apresentam como consumidores em potencial. Portanto, essas famílias podem

fornecer dados significativos a respeito da aquisição de bens, o uso e aproveitamento desses, o descarte dos mesmos, a responsabilidade social e a preocupação com o meio ambiente, entre outros. Outras porcentagens, como divisão por sexo, não apresentam predominância e as profissões são bastante variadas, não se observando tendência que permita conclusão estatística.



**Figura 13: Idade e nível de escolaridade dos entrevistados**

**Tabela 10: Número de pessoas que vivem com os entrevistados**

<b>Nº. DE PESSOAS</b>	<b>FREQUÊNCIA ABSOLUTA</b>	<b>FREQUÊNCIA RELATIVA</b>
1,0	<b>36</b>	11%
2,0	<b>70</b>	22%
3,0	<b>82</b>	26%
4,0	<b>77</b>	24%
5,0	<b>37</b>	12%
6 ou mais	<b>19</b>	6%
<b>TOTAL</b>	<b>321</b>	<b>100%</b>

**Tabela 11: Idade das pessoas que vivem com os entrevistados**

<b>IDADE</b>	<b>FREQUÊNCIA ABSOLUTA</b>	<b>FREQUÊNCIA RELATIVA</b>
1 a 10anos	<b>125</b>	13%
11 a 20 anos	<b>177</b>	19%
21 a 30 anos	<b>192</b>	20%
31 a 40 anos	<b>107</b>	11%
41 a 50 anos	<b>179</b>	19%
51 a 60 anos	<b>117</b>	12%
Acima de 61 anos	<b>48</b>	5%
<b>Total</b>	<b>945</b>	<b>100%</b>

A (**Tabela 11**) apresenta a estratificação para análise da faixa etária dos componentes das famílias dos entrevistados, considerando-se as faixas: crianças (1 a 10 anos), jovens e adolescentes (11 a 20 anos), adultos (21 a 60 anos) e idosos (3ª idade, acima dos 61 anos).

Na etapa mais abrangente da pesquisa foram elaboradas 18 questões alternativas e dissertativas, no qual se propôs obter dados com relação à quantidade de equipamentos eletrônicos por residência, bem como algumas questões de abrangência ambiental geradas pelo descarte desses equipamentos eletrônicos após tornarem-se obsoletos. As questões dissertativas foram utilizadas para se obter uma maior acurácia dos dados, confrontando-as com as questões alternativas que podem ser verificadas no (**Apêndice A**).

#### 4.1.1.1. Análise dos Resultados para o Comportamento dos Consumidores:

Os resultados apresentados a seguir são produto das respostas obtidas dos 329 entrevistados. Dentre vários aspectos relevantes para a pesquisa, pode-se analisar o perfil familiar e alguns dos valores pessoais dos entrevistados. Para tanto a terceira questão aplicada aos entrevistados teve como objetivo saber quantos equipamentos eletrônicos eles possuem em casa, e obtiveram-se os resultados apresentados na **(Tabela 12)**. Os resultados apontam para famílias com perfil altamente consumidor, verificando-se mais de um mesmo tipo de equipamento eletrônico em cada família, além de número elevado de aparelhos celulares, em média 3,19 por família, e, também, mais do que o dobro do número de computadores. O alto número de celulares, novamente, é consistente com a análise feita pelo (IBGE).

**Tabela 12: Equipamentos eletrônicos presentes nas casas**

APARELHOS	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
Telef. celular	<b>1050</b>	31%
Televisores	<b>776</b>	23%
Rádios	<b>481</b>	14%
DVD	<b>483</b>	14%
Computadores	<b>493</b>	15%
Outros	<b>57</b>	2%
<b>TOTAL</b>	<b>3340</b>	<b>100%</b>

Mesmo não sendo o foco desta pesquisa, pode-se conjecturar a respeito das consequências do consumismo elevado e aspectos como, preços baixos, promoções, facilidades de financiamento, modernidade, tecnologia, etc. Esse consumismo pode agravar os impactos ambientais dependendo da frequência de descarte. Assim, para a “questão em quanto tempo esses aparelhos têm sido substituídos” **(Tabela 13)**, a análise das respostas obtidas para a questão novamente apontam para o alto consumo de celulares. Uma possível interpretação é que os mesmos motivos que levam à aquisição desses aparelhos também levam à substituição em tão pouco tempo. Como os campeões de tempo mínimo para troca são além dos telefones celulares os computadores, pode-se supor que a questão tecnológica tenha uma grande influência. De modo geral, portanto, é a tecnologia da informação que mais

influi no dia-a-dia dessas famílias, ou seja, é aquela responsável pela informação e que contribui na rapidez de decisão (por exemplo, ligações, mensagens, torpedos, acesso a internet, etc.) ou na capacidade de estocar/manipular dados. Embora alguns desses aspectos aqui citados não sejam do escopo desse trabalho, é útil observar sua relevância, que pode ser discutida em futuras pesquisas.

**Tabela 13: Respostas para a questão**

**Com que frequência você troca estes equipamentos por equipamentos novos?**

APARELHOS	TEMPO MÉDIO DE TROCA EM ANOS
Telef. celular	1,68
Televisores	4,55
Rádios	5,42
DVD	3,86
Computadores	3,49
Outros	8,83

O impacto ambiental desse alto consumo será, uma vez que o tempo de troca é tão curto, maior se não houver um descarte correto do produto. Ao se analisar as respostas de como os entrevistados descartam os equipamentos substituídos (**Tabela 14**) percebe-se que não é comum o uso da reciclagem, porém – é importante salientar - poucos responderam que os jogam no lixo. Uma parcela bem considerável mostra a reutilização desse equipamento por terceiros e uma parcela também expressiva deixa o equipamento guardado. Isso é consistente com a dificuldade de compra pela população devido ao relativo alto custo do produto.

**Tabela 14: Como os entrevistados descartam os equipamentos substituídos**

<b>Após a compra de um produto novo, o que você faz com o equipamento obsoleto?</b>
<b>92 Entrevistados responderam: “Deixa guardado”</b>
<b>235 Entrevistados responderam: “Doa a quem precisa”</b>
<b>17 Entrevistados responderam: “Joga no lixo”</b>
<b>08 Entrevistados responderam: “Leva para uma cooperativa de reciclagem”</b>
<b>10 Entrevistados responderam: “Vende”</b>

**Obs.:** Nesta análise, houve situações em que um entrevistado optou por mais de uma alternativa.

Como alertado no referencial teórico deste trabalho, há dificuldades na interface homem/equipamento, entre outras coisas, pela dificuldade de compreensão do manual. Portanto, também foi avaliado se os entrevistados têm conhecimento sobre os equipamentos eletrônicos que adquiriram, bem como os riscos causados ao meio ambiente quando não utilizados ou descartados corretamente. Inicialmente, averiguou-se como são usadas as instruções oferecidas pelo próprio fabricante por meio do manual de instruções. Enquanto a (Tabela 15) indica baixa tendência em ler o manual, a (Tabela 16) apresenta uma provável causa do não interesse, pois a maioria diz não compreender tais manuais. Em resumo, os resultados indicam que, embora 62% digam ler os manuais de instrução, 67% julgam que estes não são de fácil compreensão, o que pode explicar até o desinteresse dos 38% que afirmaram não ler os manuais.

**Tabela 15: Respostas para a pergunta sobre o uso de manual de instruções**

<b>Você lê o manual de instruções dos equipamentos eletrônicos?</b>
<b>38% dos entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>62% dos entrevistados responderam: “Sim”</b>

**Tabela 16: Respostas sobre a compreensão do manual de instruções**

<b>O manual de instrução é de fácil entendimento quanto aos procedimentos para descartar o produto após seu ciclo de vida ter esgotado?</b>
<b>67% dos entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>30% dos entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>03% dos entrevistados não responderam</b>

Uma vez que por meio dos manuais de instrução os consumidores demonstram não obter informações claras a respeito do descarte correto do produto, a pergunta sobre a função do vendedor no ato da compra (Tabela 17) reforça a dependência do comprador com atitudes de terceiros para garantir o descarte correto. Aqui há uma oportunidade de negócio importante, através da implantação de políticas públicas visando o correto descarte, ou seja, é importante criar meios claros de implantação da (PNRS).

**Tabela 17: Respostas sobre a função do vendedor no ato da compra**

<b>No ato da aquisição destes produtos os vendedores deveriam orientar os consumidores quanto ao descarte correto destes produtos?</b>
<b>84% dos entrevistados responderam: “Muito relevante”</b>
<b>15% dos entrevistados responderam: “Pouco relevante”</b>
<b>01% dos entrevistados não responderam</b>

Portanto, nestes resultados, podem-se destacar dois pontos importantes:

1. É expressivo o número de pessoas interessadas em obter informações sobre os equipamentos bem como, sobre o descarte correto.
2. Tanto os manuais de instrução precisam ser mais objetivos e claros para o consumidor como os vendedores poderiam ser treinados para dar esse tipo de orientação.

Na (Tabela 18), observa-se uma boa conscientização e responsabilidade social dos entrevistados, pois noventa por cento apoiam a discussão e educação sobre questões ambientais desde o ensino fundamental. Contudo, como observado nas questões anteriores, essa conscientização em geral não se manifesta na forma de atitudes práticas e corriqueiras.

**Tabela 18: Respostas sobre educação ambiental**

<b>Como você analisa a possibilidade de se adotar uma disciplina sobre gestão ambiental desde o ensino fundamental no país?</b>
<b>90% dos entrevistados responderam: “Muito relevante”</b>
<b>08% dos entrevistados responderam: “Pouco relevante”</b>
<b>02% dos entrevistados não responderam</b>

Para avaliar mais claramente o grau de conscientização e de conhecimento das pessoas quanto aos danos que podem ser causados à saúde e ao meio ambiente dos entrevistados, foram elaboradas duas perguntas. As (Tabelas 19 e 20) resumem os resultados obtidos. Percebe-se que há o conhecimento sobre a existência de substâncias tóxicas na composição dos equipamentos e dos problemas de saúde que estes podem causar. O que novamente

reforça a necessidade de haver preocupação com a implantação de políticas públicas a respeito do descarte correto dos equipamentos eletrônicos.

**Tabela 19: Respostas sobre conscientização ambiental**

<b>Você tem conhecimento da existência de substâncias tóxicas na constituição de seus equipamentos eletrônicos?</b>
<b>72% dos entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>27% dos entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>01% dos entrevistados não responderam</b>

**Tabela 20: Respostas sobre conscientização sobre saúde e meio ambiente**

<b>Você tem conhecimento dos problemas ambientais e de saúde pública gerados pelo descarte indevido de produtos eletrônicos?</b>
<b>273 Entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>51 Entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>05 Entrevistados não responderam</b>

Além da questão sobre conscientização, preocupação e educação sobre o descarte adequado, existe também um ponto de extrema relevância – que é a implantação de políticas públicas, que se tentou investigar com perguntas do cunho:

**“Estamos amparados para um descarte correto?”**

A seguir, são analisadas algumas questões sobre esse aspecto. Quanto à dificuldade de descartar um produto eletrônico, a (Tabela 21) apresenta o resultado obtido. Aproximadamente metade afirma ter conseguido descartar seus produtos eletrônicos sem dificuldades, o que é inconsistente com os resultados da (Tabela 14), já que a maioria indica não utilizar um posto de reciclagem. Além disso, acima de 80% dos entrevistados declaram não ter conhecimento de postos de coleta em seu bairro (Tabela 22). Porém, como discutido anteriormente, a grande maioria afirmou doar equipamentos obsoletos, o que permite supor que os entrevistados consideram que a doação também é um descarte. Essa posição revela uma visão de curto prazo, pois o produto terá, cedo ou tarde, sua vida útil terminada e deverá seguir para a reciclagem, esta entendida como retorno ao ciclo produtivo.

**Tabela 21: Respostas sobre descarte de produto eletrônico**

<b>Você já teve dificuldade em descartar um produto eletrônico?</b>
<b>53% dos entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>46% dos entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>01% dos entrevistados não responderam</b>

**Tabela 22: Respostas sobre postos de coleta**

<b>Você tem o conhecimento de algum posto de coleta de equipamentos eletrônicos em seu bairro?</b>
<b>291 Entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>35 Entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>03 Entrevistados não responderam</b>

Quanto aos poucos que afirmaram ter conhecimento do posto de reciclagem, a maioria declarou não ter dificuldades em se dirigir até o local, como pode-se constatar na (Tabela 23). Esse dado é importante, porque permite avaliar que o problema do baixo descarte de produtos eletrônicos é menos dependente de questões de logística do que se poderia inicialmente supor.

**Tabela 23: Respostas sobre o posto de reciclagem**

<b>Se sim, quanto tempo você leva para chegar neste posto de coleta?</b>
<b>23 Entrevistados responderam de 1 a 10 minutos</b>
<b>02 Entrevistados responderam de 11 a 20 minutos</b>
<b>08 Entrevistados responderam de 21 a 30 minutos</b>
<b>05 Entrevistados responderam mais 30 minutos</b>

A grande maioria que afirmou não haver ou não ter conhecimento de um posto de coleta em seu bairro, declara que seria importante a implantação de um posto e que o utilizariam para o descarte de seus produtos eletrônicos, como constata-se na (Tabela 24). A grande maioria também se disporia a descartar corretamente os produtos (Tabela 25) o que parece indicar que falta comunicação ambiental sobre postos de descarte, uma vez que a minoria consegue fazer o processo corretamente. Por outro lado, o entrevistado condicionou

sua entrega do produto à facilidade do local de descarte, ou seja, existe a conscientização da periculosidade do material, mas pouca preocupação de se garantir sua melhor destinação.

**Tabela 24: Respostas sobre implantação de postos de reciclagem**

<b>Se não, você acharia conveniente a implantação de um posto de coleta de produtos em seu bairro?</b>
<b>305 Entrevistados responderam: “Sim”</b>
<b>06 Entrevistados responderam: “Não”</b>
<b>18 Entrevistados não responderam</b>

**Tabela 25: Respostas sobre o uso do posto de reciclagem**

<b>Caso tal posto seja implantado perto de sua casa, você se comprometeria a descartar convenientemente os produtos eletrônicos dos quais você fará desuso?</b>
<b>309 Entrevistados responderam “Sim”</b>
<b>13 Entrevistados responderam “Não”</b>
<b>07 Entrevistados não responderam</b>

Quanto ao conhecimento dos entrevistados a respeito das Leis sobre o descarte de equipamentos eletrônicos (**Tabela 26**), há pouco ou nenhum interesse, o que é consistente com a resposta anterior, que condiciona o descarte à facilidade da entrega.

**Tabela 26: Respostas sobre conhecimento das leis de descarte**

<b>Em questão das Leis sobre descarte de resíduos (lixo) você:</b>
<b>59 Entrevistados responderam: “Conhece”</b>
<b>164 Entrevistados responderam: “Já ouviu falar”</b>
<b>41 Entrevistados responderam: “Já estudou”</b>
<b>04 Entrevistados responderam: “Nunca ouviu falar e não se preocupa com ela”</b>
<b>71 Entrevistados responderam: “Nunca ouviu falar e gostaria de conhecê-la”</b>

Quando se abriu a possibilidade, na pesquisa, de apresentar as opiniões e/ou sugestões dos entrevistados (**Tabela 27**), estes reforçaram o comportamento anterior, principalmente quanto à doação.

**Tabela 27: Opiniões e/ou sugestões dos entrevistados**

<b>Dê sua opinião/sugestão sobre o assunto “como você pretende descartar seus equipamentos eletrônicos em desuso”</b>
<b>01 Entrevistado respondeu: “Jogar no lixo”</b>
<b>96 Entrevistados responderam: “Levar a um local de reciclagem”</b>
<b>37 Entrevistados responderam: “Doar”</b>
<b>05 Entrevistados responderam: “Guardar”</b>

#### **4.1.1.2. Conclusão Parcial:**

A pesquisa com questionários indicou que a maioria dos entrevistados tem conhecimento e preocupação quanto a reciclagem (descarte) dos equipamentos eletrônicos em desuso. Além disso, são conhecedores, pelo menos em sua maioria, dos problemas de saúde e ambientais que as substâncias tóxicas na constituição de tais equipamentos podem causar.

Existe também uma preocupação com a implantação de medidas educativas, como por exemplo: implantação de postos de coletas; a inclusão de disciplinas sobre gestão ambiental no ensino fundamental; tornar os manuais de instruções dos equipamentos mais claros e objetivos e capacitar os vendedores para darem tais informações.

Embora toda essa conscientização exista, percebeu-se algo muito importante. Enquanto tais postos ainda não existem próximo ao consumidor, um grupo demonstrou que não joga fora os equipamentos em desuso e a grande maioria afirmou doar ou deixar guardado. Assim, tais materiais não estariam, pelo menos a princípio, causando dano ao meio ambiente. Porém deixá-los guardado não caracteriza nenhum benefício. Quanto a doá-los, parece interessante e preocupante ao mesmo tempo. Ao serem doados serão ainda reutilizados por um certo tempo, o que é bom. Mas, em geral as pessoas que se apropriam de materiais doados, provavelmente são pessoas de menor poder aquisitivo e conseqüentemente menor grau de instrução, logo podem desconhecer os componentes tóxicos desses equipamentos e os

problemas que podem causar ao meio ambiente e a saúde. Portanto, pode ocorrer futuramente desses equipamentos serem descartados incorretamente.

#### **4.1.2. Stakeholder: Reciclador:**

Como os questionários revelaram que o público alvo provavelmente desconhece, ou não existem pontos de coleta de eletrônicos, uma pesquisa com os recicladores faz-se necessário. Nesse caso é preciso verificar, à luz da (PNRS), o comportamento do poder público e, considerando o setor privado, as propostas de reciclagem.

##### **4.1.2.1. Análise da Coleta de Resíduos no Âmbito Municipal - Prefeitura de São Paulo:**

No âmbito municipal existem as Estações de Entrega Voluntária de Inservíveis denominada de (ECOPONTOS)<sup>20</sup>. Segundo a Prefeitura do município de São Paulo:

“Estas estações recebem o entulho gerado por construções, demolições e pequenas reformas em prédios ou residências, que são jogados de maneira ilegal em avenidas, ruas e praças, têm gerado sérios problemas ambientais para a cidade de São Paulo e para a população, que está perdendo espaços de lazer e recreação. Assim, para combater este tipo de crime, a Prefeitura de São Paulo, através da Secretaria Municipal de Serviços – (SES), está aumentando a oferta de áreas para deposição regular dos resíduos da construção e demolição de pequenos geradores, além de facilitar e incentivar a reciclagem desses materiais”.

“Os ECOPONTOS são locais de entrega voluntária de pequenos volumes de entulho (até 1m<sup>3</sup>), grandes objetos (móveis, poda de árvores etc.) e resíduos recicláveis. Neste local, o munícipe poderá dispor o material gratuitamente em caçambas distintas para cada tipo de resíduo. A intenção da Prefeitura de São Paulo é aumentar o número de unidades”.

“Em caso de pequenas quantidades, de até 1 m<sup>3</sup>, o que corresponde a uma caixa d'água de mil litros ou 25% de uma caçamba, o descarte pode ser feito nos Ecopontos. Na região central, seis estão em funcionamento: Glicério, Liberdade, Armênia, Barra Funda, Cambuci e Nova Luz. Os Ecopontos também recebem entulho, resíduos gerados pelas atividades de construção civil, como fragmentos de tijolo, areia, cimento, entre outros. Já os grandes geradores de entulho devem contratar uma empresa cadastrada na Prefeitura, que faz a retirada, transporte e o descarte de forma apropriada. A relação dessas empresas está no site da Secretaria de Serviços”.

“Lixo eletrônico: A Central de Triagem de Lixo Eletrônico, localizada na Barra Funda, é a primeira da Cidade a recolher e reaproveitar eletrodomésticos como televisões, rádios, microondas, peças de computador, monitores, teclados, mouses, aparelhos telefônicos e fotográficos, dentre outros. Os interessados em se desfazer

---

<sup>20</sup> <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/amlurb/ecopontos/index.php?p=4626>

de peças eletrônicas podem levá-las gratuitamente até a Central, ou ainda, solicitar a retirada dos objetos pelo telefone 3666-0849<sup>21</sup>.

De acordo com a Prefeitura de São Paulo e da Secretaria de Serviços e Departamento de Limpeza Urbana, os quantitativos de resíduos recebidos nos (ECOPONTOS) - resumidos na (Tabela 28) – são em sua maioria entulho<sup>22</sup>.

**Tabela 28: Resumo da coleta de Ecopontos pela Prefeitura de São Paulo**

<b>Novembro 2011 (Fechamento Atual)</b>		
<b>Entulho (Inerte): 4.381,00 m<sup>3</sup></b>		
<b>Volumoso: 12.489,70 m<sup>3</sup></b>		
<b>Reciclados: 931,80 m<sup>3</sup></b>		
<b>Janeiro a Novembro 2011</b>		
<b>Entulho (Inerte): 44.745,95 m<sup>3</sup></b>		
<b>Volumoso: 156.540,14 m<sup>3</sup></b>		
<b>Reciclados: 8.348,65 m<sup>3</sup></b>		
<b>Total Recolhidos (últimos 03 anos)</b>		
<b>2009: 83.107 m<sup>3</sup></b>		
<b>2010: 123.500 m<sup>3</sup></b>		
<b>2011: 210.002,74 m<sup>3</sup> (Janeiro a Novembro)</b>		
<b>Percentual por Resíduos Removidos dos Ecopontos na Cidade de São Paulo</b>		
<b>Entulho /m3</b>	<b>27,1</b>	<b>%</b>
<b>Volumosos m/3</b>	<b>67,0</b>	<b>%</b>
<b>Recicláveis m/3</b>	<b>5,9</b>	<b>%</b>
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>%</b>

Fonte: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/ecopontos\\_1324473840.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/ecopontos_1324473840.pdf). (Adaptado pelo autor).

<sup>21</sup> [http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a\\_cidade/noticias/index.php?p=49703](http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=49703). Acessado em 05 Jun. 2012.

<sup>22</sup> A Prefeitura de São Paulo define entulho como “resíduo gerado pelas atividades de construção civil ou de reformas, também chamado de resíduo da construção civil.”. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/amlurb/entulho/index.php?p=4627>

### **4.1.3. Stakeholder: Representação de Classes e Produtores:**

#### **4.1.3.1. Análise Setorial no Âmbito da Representação de Classes dos (EEE's):**

A (ABINEE, 2011), em conjunto com a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos - (ELETROS), apresentou a “Proposta de modelagem de Logística Reversa para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – (REEE's)”. Essa proposta foi efetuada no âmbito do Grupo de Trabalho Temático de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos – (GTT), que elabora os modelos de recolhimento e destinação da (PNRS).

A proposta engloba os segmentos de linha branca (geladeiras, fogões, lava-roupas e aparelhos condicionadores de ar domésticos), verde (*desktops, laptops*, impressoras e aparelhos celulares), marrom (televisores, DVDs, aparelhos de áudio) e azul (batedeiras, liquidificadores e outros eletroportáteis). Nesse caso propõe-se – para não inviabilizar o processo de logística reversa - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que abrange os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Outros fatores importantes, na visão da (ABINEE) são:

- O consumidor, que deve dar início ao processo e que tem a faculdade de entregar ou não o produto à destinação final. Como o consumidor “acredita que há valor agregado no produto estende a vida útil deste produto, dificultando assim o controle de quando este produto será descartado”. Esse resultado é consistente com as informações obtidas na pesquisa e reforça as conclusões sobre os questionários aplicados, ou seja, os produtos têm vários ciclos de uso antes do descarte, ou, como colocado pelo representante da (ABINEE): “Em função desta cultura de repasse/reuso, a vida útil do produto acaba sendo maior do que a projetada pelo fabricante/importador e a responsabilidade das empresas depende de onde e quando o consumidor entrega o produto”.
- O mercado cinza;
- A supervalorização do resíduo, devido a metas quantitativas;

- A rastreabilidade dos produtos em função da quantidade colocada no mercado versus quantidade que retornará do consumidor; e,
- Legislações estaduais e municipais que estão aparecendo e necessitam ser atendidas antes das negociações no âmbito federal serem concluídas.

#### 4.1.3.2. Análise Setorial no Âmbito do Fabricante de Linha Branca:

Para efeito de pesquisa utilizaram-se das informações disponíveis no *site* da empresa Whirlpool Latin America<sup>23</sup>, que atua no Brasil com as marcas Brastemp, Consul e KitchenAid, com fábricas em Rio Claro (SP), Joinville (SC) e Manaus (AM). Logo, trata-se de um dos maiores fornecedores desse tipo de equipamento. Pelo aspecto técnico, a empresa tem condição de reciclar todos os materiais, tendo declarado que em 2009 reciclou mil toneladas de materiais pós-consumo, através da Central de Reciclagem da Unidade de Joinville, do Programa Brastemp Viva! e dos purificadores de água da Brastemp<sup>24</sup>.

A empresa também informa que o processo de reciclagem de materiais pós-consumo para a linha branca é realizado, manualmente, de maneira a permitir melhor separação dos materiais, geração de emprego e menor uso de energia. Para os refrigeradores, a reciclagem envolve sete etapas, que vão da retirada do gás refrigerante à desmontagem completa do gabinete.

Cada tipo de material é separado e depositado em contêiner correspondente, e então encaminhado para reciclagem ou disposição final em aterros industriais licenciados. Os componentes dos refrigeradores são enviados para recicladores devidamente licenciados.

O tempo para a conclusão do processo de logística e manufatura reversa varia, principalmente, em função do local de origem dos aparelhos. Por exemplo: refrigeradores provenientes da capital paulista levam, em média, sete dias úteis para concluir todo o processo – do momento em que o refrigerador é retirado da casa do consumidor até a sua completa desmontagem, com o envio dos materiais para recicladores (gases refrigerantes, metais, plásticos, compressores, componentes elétricos e vidros) ou aterros industriais (no caso dos isolantes a base de poliuretano e lã de vidro) devidamente licenciados.

---

<sup>23</sup> <http://www.whirlpool.com.br/>

<sup>24</sup> <http://www.mercadodecomunicacao.com.br/blog/2010/06/04/whirlpool-latin-america-recicla-mil-toneladas-mensais-de-materiais-pos-consumo/>

#### 4.1.3.3. Análise no Âmbito do Representante da Indústria:

Em entrevista realizada através de *e-mail* com a Confederação Nacional da Indústria – (CNI) Brasília - DF – Unidade de Meio Ambiente em 24/01/12 foram efetuados os seguintes questionamentos (**vide Apêndice B**) com as seguintes respostas:

**1) Como a Confederação Nacional da Indústria avalia a PNRS Lei 12305/2010 para o setor de eletrônicos?**

**Resposta:** Um enorme desafio devido à complexidade do setor e a algumas peculiaridades como a concorrência dos ilegais.

**2) As empresas do setor de eletrônicos estão preparadas para cumprirem esta Lei?**

**Resposta:** Sim. Porque muitas já fazem a logística. Contudo, mais uma vez a complexidade do setor, o comportamento do consumidor brasileiro e a concorrência dos produtos ilegais poderão dificultar em muito a implementação da PNRS.

**3) A CNI possui alguma estratégia para auxiliar estas empresas no atendimento desta Lei?**

**Resposta:** Sim. Costurar um bom acordo setorial com o governo e trabalhar para que outros dispositivos legais sejam criados para auxiliar as empresas na implementação da lei. Instrumentos econômicos, fiscais devem ser implementados assim como regras de simplificação do licenciamento ambiental e de transporte de resíduos.

#### 4.1.3.4. Análise no Âmbito do Setor de Limpeza Pública:

Em entrevista realizada através de *e-mail* com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – (ABRELPE) São Paulo – SP em 24/01/12 foram efetuados os seguintes questionamentos (**vide Apêndice C**) com as seguintes respostas:

**1) Como a ABRELPE avalia a PNRS Lei 12305/2010 para o setor de resíduos eletrônicos?**

**Resposta:** De maneira positiva, os resíduos eletroeletrônicos possuem componentes tóxicos que se não forem corretamente tratado e/ou manipulados podem causar danos a saúde, além da contaminação do meio ambiente. De encontro a essa necessidade o Art. 33 da PNRS estabelece que os resíduos eletroeletrônicos devem ser inseridos em um sistema de logística reversa para que esses resíduos sejam corretamente coletados, tratados e quando possível inseridos novamente no ciclo produtivo, seja de seu produto de origem ou em outro ciclo produtivo. O instrumento prioritário para implementação dos sistemas de logística reversa são os acordos setoriais. Com o objetivo de reunir informações para subsidiar a elaboração desse acordo o GTT de Eletroeletrônicos criado pelo GTA do Comitê Orientador da Logística Reversa (Decreto 7.404/10) vem se reunindo periodicamente.

**2) As empresas do setor de eletrônicos estão preparadas para cumprirem esta Lei?**

**Resposta:** Parcialmente, grandes empresas produtoras de eletroeletrônicos já possuem sistemas de logística reversa implementados, entretanto para que os sistemas funcionem adequadamente todos devem colaborar bem como distribuidores, comerciantes e consumidores.

**3) A ABRELPE possui alguma estratégia para auxiliar estas empresas do setor de eletrônicos no atendimento desta Lei?**

**Resposta:** Sim. É parceira em uma campanha de coleta de resíduos eletroeletrônicos. “A Política Nacional de Resíduos Sólidos, implementada pela Lei Federal 12.305/2010 estabelece a necessidade de implementação de programas de logística reversa para uma série de produtos, dentre eles os equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Em cumprimento com sua função social e para atendimento das disposições da lei, a ABRELPE firmou algumas parcerias para disponibilizar para a população um sistema de devolução e retorno dos seus resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Nesse sentido foram estabelecidos acordos de cooperação com a Prefeitura do Município de São Paulo, com o Grupo Pão de Açúcar e com a Associação Reciclázaro, com o estabelecimento de pontos de coleta em vários pontos da cidade, com previsão de ampliação constante da ação em São Paulo e também para outros estados. A perspectiva é de que até 2014 sejam disponibilizados mais de 20 pontos permanentes nas cidades-sede da Copa do Mundo” (ver ref. bibliográfico). Além disso, a ABRELPE participa no Grupo de Trabalho Temático criado pelo governo Federal para tratar da LR de Resíduos Eletroeletrônicos.

**4) Existem incoerências entre a PNRS e a PERS para o setor de eletrônicos?**

**Resposta:** Não. Em princípio não existe nenhuma incoerência, entendemos que toda experiência é válida e que no futuro próximo se houver alguma divergência essa será sanada.

#### **4.1.3.5. Análise no Âmbito de uma Empresa do Setor de Reciclagem:**

Entrevista realizada através de *e-mail* em 24/01/12 com a Sir Company Comércio e Reciclagem Ltda. São Paulo – SP; Ramo de atividade: Gerenciamento de resíduos, reciclagem e tratamentos diversos (**vide Apêndice D**). Neste caso, o foco é entender como uma empresa de reciclagem de eletrônicos está se adequando à Política Nacional de Resíduos Sólidos, foram efetuados os seguintes questionamentos com as seguintes respostas:

**1) Como a empresa analisa os aspectos técnicos da PNRS Lei 12305/2010?**

**Resposta:** Por sermos gestores e recicladores os fatores mais significativos, foram a inclusão oficial dos conceitos da logística reversa, as obrigações de cada setor e o pré-estabelecimento de que a reutilização e reciclagem é prioridade na cadeia logística pós-consumo e pós venda. O esclarecimento do *modus operandes* e responsabilidades da cadeia: fabricante/importador – distribuidor – revenda (comércio) – consumidor final. A PNRS foi fundamental para conscientizar e provar a real necessidade de destinar os resíduos de forma ambientalmente correta.

**2) O que mudou nos processos após a promulgação da Lei?**

**Resposta:** Os setores estão se organizando para atender as exigências da PNRS e das leis/normas que estão surgindo após a regulamentação. Sendo assim, o mercado está buscando inovações e oportunidades para facilitar o atendimento do público com viabilidade financeira. Para os recicladores dos itens estipulados pela PNRS abriu-se um leque de atendimento nacional.

**3) Existe alguma dificuldade em atender esta Lei?**

**Resposta:** Sim. Obter a demanda do mercado, visto que os fabricantes/importadores x comércio não estão alinhados, conscientizar o consumidor, atender a cadeia nacional sem aumentar consideravelmente o custo da logística, organizar as informações nos órgãos responsáveis, aplicar modelos propostos por associações de L.R.

**4) Se afirmativo, o que a empresa sugere para solucioná-la?**

**Resposta:** Reunir cada setor junto com as pontas (fabricante/importador, comércio, transporte) e alinhar as possibilidades sustentáveis para todos. Otimizar a L.R., ou seja, fazê-la em conjunto com os mesmos segmentos. Solicitar um banco de dados atualizado e fácil acesso com dados dos recicladores, valores de materiais, e capacidade produtiva para cada região.

**5) Há incoerência entre a PNRS e a PERS?**

**Resposta:** Sim. A Política Estadual de São Paulo não atendia mais o universo imposto pela PNRS referente a logística reversa, reciclagem, reuso, responsabilidades, utilização de cooperativas, entre outros conceitos, sendo assim em 2011 ela estará sendo alterada e inserindo metas para cada setor.

**6) Se afirmativo, a empresa pretende fazer investimentos em que área?**

**Resposta:** Sim, por hora não podemos divulgar.

**7) Existem parcerias com fabricantes de aparelhos eletrônicos com a finalidade de reaproveitamento de materiais?**

**Resposta:** Não nesse momento. Atualmente fazemos somente o descarte, destruição e destinação.

**8) Se afirmativo, como é o processo de remanufatura ou descarte dos componentes destes equipamentos?**

**Resposta:** Não se aplica.

**9) Existem parcerias para recolhimento dos resíduos eletrônicos?**

**Resposta:** Sim.

**10) Se afirmativo como se dá à logística?**

**Resposta:** A nível Brasil, parcerias desde transportadoras de pequenos volumes (CORREIOS) até centros de logística que armazenam temporariamente o material para enviá-lo a SIR Company em SP.

**11) Qual é o percentual de resíduo eletrônico coletado na empresa nos últimos cinco anos?**

**Resposta:** Desconsiderando o passivo existente, 10% a 18% do total do mercado Brasileiro.

#### **4.1.3.6. Conclusão Parcial:**

Como abordado no início deste capítulo, para (AYRES, 1996), a formação de um ecossistema industrial precisa transpor 4 barreiras, nessa ordem: aspectos técnicos, econômicos, organizacionais e legais.

O estudo da documentação existente, a pesquisa com um grupo de consumidores e as entrevistas com outros *stakeholders* permitiram averiguar que aspectos técnicos não são os mais impactantes no fluxo de produção – produção, consumo e reciclagem - dos eletroeletrônicos. De fato, na Inglaterra, em 2005 um estudo sobre o uso de eletrônicos pequenos, tais como brinquedos, *videogame*, secador de cabelo, etc., demonstrou a total despreocupação da população, que os descartava sem o mesmo rigor que usavam para itens grandes, como geladeiras (DARBY ET AL., 2005). Recebiam atenção especial apenas itens de maior valor monetário, como celulares. Por outro lado, os que tinham por norma sempre

reciclar estavam pressionando para que cuidados maiores fossem tomados com tais equipamentos. Por fim o estudo conclui que “há problemas práticos, técnicos, de logística e de atitudes a serem sobrepujados na reciclagem de itens pequenos.” Observa-se que os autores usam itens grandes como *benchmarking*, considerando que para este a *Waste Electrical and Electronic Equipament* - (WEEE) já encontrou sistema adequado. No mesmo período, na China, as maiores dificuldades para a implantação da (WEEE) foram consideradas como sendo a informalidade, falta de consciência ambiental do consumidor, coletor e do reciclador (HICKS ET AL., 2005).

Todavia, uma revisão sobre a situação global indicou que, muito embora existissem perigos na extração de metais dos eletroeletrônicos – especialmente em países em desenvolvimento, como a Índia, os principais problemas eram de outra ordem. Comparando China, Índia e África do Sul os autores encontraram à época: um mercado em franca atividade, mesmo que informal; na China e Índia o mercado dependia de pequenas e médias empresas informais, mas não na África do Sul; haviam estratégias em curso para melhorar o sistema (WIDMER ET AL., 2005). Além disso, cinco anos mais tarde, uma nova tentativa de avaliar globalmente os problemas demonstrou que não havia mudança significativa nas tendências da década (ONGONDO ET AL., 2011).

Finalmente, para o Brasil, (OLIVEIRA ET AL., 2012) considera que a principal dificuldade está na coleta, devido à educação da população e dos geradores industriais. A consequência disto é dificuldades de logística – devido ao tamanho do país – e de ganho econômico

Do mesmo modo, fica claro que não há dificuldades legais na implantação de sistemas de reciclagem - mesmo porque a (PNRS) favorece tal ação e os estados apresentam tendência de seguir pelo mesmo caminho em suas leis, como apresentado na **Figura 11**. Além disso, as associações de classe e outros *stakeholders* envolvidos na questão estão se mobilizando para criar um sistema adequado de reciclagem, ou seja, em termos organizacionais há ações ocorrendo, mesmo que incipientes, o que diminui o custo envolvido. Portanto, o principal problema, além da conduta do consumidor, é de ordem logística.

Contudo, contrapondo-se a (OLIVEIRA ET AL., 2012), este trabalho verificou que há um nicho de negócios pouco explorado e que já apresentou internacionalmente uma tendência semelhante: eletrônicos pequenos, ou seja, linha verde e congêneres. Esse nicho apresenta alto valor agregado, o que possibilita o uso em série por mais de um consumidor, e facilidade de manuseio e/ou transporte, devido a peso e tamanho. Portanto, é possível, à luz da (PNRS) e

considerando os conceitos de Ecologia Industrial<sup>25</sup>, propor um sistema de logística reversa especificamente para esse segmento. As necessidades organizacionais, neste caso, são principalmente o treino de catadores autônomos, pois muitos desses catadores desconhecem ou não conseguem identificar os tipos de resíduos bem como seu grau de toxicidade. Com base na (PNRS), fica possibilitada uma abrangência macro desde o produtor até o catador/reciclador e a destinação correta dos componentes após a segregação, tornando a logística reversa em um instrumento de gestão nesse processo e de geração de renda.

A principal dificuldade técnica são os componentes de difícil reciclagem. Esse é o caso dos circuitos integrados (CI's), especialmente quando montados em superfície (SMT), que é o caso para celulares e computadores<sup>26</sup> (DALRYMPLE ET AL., 2007) e (CHI ET AL., 2011).

Os computadores também apresentam o agravante de uso intensivo de energia (YAO ET AL., 2010). A produção de CI's também é responsável por grande consumo de insumos, da ordem de 2kg para cada 2g de (CI's) utilizados e seu uso, geralmente, depende da possibilidade de venda no mercado informal (YU ET AL., 2010). Portanto, a área (linhas a 45°, **Figura 10**, introdução teórica) que maior impacto pode causar nesse fluxo de materiais, supondo que a logística reversa tenha sido implantada com sucesso, são os semicondutores, analisados na segunda parte desse capítulo.

#### **4.2. Análise dos Impactos pelo Aspecto do Processo em Estudo:**

Como indicado no item anterior, um grande problema na reciclagem de eletroeletrônicos são equipamentos pequenos e com alta integração, tais como celulares e computadores. Assim, nesse item tenta-se avaliar quanto os processos podem ser adequados para favorecer o fechamento de ciclo – ou a diminuição de consumo - na área de (CI's), que este estudo determinou como crítica para a logística reversa.

Estudos anteriores (GAMEIRO, 2002) e (ARBUCIAS, 2008) indicaram que no país as poucas empresas que se dedicam a essa produção - que envolve componentes que apresentam dimensões mínimas, de ordem submicrométrica, e processos em alta pureza - demanda

---

<sup>25</sup> A Ecologia Industrial propõe, portanto, fechar os ciclos, considerando que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas que é parte dele e dele depende. GIANNETTI e ALMEIDA (2006, p.30).

<sup>26</sup> Principalmente porque computadores pessoais são, via de regra, notebooks, ou seja, equipamento com alta integração.

infraestrutura altamente controlada, produz uma série de resíduos sólidos além de consumir água em grande quantidade. Portanto, qualquer melhoria do fechamento de ciclo nessas indústrias impacta fortemente e positivamente todo o setor. Contudo, (GAMEIRO, 2002) encontrou dificuldades em diminuir a produção de resíduos, entre outras coisas, porque os equipamentos de produção permitiam pouca ou nenhuma modificação. Isto era especialmente verdadeiro para a produção de água deionizada contaminada com pó de silício. Muito embora o pó fosse de alta pureza, à época não se encontrou processo adequado para sua utilização ou modo mais eficiente de diminuir sua contaminação. Por outro lado, galvânicas poderiam utilizar a água descartada de muitos dos processos dessas empresas, devido à alta pureza.

Como já relatado por (QUEIROZ, 2006), devido às necessidades de pureza dessas empresas, entre outros fatores, inviabiliza a reutilização direta de produtos obtidos na reciclagem de equipamentos. Todavia, não é o controle das entradas (*inputs*), mas sim o de desperdício e produção correta (*outputs*) que garante um bom impacto na sustentabilidade e é onde a logística reversa pode atuar. Nesse contexto, neste trabalho foi estudada uma empresa da área, no intuito de verificar seus principais impactos e meios de minimização e, quando possível, os resultados foram comparados com os obtidos por (GAMEIRO, 2002).

A empresa sob estudo foi avaliada de modo semelhante ao efetuado por (GAMEIRO, 2002) e (ARBUCIAS, 2008). As etapas do processo são:

- Caracterização prévia da empresa: identificação das características importantes do sistema, tais como porte, escopo de atuação e abrangência dos processos.
- Caracterização dos processos: verificação de quanto os processos podem ser melhorados pela diminuição de resíduos. A avaliação pode inicialmente ser qualitativa, pela Prevenção de Poluição (P2), ou, após a análise inicial, quantitativa, através de um Programa de Prevenção de Poluição (EP3).
- Caracterização de co-produtos: por levantamento dos fluxogramas de processo para identificação de entradas e saídas; Revisão de aspectos e impactos de co-produtos; e Listagem dos co-produtos e respectiva destinação.
- Levantamento de ecossistemas internos e externos existentes.
- Desenvolvimento de possíveis ecossistemas.
- Integração dos conceitos de Ecologia Industrial no Sistema de Gestão da empresa: A partir da caracterização da gestão, cria-se um (BSC) modificado para incluir a destinação de co-produtos, melhoria contínua, etc.

#### **4.2.1. A Empresa sob Estudo:**

A empresa em questão, que será denominada Empresa X, atua na área de semicondutores e encontra-se em um condomínio empresarial, o que é favorável ao desenvolvimento de simbiose industrial.

##### **4.2.1.1. Caracterização prévia da Empresa:**

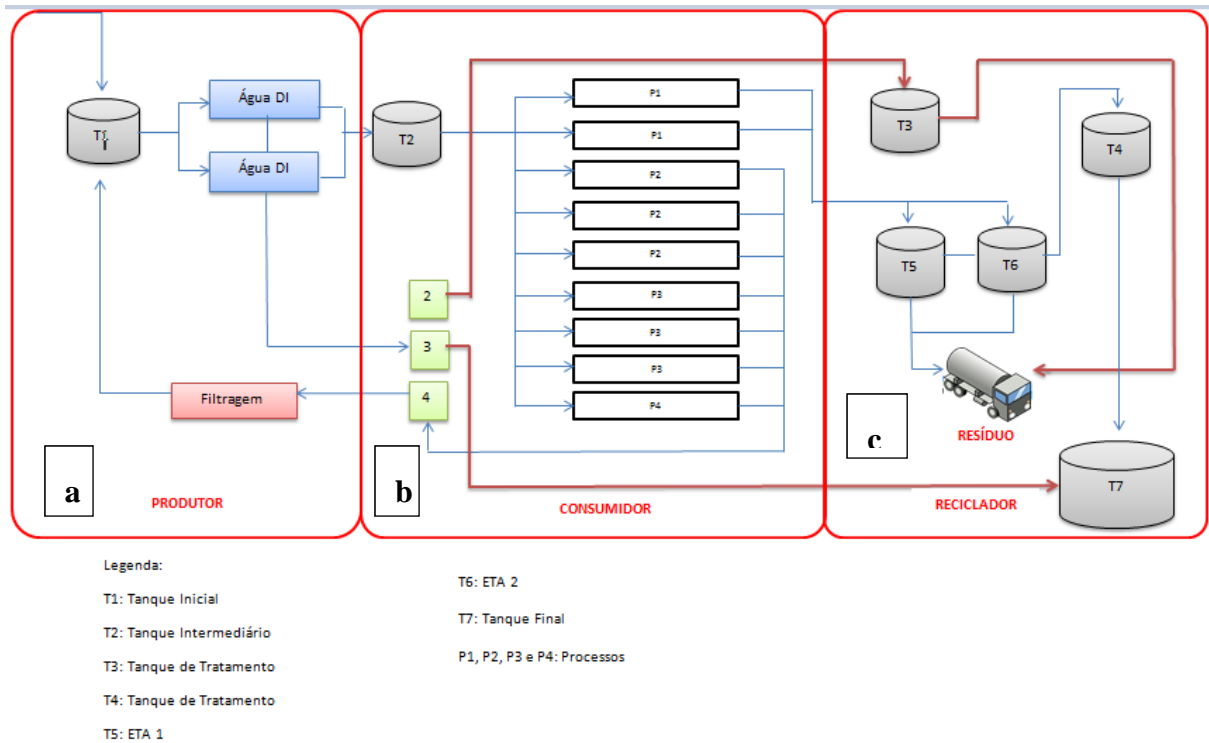
O levantamento de seus processos de produção, de modo semelhante ao que ocorreu com (GAMEIRO, 2002), há quase uma década, apresentou grande quantidade de resíduos apenas nos processos úmidos, ou seja, com uso de água deionizada (DI).

Assim, opções de prevenção de consumo de água foram propostas para o empreendimento. A metodologia utilizada foi a de visita programada e entrevista não estruturada. Após o levantamento inicial as opções foram elencadas de acordo com sua importância para diminuir o consumo e/ou sua capacidade de implantação.

Também foi observado que a empresa, pelo fato de ser responsável pela produção de água deionizada (DI), uma vez que a alta pureza demanda a sua produção em loco, pode ser avaliada com a abordagem de produtor/consumidor/reciclador, ao menos no aspecto água (DI).

##### **4.2.1.2. Caracterização dos Processos:**

Foi fornecido pela empresa, o fluxograma de produção e uso de água (DI), para permitir o levantamento das opções de prevenção de consumo e descarte de água. A **Figura 14** apresenta fluxograma adaptado, para respeitar a confidencialidade dos procedimentos da empresa.



**Figura 14: Fluxograma adaptado dos processos úmidos da Empresa X em estudo**

Neste contexto toda a produção de água pode ser considerada como o produtor. Os equipamentos são os consumidores; neste caso, muito embora os processos sejam interligados, o consumo e descarte de cada equipamento pode ser considerado em separado. Por fim, o tratamento de efluentes corresponde ao reciclador. A análise do fluxograma inicial também indica que a água é reciclada internamente em vários ciclos, o que se compõem em um incipiente ecossistema interno.

A análise da documentação sobre a água, tanto a de entrada como a descartada, é livre de não-conformidades. Neste caso a água recebida pela empresa tem pureza próxima daquela usada normalmente para consumo humano e a descartada obedece à exigência de baixo conteúdo de metais pesados e orgânicos. A água descartada em etapas intermediárias da produção de água (DI) apresenta baixa quantidade de compostos iônicos, mas, sempre acima da etapa anterior em cerca de 50%. Isto significa que na última etapa de produção de água (DI), o produto descartado (água com alta quantidade de íons) pode apresentar um total de sólidos dissolvidos de até 300 ppm.

#### 4.2.1.3. Levantamento de Opções de Prevenção de Uso e Descarte de Água:

A avaliação do fluxograma apresenta algumas alternativas que podem ser úteis para a diminuição do consumo de água. Dentre as alternativas listadas, a empresa considerou que seriam viáveis:

#### 4.2.1.4. Quanto ao Aspecto Produtor (a):

- 1- Reuso de 10 a 20% no sistema de produção de água por descarte da osmose direto no tanque inicial: No processo de produção de água (DI) para cada volume de água produzida há pelo menos 2 outros volumes, de água com maior concentração de íons que a água de entrada, que são descartados. Logo, como a produção de água (DI) possui vários estágios, tanto no início (água muito próxima da composição da água de entrada) quanto próximo ao fim (água muito próxima da água DI) da etapa de produção, a água descartada apresenta baixa quantidade de íons. Portanto, é possível seu uso novamente no sistema, desde que previamente diluída no tanque de entrada, que funciona como um tampão (*buffer*). O cálculo de 10 a 20% baseou-se no aumento de no máximo 5% de íons na entrada do sistema. Esse aumento ainda mantém o sistema bem abaixo dos valores comuns em outros locais de produção onde tais equipamentos são comuns, como por exemplo, sul da Europa. O teste, contudo, por questões de segurança (são equipamentos caros e que devem produzir continuamente), deve acompanhar a concentração de íons solúveis e alcalinos, tais como sódio, que tendem a concentrar em processos de reciclagem.
- 2- Uso alternativo da água descartada na produção de água (DI): como a água descartada durante a produção ainda mantém boa pureza, o resíduo restante, ou seja, que não foi reciclado no tanque inicial, ainda pode ser utilizado em equipamentos diversos sem causar problemas de corrosão ou incrustação. Dentre as possibilidades têm-se alimentação de vasos sanitários, por exemplo. A empresa, contudo, optou pelo uso em sistema de refrigeração, por ser atividade mais nobre.

- 3- Utilização da água de chuva: uma vez que o condomínio é alimentado por poço, a utilização de água de chuva se torna ainda mais crítica, já que poços têm tempo de vida, na região, muitas vezes bem curtos, da ordem de 5 a 6 anos (conforme informado por um dos responsáveis).

Nesse contexto haveria utilização de quase toda a água, quer seja por reciclagem ou por outra destinação, além de diminuição de consumo.

#### **4.2.1.5. Pelo Aspecto dos Consumidores (b):**

- 4- É necessário avaliar cada processo separadamente: É possível observar que a água de quase todos os processos não é descartada, mas sim reciclada após filtração. Assim, há um ecossistema incipiente na empresa. O processo em que ocorre o descarte da água produz, contudo, alto volume de resíduo (equivale no mínimo a 20% de toda a água utilizada na empresa e praticamente todo o resíduo destinado na empresa).
- 5- É necessário avaliar cada máquina separadamente: Cada máquina tem tempos diferentes no fluxo de uso ou de limpeza, portanto, é preciso avaliar se é possível a separação desses fluxos e o uso direto no tanque inicial daquela água que possa advir de ciclo de limpeza.

#### **4.2.1.6. Considerando o Aspecto Reciclador (c):**

- 6- Utilização da água tratada: nesse caso a possibilidade de se formar ecossistemas internos e externos é grande. Como a água descartada deve atender às exigências da legislação, trata-se de água com baixa contaminação de orgânicos e de íons. Portanto, deve ser possível sua reutilização no tanque inicial ou para destinação em outra empresa do condomínio (preferencialmente em uma galvanica). Esse item é o que apresenta melhor vantagem para a sustentabilidade já que envolve características ambientais e econômicas, além de, indiretamente, sociais, ao diminuir o consumo de água em região cujos poços podem sofrer diminuição de volume rapidamente. O teste da reciclagem da água residuária no início da cadeia de produção precisa ser

acompanhado, por questões de segurança, de modo semelhante ao que ocorre com a reciclagem na produção (opção 1 de prevenção), da concentração de íons alcalinos e de **íons adicionados** para o tratamento da água, além do **principal contaminante**.

De modo análogo ao observado por (GAMEIRO, 2002), a principal contaminação da água residuária é **pó de silício**. Além disso, o processo de tratamento de efluentes, que é por precipitação, adiciona alumínio e cálcio à água. Contudo, para ocorrer a reciclagem é preciso verificar que o sistema de tratamento de efluentes esteja otimizado, não ocorrendo situações de diferentes taxas de precipitação, além de controle *on line* desse efluente. Portanto, também é recomendável que se controle na água a **turbidez e condutividade**. A turbidez é medida indireta da precipitação do pó e a condutividade evita que sólidos dissolvidos e especialmente íons dos metais alcalinos, se concentrem na água durante a reciclagem. Por fim, não só a água mas também o pó de silício podem ser avaliados para uso alternativo, o que requer um plano de ação e de negócios para isso.

Portanto, o (BSC) modificado para a empresa pode ser resumido como segue:

**A) Adicionar ao setor estratégico da empresa as seguintes condições:**

- Tratar igualmente o sistema de produção e consumo de água em seus três aspectos: produtor, consumidor e reciclador;
- Para cada aspecto garantir o fechamento de ciclo.

**B) Para o setor tático da empresa as seguintes condições:**

- Criar um plano de negócios para utilização de toda a água excedente da empresa, não importa se advinda da produção, consumo ou reciclagem;
- Avaliar o sistema de acordo com a melhoria contínua para estabelecer metas de diminuição de consumo;
- Definir (lista de prioridade) cada opção de prevenção de poluição e garantir sua execução.

**C) Para o setor operacional da empresa as seguintes condições:**

- Implantar as opções de prevenção de poluição;

- Controlar o fluxo de materiais na água (pontos de entrada e saída), através das seguintes medições: Na, Si, Ca, Al, turbidez e condutividade;
- Controlar o fluxo de resíduos enviados da empresa (pó de silício, não importa em que forma).

A empresa mostrou interesse em manter essa abordagem e considerou que o melhor foco para iniciar as modificações era a avaliação do reciclador, pelos motivos acima expostos. As etapas concluídas nesse trabalho são como segue:

- Avaliação, por simulação, do comportamento fluídico nos tanques de tratamento;
- Otimização, por simulação, do comportamento fluídico nos tanques de tratamento;
- Construção de protótipo para testes da otimização;
- Construção, na empresa, de piloto para testes.

Com relação ao silício presente na água, este foi avaliado quanto às suas propriedades mecânicas, para levantar opções de uso (plano de negócios).

Estas etapas correspondem ao desenvolvimento de ecossistemas interno (se a água for utilizada na empresa) ou externo (se a água for destinada a outra empresa), como proposto por (ARBUCIAS, 2008).

#### **4.2.1.6.1. Desenvolvimento de Ecossistemas (Reciclador (c)):**

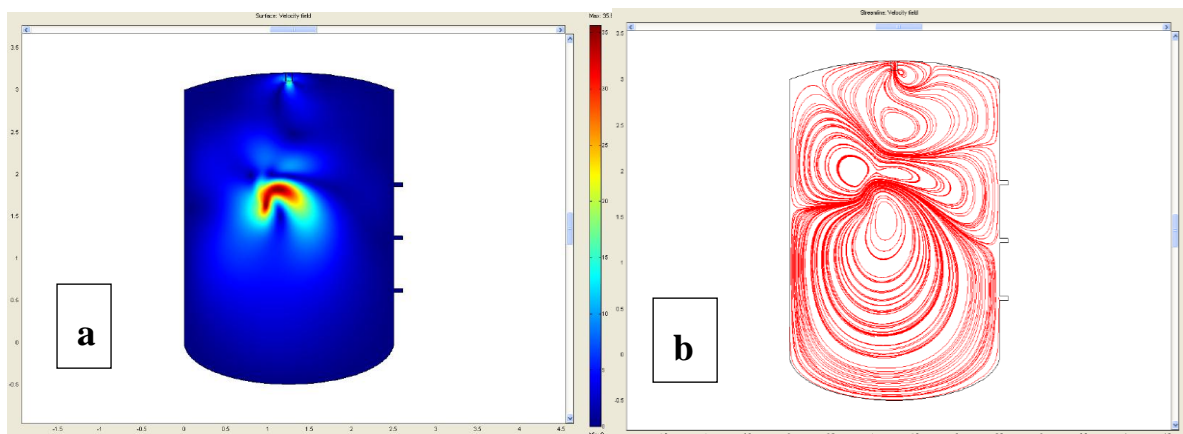
- Avaliação e otimização, por simulação, do comportamento fluídico nos tanques de tratamento.

O processo de remoção do pó de silício baseia-se na adição de compostos que gerem partículas de grande volume na água recolhida para tratamento e facilitem a precipitação desse pó. A pessoa responsável pela área de tratamento verificou previamente e sem a adição de material para coagulação e decantação, o pó pode permanecer em suspensão na água por cerca de uma semana.

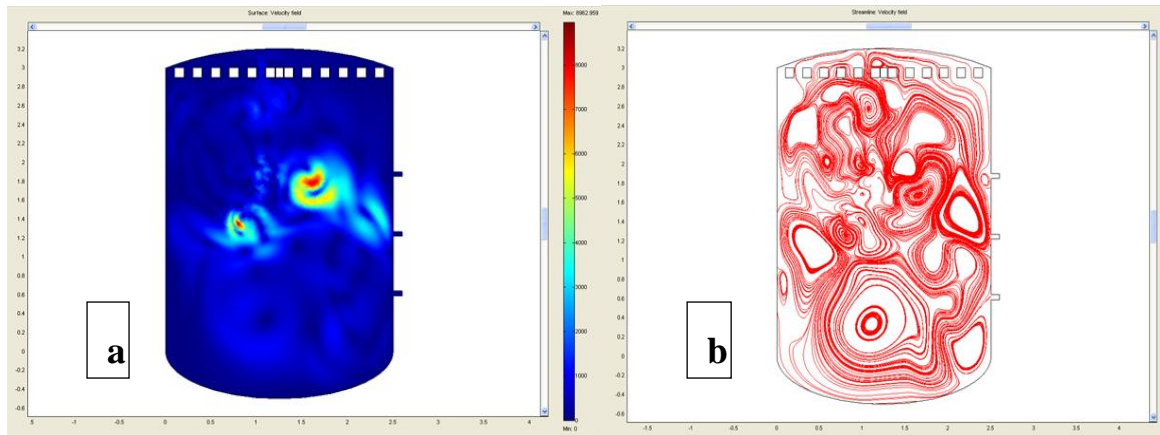
O sistema de decantação da empresa utiliza um único reator para processar duas operações distintas, o que em geral significa que a decantação deve ocorrer em no máximo

duas horas. O reator recebe a água residuária e os produtos necessários para ocorrer a decantação pela parte superior e apresenta três saídas laterais, onde pode ocorrer a retirada da água após a decantação. Internamente ao reator o fluido é distribuído por vários canais, os bocais formando um “chuveiro” para admissão da mistura, não “caindo” diretamente sobre o fluido/precipitado já existente. A velocidade linear de admissão da mistura é de 25 cm/s, para se adequar à velocidade de produção da empresa. A retirada da água ocorre na saída lateral mais próxima do local de entrada da mistura ou, no máximo, na segunda saída, para garantir a qualidade da água.

O comportamento de um fluido, no presente caso água, foi avaliado por simulação considerando as informações anteriores. A **Figura 15 (a)** apresenta o perfil de velocidade e as linhas de velocidade do escoamento, nessa configuração. Observa-se que as maiores velocidades encontram-se na região entre as duas saídas mais próximas do local de admissão da mistura, o que muito provavelmente favorece a mistura nesse ponto, devido à maior vorticidade. Logo, a produção de água em condição de ser reciclada torna-se difícil nessa configuração. Considerando-se, por fim, que a mistura é adicionada por um sistema que distribui o fluido no topo do reator, a situação de alta velocidade na região central do reator fica bem mais evidente na **Figura 16 (a)** e as linhas de velocidade **Figura 16 (b)** são bem distintas das obtidas anteriormente, na **Figura 15 (b)**, indicando provável mistura com o material do fundo nessas condições.

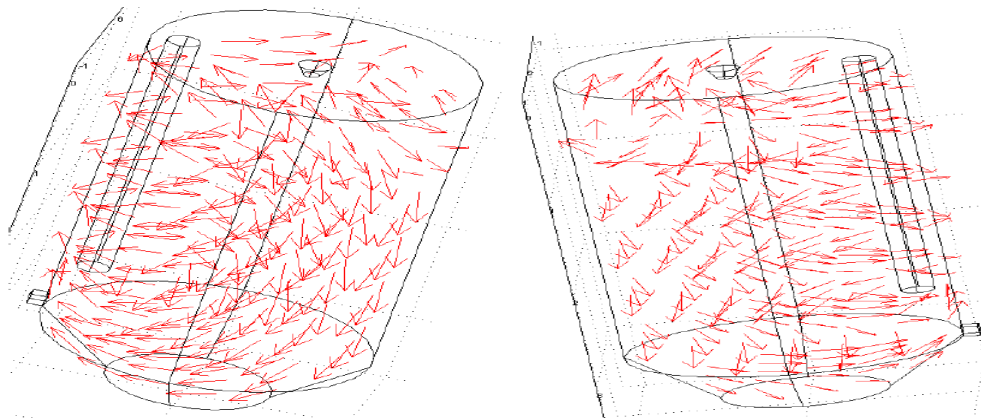


**Figura 15 (a): Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 35 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s**



**Figura 16 (a): Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 3500 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação considerando a admissão com distribuição homogênea no topo do reator. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s**

Assim, é recomendável que a velocidade do fluido internamente ao sistema seja diminuída. Uma possível solução é diminuir a vazão, para diminuir a velocidade linear do fluido, mas mesmo velocidades da ordem de 2 cm/s não apresentaram variação significativa no perfil de velocidade ou nos valores máximos obtidos. Outra hipótese é aumentar o tempo de residência por variação no caminho do fluido dentro do reator. A **Figura 17** apresenta os vetores de velocidade se a admissão ocorre de modo contínuo, não por bocais, e em posição lateral no reator descrito anteriormente e com velocidade de 25cm/s. Nesse caso o caminho percorrido é maior e a velocidade no sentido vertical consideravelmente menor do que ocorria anteriormente.



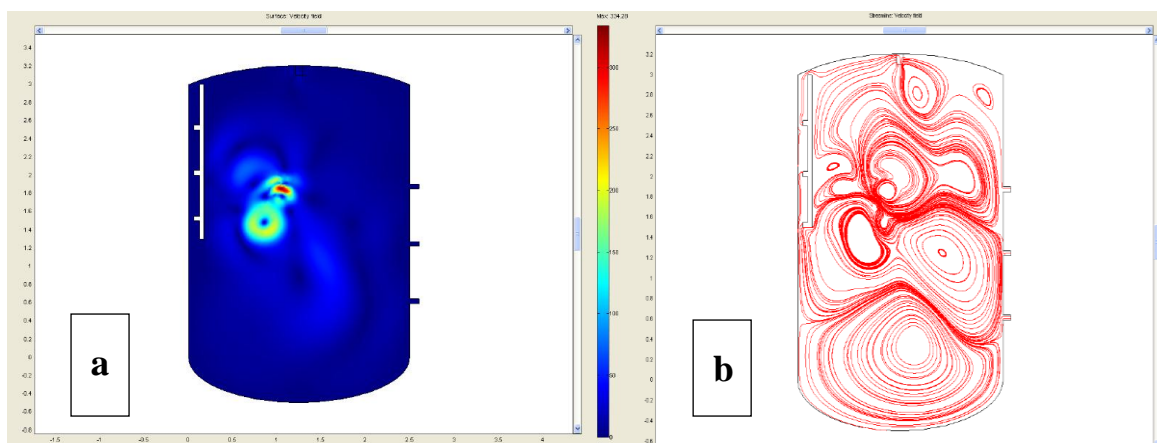
**Figura 17: Perfil vetorial de velocidades, em duas perspectivas, do escoamento do fluido no reator quando a admissão, de 25 cm/s, ocorre lateralmente.**

Com a finalidade de otimizar a decantação do material no reator, que requer que a velocidade próximo ao local de retirada da água seja pequena, analisou-se a influência de três variáveis em tal processo:

- (1) Adição de um duto distribuidor de mistura, no interior do reator;
- (2) O número e disposição das saídas da mistura, nesse distribuidor; e,
- (3) A velocidade de circulação da mistura no reator.

Foram realizadas várias simulações computacionais, nas quais se variou o número e a distribuição espacial de bocais de admissão da mistura. Nessas simulações buscou-se identificar a configuração espacial e o número de bocais de admissão que menos contribuíssem para a existência de variações bruscas de velocidade no fundo do reator, o que pode favorecer o aumento da vorticidade e interferir no processo de decantação.

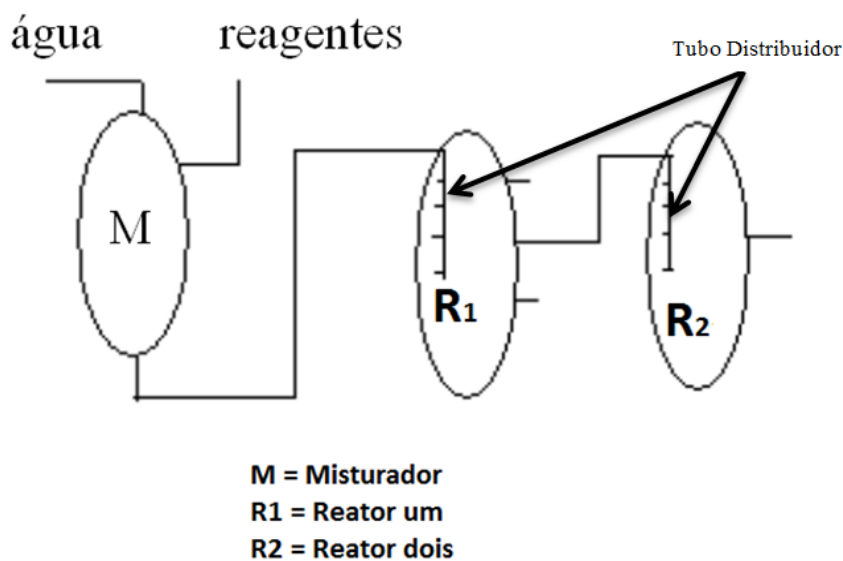
A melhor configuração encontrada para admissão do fluido ao reator é a utilização de não apenas um bocal central, mas de vários bocais, dispostos em uma posição lateral em relação à posição ocupada pelo bocal original, e com este desativado. Além disso, os bocais devem estar diametralmente dispostos em relação às saídas. O resultado da simulação para tal otimização é apresentado na **Figura 18 (a) e (b)**. Resultados similares foram obtidos com velocidades lineares de 12 cm/s, 8 cm/s e 2 cm/s. As velocidades são bem menores do que verificadas anteriormente. Também se observa uma menor variação no posicionamento das linhas de velocidade, o que pode contribuir para uma melhor decantação, já que as partículas podem se movimentar seguindo tais linhas (NUNES, 2008). Em resumo, a simulação indica menores velocidades lineares para o fluido pela admissão lateral. Essas baixas velocidades podem ser explicadas qualitativamente pela posição do distribuidor. Nesse caso a posição permite que o fluido, assim que expelido pelos três orifícios do duto, colida com a superfície interna do reator e perca velocidade, perfazendo então uma trajetória helicoidal e descendente, o que é consistente com a simetria do reator. Dessa forma, a vorticidade da mistura é diminuída e provavelmente a decantação melhorada.



**Figura 18:** (a): Perfil de velocidade de escoamento, faixa da medida de 0 a 300 cm/s, e (b) as linhas de velocidade do escoamento no reator de decantação considerando a admissão com distribuição lateral. Velocidade do fluido na entrada: 25 cm/s.

#### 4.2.1.6.2. Construção de Protótipo para Testes da Otimização:

A simulação demonstrou que a situação ideal é o uso de reatores com operações separadas de mistura do reagente - para coalescência das partículas - e de decantação. Também se verificou que é interessante um tempo de residência longo, o que pode ser obtido com o uso de dois reatores em série. A **Figura 19** apresenta esquema dessa nova configuração.



**Figura 19:** Esquema para a nova configuração do sistema de tratamento de efluentes (Autoria própria)

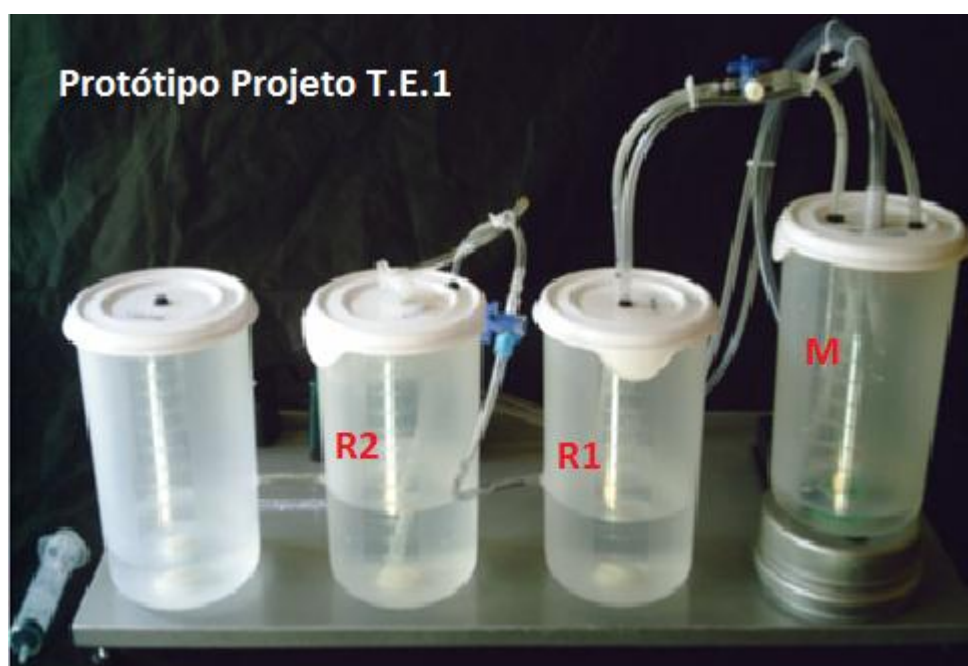
Para validar o comportamento fluídico obtido por simulação, um protótipo foi construído, de acordo com as condições de contorno listadas na metodologia deste trabalho. Portanto, no protótipo foi mantida a razão de aspecto e a velocidade linear do fluido em relação aos reatores originais, sendo o escalamento de 1:1000. A **Figura 20** apresenta o protótipo finalizado. Para efeito de identificação, o protótipo foi denominado com nome de **Projeto (T.E.1)**, já que o objetivo é verificar a possibilidade de co-processamento em uma Estação de Tratamento de Efluente – (ETE).

A (**Tabela 29 (a) e (b)**) apresenta a lista de material necessária para a fabricação do protótipo e os reagentes utilizados para a avaliação do comportamento fluídico desse protótipo. Alguns testes utilizaram a água residuária da empresa. Os testes utilizaram azul de metileno como traçador, para visualizar o comportamento fluídico e cloreto de alumínio e óxido de cálcio para visualizar a precipitação. Todos os experimentos foram filmados para permitir análise quadro a quadro. A construção é simples, demandando menos de 40 horas além de pouca ou nenhuma especialização, os materiais podem ser obtidos facilmente no mercado de construção e o preço total é baixo. As principais conclusões obtidas com o protótipo são apresentadas no próximo item.

**Tabela 29: Lista de material necessário para a construção do protótipo e de reagentes utilizados para a avaliação do comportamento fluido.**

Lista de Materiais para construção do protótipo: Projeto T.E. 1 (a)					
ITENS	MATERIAL	QUANT.	UNID.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
1	Compressor de AR saída dupla capacidade 150 litros/h 5w 110v	1	PÇ	43,55	43,55
2	Motobomba vazão 60/ 170 l/h coluna d'água 55 cm consumo 2w	1	PÇ	21,55	21,55
3	Recipiente em plástico com tampa capacidade de 1500 ml	4	PÇ	5,39	21,56
4	Caixa de comando ref. 56	1	PÇ	4,00	4,00
5	Interruptor (chave liga/desl.) 110/220v	2	PÇ	6,80	13,60
6	Cabo de alimentação 110/220v	1	PÇ	3,00	3,00
7	Ventosas para fixação do distribuidor	2	PÇ	0,50	1,00
8	Tubo PVC diâmetro 3/4" (8 cm)	1	PÇ	0,50	0,50
9	Curva PVC diâmetro 3/4" (azul)	1	PÇ	5,00	5,00
10	Niple PVC diâmetro 3/4"	1	PÇ	0,80	0,80
11	Anel de vedação 3/4"	4	PÇ	0,10	0,40
12	Parafuso plástico para fixação dos recipientes a base	3	PÇ	6,80	20,40
13	Conjunto metálico de fixação (Parafusos, Arruelas e Porcas)	2	CJ	0,75	1,50
14	Mangueira de Ar (silicone) diâmetro interno de 4 mm	1	MT	1,00	1,00
15	Mangueira cristal (PVC) diâmetro interno de 10 mm	0,5	MT	1,00	0,50
16	Base de madeira (comp. 60cm x larg.30cm x alt. 1,5cm)	1	PÇ	13,00	13,00
17	Parafuso metálico atarrachante	4	PÇ	0,01	0,04
18	Anéis de vedação em borracha	8	PÇ	0,01	0,08
19	Cola tudo (Bisnaga com 3 gramas)	1	PÇ	3,60	3,60
20	Silicone (Bisnaga com 50 gramas)	1	PÇ	3,50	3,50
21	Cola tubo PVC (Bisnaga com 17 gramas)	1	PÇ	1,80	1,80
22	Pés de nivelamento antivibratório	4	PÇ	3,00	12,00
23	Abraçadeira plástica	2	PÇ	0,20	0,40
24	Guarnição em borracha	3	PÇ	0,10	0,30
25	Fita isolante	1	PÇ	6,50	6,50
26	Conjunto para regulagem de ar	1	CJ	1,00	1,00
27	Abraçadeira de nylon 100 x 2,5	8	PÇ	0,10	0,80
28	Regulador de fluxo de ar	2	PÇ	0,50	1,00
29	Emenda para mangueira de silicone de 4 mm	8	PÇ	0,11	0,88
30	Base em PVC para o misturador diâmetro de 4"	1	PÇ	4,20	4,20
31	Seringa descartável 20 ml	1	PÇ	2,50	2,50
32	Torneira descartável 3 vias para regulagem de fluxo	2	PÇ	0,82	1,64
33	Fixador para cabo de alimentação	4	PÇ	0,05	0,20
34	Clip adesivo	2	PÇ	0,70	1,40
35	Lixa fina A 257	1	FL	1,50	1,50
36	Tubo rígido para o distribuidor	2	PÇ	0,01	0,02
37	Tinta spray cinza	1	LT	18,50	18,50
<b>TOTAL (a)</b>					<b>213,22</b>

Lista de Materiais para simulação do comportamento do fluido no protótipo: Projeto T.E. 1 (b)					
ITENS	MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
1	Água	1340	ML	0,00	0,0048240
2	Azul de Metileno	5	ML	0,59	2,95
3	Cloreto de alumínio				0,00
4	Óxido de cálcio				0,00
5	Água residuária	1340	ML	0,00	0,00
<b>TOTAL (b)</b>					<b>2,9548240</b>
<b>CUSTO TOTAL DO PROTÓTIPO MAIS MATERIAL DE TESTE (a+b)= R\$ 213,22 + R\$ 2,9548 = R\$ 216,17</b>					

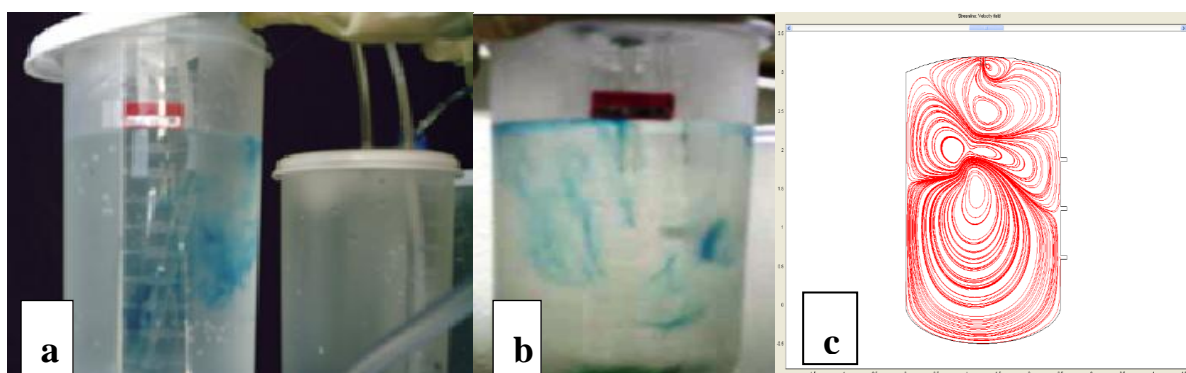


**Figura 20: Protótipo finalizado. (Autoria própria)**

#### **4.2.1.6.3. Testes da Otimização de Remoção de Pó de Silício, em Protótipo e em Planta Piloto:**

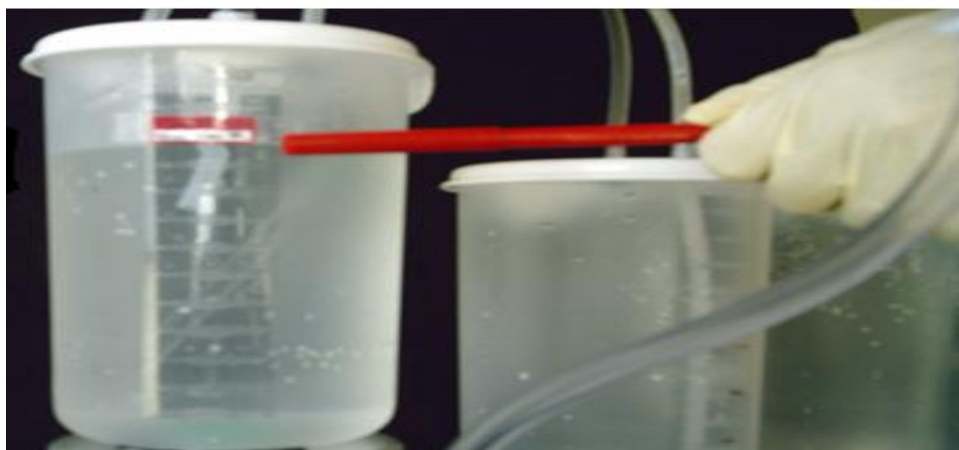
Para o protótipo, as filmagens indicaram que a adição de uma solução usando a entrada central, como é feita no reator atual, promove a formação de vórtices no líquido, não importa qual a velocidade linear utilizada e mesmo que o protótipo esteja preenchido com água até a altura entre as primeiras saídas, como apresentado na simulação. De fato, mesmo a adição manual da solução de azul de metileno, ou seja, sem o uso do compressor, não impede

que a dispersão do traçador atinja rapidamente o fundo do reator. A **Figura 21 (a) e (b)** apresenta *frame* típico obtido nas filmagens. Por comparação com a **Figura 11 (b)**, da simulação, repetida na **Figura 21 (c)**, observa-se que a dispersão do traçador apresenta similaridade com as linhas de velocidade. Considerando que as partículas tendem a acompanhar a dispersão do fluido, os resultados obtidos no protótipo são consistentes com os resultados de simulação e indicam a possibilidade das partículas não decantarem facilmente, devido ao arraste provocado pelo fluido inserido no final do processo, quando o reator encontra-se quase cheio.



**Figura 21 (a):** Adição manual de solução de Azul de Metileno ao misturador; **(b)** vórtices – indicados pelo traçador - no reator pelo enchimento utilizando a entrada central e **(c)** linhas de velocidade obtidas por simulação.

A adição do distribuidor, por sua vez, como revelado com filmagens e pelo traçador, eliminou tais vórtices. A **Figura 22** apresenta imagens passo a passo da inserção da solução de azul de metileno nos dois reatores. Os volumes utilizados simulam a condição de reator completamente cheio (1340 ml). É possível perceber que não há formação de vórtices e que a solução é completamente misturada à água já presente no sistema.



**Figura 22 (a):** Adição de água ao misturador preenchendo-o até a marca de 1340 ml



**Figura 22 (b):** Adição de traçador - solução aquosa de azul de metileno - ao misturador e a completa mistura.



**Figura 22 (c):** Transferência da solução “água e azul de metileno” do misturador ao reator 1, fazendo uso do tubo distribuidor

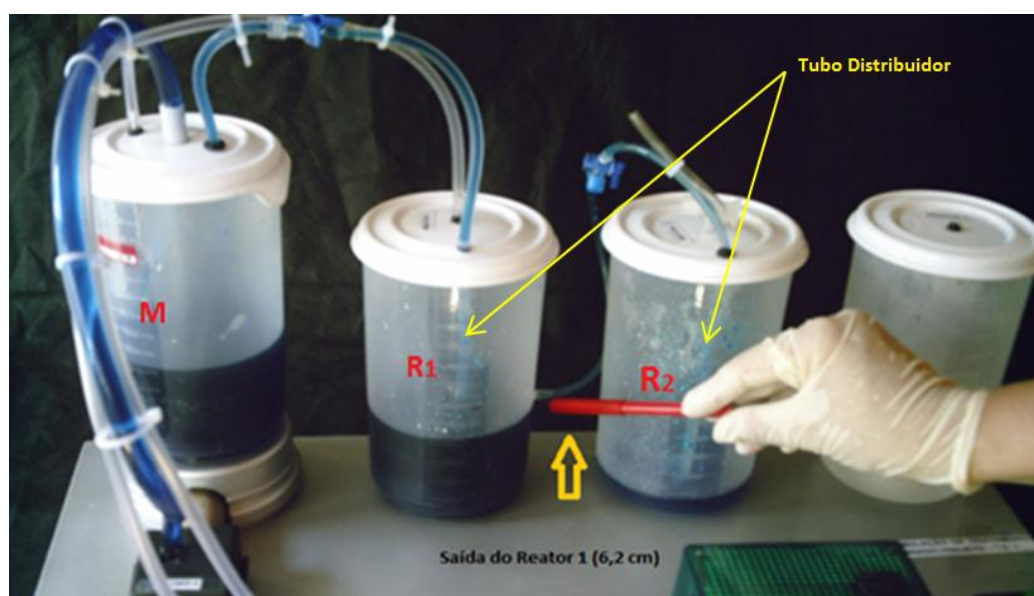


Figura 22 (d): Transferência da solução “água e azul de metileno” do reator 1 para o reator 2, fazendo-se novamente uso do tubo distribuidor

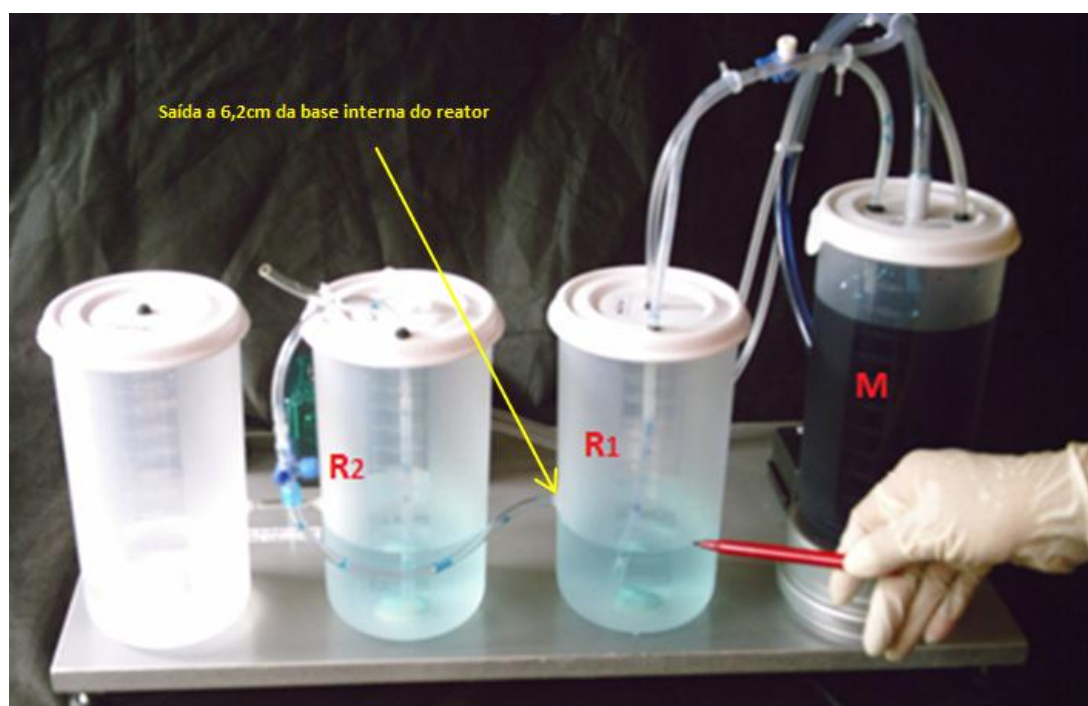


Figura 22 (e): Situação ideal para a transferência do reator 1 para o reator 2 com uma saída a 6,2 cm da base interna do recipiente

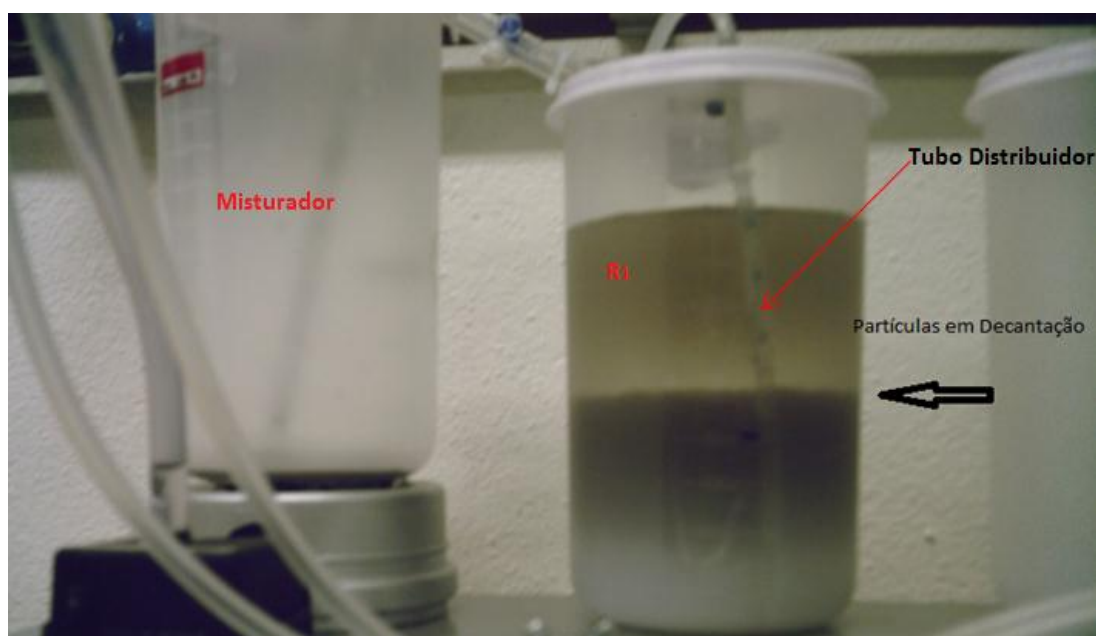
Se uma amostra real de água residuária (água e pó de silício, ou, mais provavelmente partículas de sílica, já que a superfície desse pó aparentemente é reativa, como será abordado posteriormente) é adicionada a uma solução/dispersão capaz de provocar a coalescência (com cloreto de alumínio e óxido de cálcio), é possível observar como as partículas sedimentam. A **Figura 23** apresenta imagens passo a passo da inserção da água residuária nessas condições. É possível perceber que não há formação de vórtices e que a solução é completamente misturada à água já presente no sistema. Contudo, ao final do processo **Figura 23 (d)** ainda é possível observar o “líquido branco” (dispersão formada com cloreto de alumínio e óxido de cálcio) inicial, ou seja, o traçador, não foi perturbado no fundo do reator, isto é, não ocorreu mistura com as partículas de silício. Isto é consistente com os resultados de simulação que indicam velocidade próxima de zero no fundo do reator, a partir da terceira saída **Figura 18 (a)**, repetida na **Figura 23 (d)**, para permitir comparação com resultados experimentais.



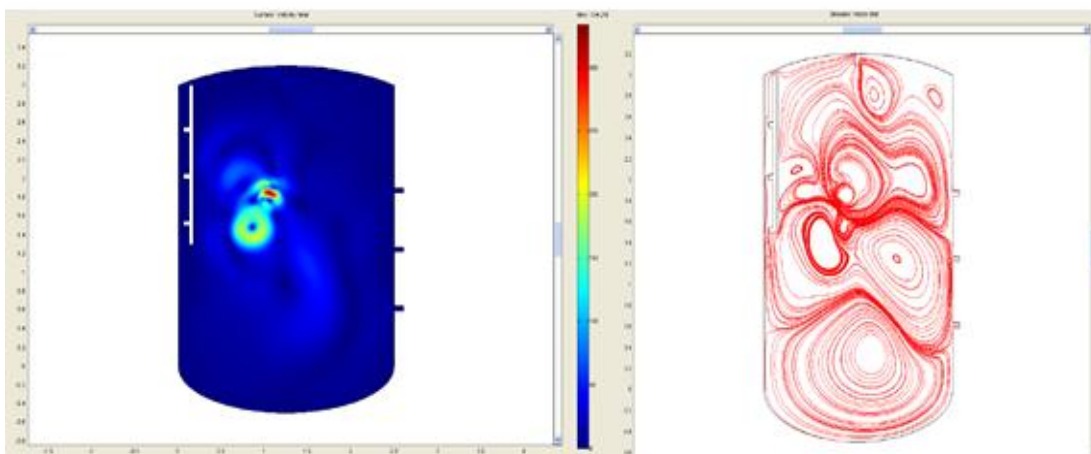
**Figura 23 (a):** Início do processo, misturador já possui uma carga de água residuária e a mistura é transportada deste para o reator 1 com uso do distribuidor



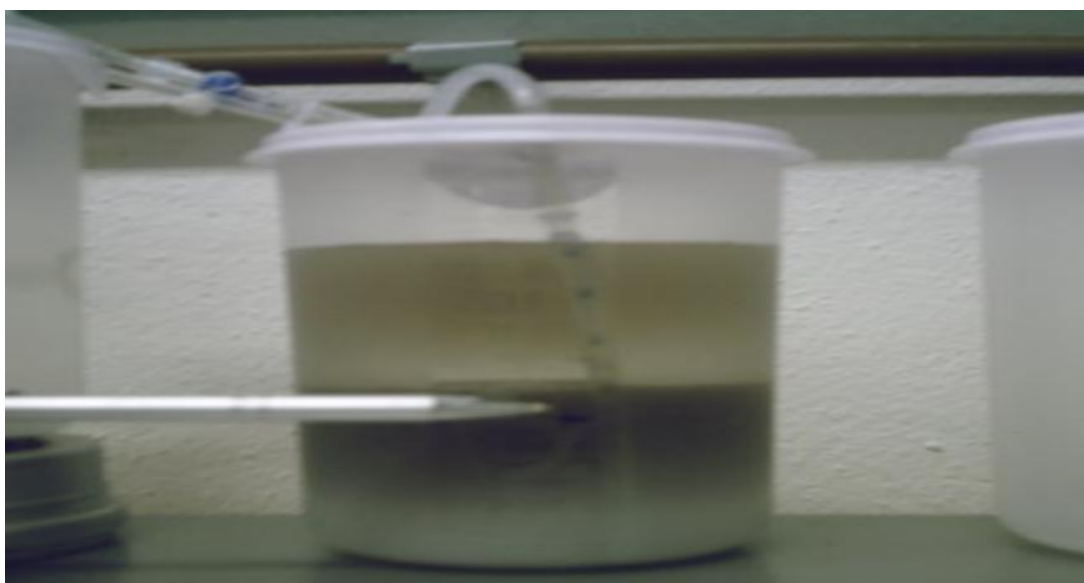
**Figura 23 (b):** Início do transporte, não é possível notar nenhuma perturbação no líquido presente no reator 1.



**Figura 23 (c):** Ao final do processo de transporte ainda há “líquido branco” (dispersão formada com cloreto de alumínio e óxido de cálcio) ao fundo do reator

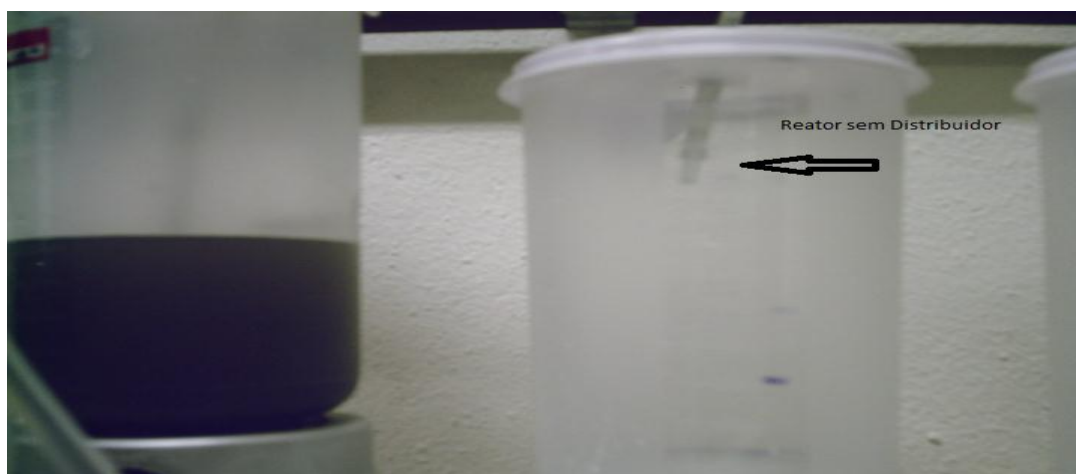


**Figura 23 (d): perfil de velocidade obtido por simulação na condição de uso do protótipo**



**Figura 23 (e): A precipitação ocorre abaixo do valor estipulado para a remoção da água para reciclagem (5 minutos)**

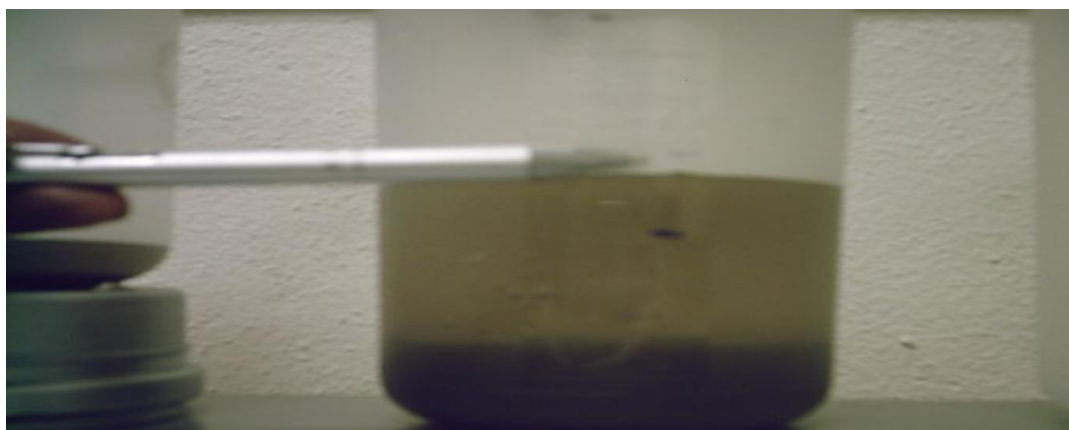
Se o mesmo processo é repetido com a retirada do distribuidor, como apresentado na **Figura 24**, contudo, o resultado é completamente diferente. Nas fotos, o fundo apresenta-se escuro porque houve mistura do material presente nessa região com a água residuária adicionada. Além disso, após cinco minutos de decantação, o líquido não se apresenta mais claro do que aquele obtido com o distribuidor **Figura 24 (c)** e **Figura 23 (e)**, respectivamente. Portanto, de modo geral o uso de distribuidor facilita a decantação das partículas, o que pode favorecer o uso da água, após o tratamento, em ciclo fechado ou próximo a isso.



**Figura 24 (a):** Início do processo de adição de água residuária ao reator 1 sem a utilização do tubo distribuidor



**Figura 24 (b):** Final do transporte da água residuária para o reator 1



**Figura 24 (c):** Situação do material decantado no reator 1 após 5 minutos da inserção da água residuária.

Como os resultados preliminares – obtidos por simulação e protótipo - sugeriam que é possível diminuir o descarte de resíduo sólido no tratamento final da água, a empresa providenciou o teste - em sistema piloto – usando o tratamento de efluentes existente, mas modificado com o uso do distribuidor e do reator de mistura. Como os reatores do sistema de tratamento não possuem janelas de observação, não foi possível a filmagem. A verificação da melhora do processo foi feita pela análise visual da água, retirada após duas horas da adição dos reagentes químicos ao misturador. De modo geral, a empresa observou que a decantação ocorria nesse período ou em tempo menor e também, que ocorreu uma diminuição em 2/3 do volume de resíduo enviado para tratamento. Portanto, a mudança proposta favorece uma melhor separação desse pó, o que também permite propor algumas alternativas de uso para esse resíduo sólido (plano de negócios).

#### **4.2.1.6.4. Pó de Silício:**

Para obter simbiose industrial na água residuária da empresa, não só a água propriamente dita, mas também seus contaminantes, devem ser avaliados como co-produtos. O pó de silício presente na água foi então analisado de acordo com as etapas descritas a seguir. É importante observar que no estudo anterior (GAMEIRO, 2002), a dispersão foi caracterizada como partículas de silício (determinado por espectroscopia Raman) dispersas em água. Nesse mesmo trabalho o tamanho das partículas foi determinado e relatado como da ordem de 5 micras.

As etapas desenvolvidas, e respectivo procedimento, foram como segue:

- Análise microscópica do pó. O procedimento foi a secagem em estufa da água residuária e determinação da porcentagem em massa do resíduo sólido. Análise por microscopia óptica do resíduo obtido.
- Análise da agregação do pó por aquecimento. O procedimento foi o aquecimento em mufla do pó obtido em estufa (item anterior). Análise por microscopia óptica do resíduo após tratamento térmico. A faixa de temperatura utilizada foi 300°C, 500°C, 700°C e 1300°C.
- Análise da agregação do pó por reação. O procedimento foi a mistura da água residuária com matéria-prima para fabricação de argamassa, para verificar sua utilização como agente estrutural. Foram executados 8 corpos de prova distintos, 4 com água residuária e 4 com água para consumo humano (torneira).

As amostras que sofreram secagem apresentaram uma composição em massa entre 0,08 a 0,1%, como apresentado na (Tabela 30). Fotos típicas do material obtido nessa secagem primeiro podem ser vistas na Figura 25. As partes claras da figura são devidas ao material utilizado para a coalescência, o que foi comprovado pela facilidade de dissolução do material seco em ácido nítrico diluído.

Como essa água residuária não deveria apresentar tais compostos, isso é indício da “contaminação” do reator para mistura, ou seja, não é possível retirar todo o material presente no fundo e este se mistura com a água na etapa de coleta. A análise das partes pretas e com aparência retangular, que correspondem às partículas de silício, indica que tais partículas têm de 1 a 5 micras, o que é consistente com o obtido por (GAMEIRO, 2002).

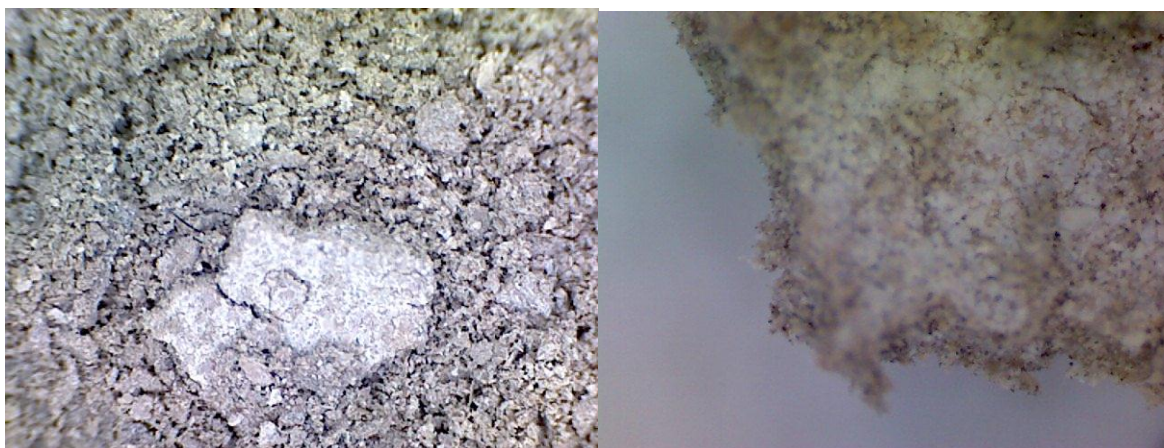
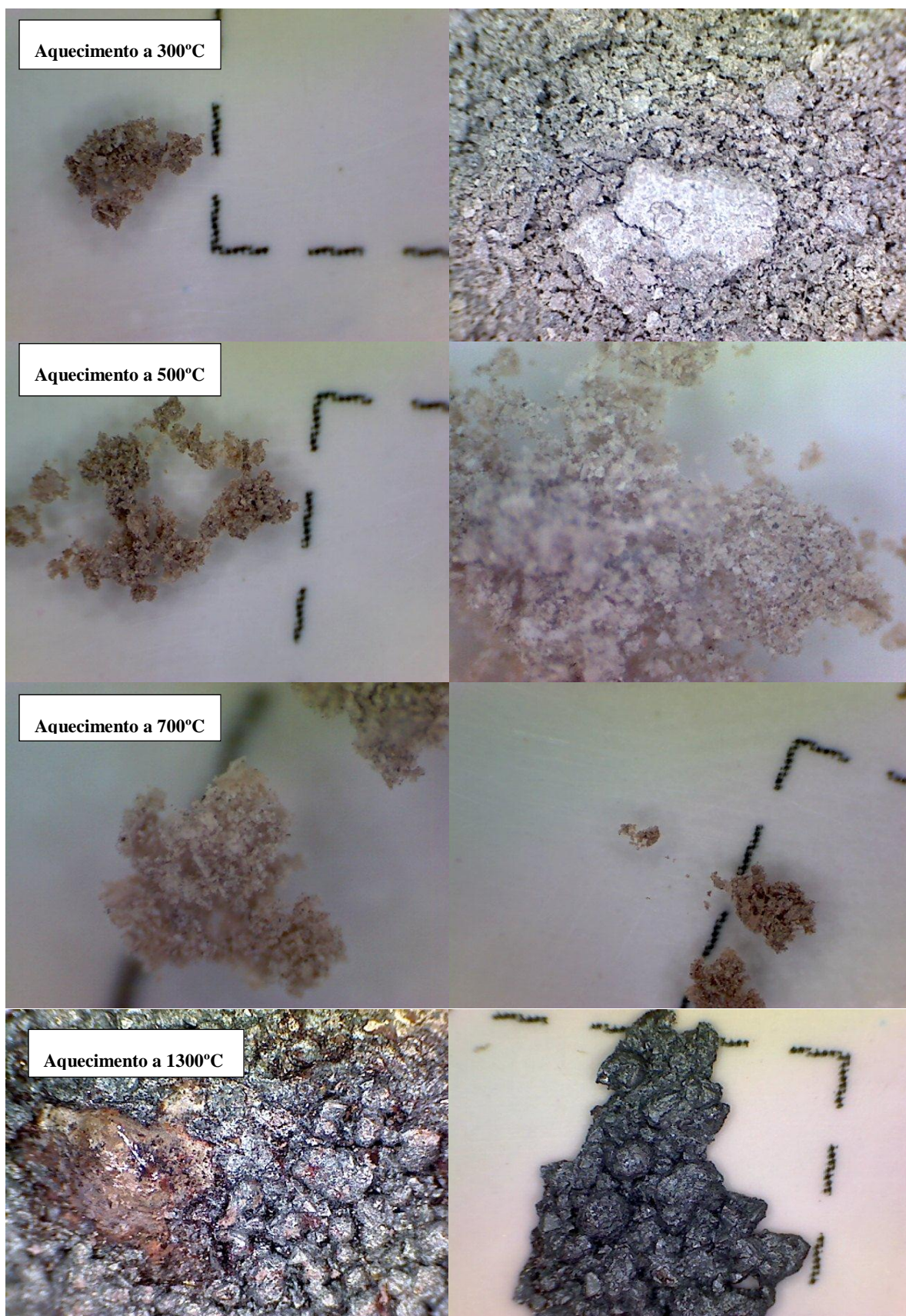


Figura 25: Fotos típicas do pó de silício presente na água residuária após a secagem em estufa

Tabela 30: Composição em Massa

Teste de Sólidos Totais a 80° C por 24 horas			
Nº da Amostra	Massa de Amostra (gramas)	Massa de Sólido (gramas)	% em Massa de Sólido
1	105,69	0,110	0,100
2	100,32	0,080	0,079
3	93,3	0,070	0,086

O aquecimento das partículas só possibilita a agregação a partir de temperaturas de 1300°C, como pode ser observado nas fotos obtidas por microscopia e apresentadas na Figura 26. O aumento da massa por aquecimento (Tabela 31) é indicativo de oxidação, provavelmente do pó de silício.



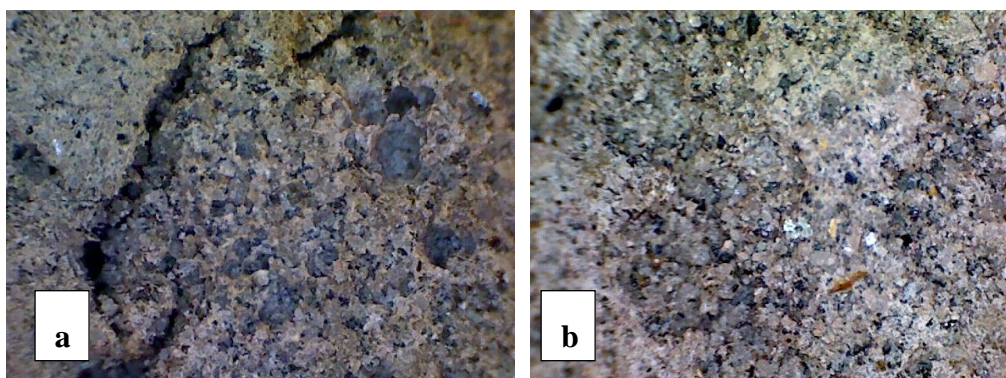
**Figura 26:** Fotos obtidas por microscopia após aquecimento das partículas em temperaturas de 300°C, 500°C, 700°C e 1300°C. Os traços na escala correspondem a 1 mm.

**Tabela 31: Massa do pó presente na água residuária após aquecimento**

<b>Comportamento Térmico do Material Sólido</b>			
<b>N° da amostra</b>	<b>Massa do Cadinho antes do aquecimento (gramas)</b>	<b>Massa do Cadinho após aquecimento (gramas)</b>	<b>Temperatura do Processo</b>
1	23,0879	23,1794	700° C
2	24,9559	25,0343	500° C
3	24,9137	25,0056	300° C

A análise da agregação do pó para reforço estrutural foi processada de acordo com as normas para teste de argamassa<sup>27</sup>. Os testes indicaram que ocorre uma melhora na resistência à compactação de aproximadamente 25%. Este resultado torna a água residuária útil na fabricação de cimento estrutural (**vide Apêndice E**). Observe-se que o material sólido é cerca de 1% em massa, valor bem abaixo dos normalmente utilizados para reforço de cimento, que é da ordem de 5% e utiliza material conhecido como microsílca.

A provável explicação para o comportamento obtido é a remoção de vazios na mistura da argamassa pela adição do material. As fotos dos corpos de provas, obtidas por microscopia óptica, são apresentadas na **Figura 27 (a) e (b)**. De modo geral, a aparência é de um material mais compacto, isto é, com menor ocorrência de vazios. Além disso, o fato do pó atuar como reforço estrutural indica que provavelmente sua superfície é sílica, o que é consistente com a possibilidade da dispersão não decantar por cerca de uma semana.



**Figura 27: Microscopia óptica de argamassa produzida com (a) água ou (b) água residuária.**

<sup>27</sup> O teste foi processado no laboratório MCC, da FATEC-SP

De modo geral, o co-produto pó de silício pode ser útil, portanto, para dois usos distintos: produção de cerâmicos, se removido da água, ou reforço estrutural, se usado na dispersão. Contudo, o pó apresenta alta pureza, é inerte e corresponde a um grande volume. Portanto, um estudo logístico pode revelar quais as prováveis indústrias, internas ou externas ao condomínio, podem ser abordadas com um plano de negócios.

#### **4.2.1.6.5. Plano de Negócios:**

Portanto, um plano de negócios para água residuária e resíduos é a comercialização como co-produto e/ou a simbiose industrial. Esta simbiose é bastante dependente, por outro lado, da própria localização física e geográfica da empresa, mas, afortunadamente, onde esta está localizada, há um condomínio industrial composto por 11 empresas, sendo uma delas do setor metalúrgico. Também, muito próximo à empresa, mas fora do referido condomínio, existe uma indústria de telhas.

- **Para água residuária:**

Após tratamento - pode ser utilizada em metalúrgicas desenvolvedoras de processos galvânicos e de cromação da região. Devido ao custo do transporte, contudo, os processos galvânicos devem estar próximos.

Sem tratamento - poderia desenvolver um piloto para utilizar a dispersão de silício no processo de produção de telhas, uma vez que seu processo de fabricação consome água em grande quantidade.

- **Para o Co-produto (silício removido da água residuária por decantação):**

Por aquecimento - poderia ser usado por indústrias produtoras de cerâmica.

Por secagem - poderia ser usado em blocos de concreto, telhas etc.

Como a logística é um fator extremamente relevante nas questões apresentadas acima, deve-se avaliar o que segue:

1. Na primeira hipótese, como os possíveis parceiros estão muito próximos ao parque industrial, não há a necessidade de se mensurar o custo logístico, pois o transporte do co-produto poderia ser efetuado através de tubulações.

2. Na segunda hipótese, há de se considerar o custo do transporte para entrega do co-produto para, assim, analisar sua viabilidade econômica.

Nesta situação, a proposta é comercializar o co-produto com empresas instaladas geograficamente na região, visando-se minimizar os custos logísticos com transporte, que poderiam ser calculados da seguinte forma:

- Considerando um caminhão pipa com capacidade de 15000 litros, o custo do frete fica próximo de R\$ 300,00 para a região, ou seja: R\$ 300,00 / 15 m<sup>3</sup> o que equivale a R\$ 20,00 / m<sup>3</sup> do co-produto transportado.
- A empresa em estudo poderá utilizar-se da seguinte equação:

$$V_{\text{frete}} = Q \times T$$

Onde

$V_{\text{frete}}$  é valor do frete;

$Q$  é a quantidade de co-produto produzido pelo processo;

$T$  é o custo estimado de transporte do metro cúbico do co-produto.

#### **4.3. Projeto de Implantação do Sistema de Prevenção de Poluição e Formação de Ciclo Denominado T.E. 1:**

Como os resultados do “piloto” foram promissores, é adequado à empresa em estudo implementar um sistema para melhorar as possibilidades de obter redução de custo, rentabilidade e sustentabilidade em seu processo de tratamento de água e de geração de co-produto. Para um melhor gerenciamento do projeto, é necessária a adoção de algumas ferramentas estratégicas para auxiliar a empresa no gerenciamento e execução.

Uma forma de proceder a implantação dessas ferramentas é do (BSC), um mapa estratégico do controle do fluxo de materiais no sistema de Produção/Consumo/Tratamento de Efluentes num processo de melhoria contínua vinculado à logística. Segundo CERTO (2003, p.150), considera-se que o processo de gerenciamento estratégico seja constituído de cinco etapas sequenciais e contínuas:

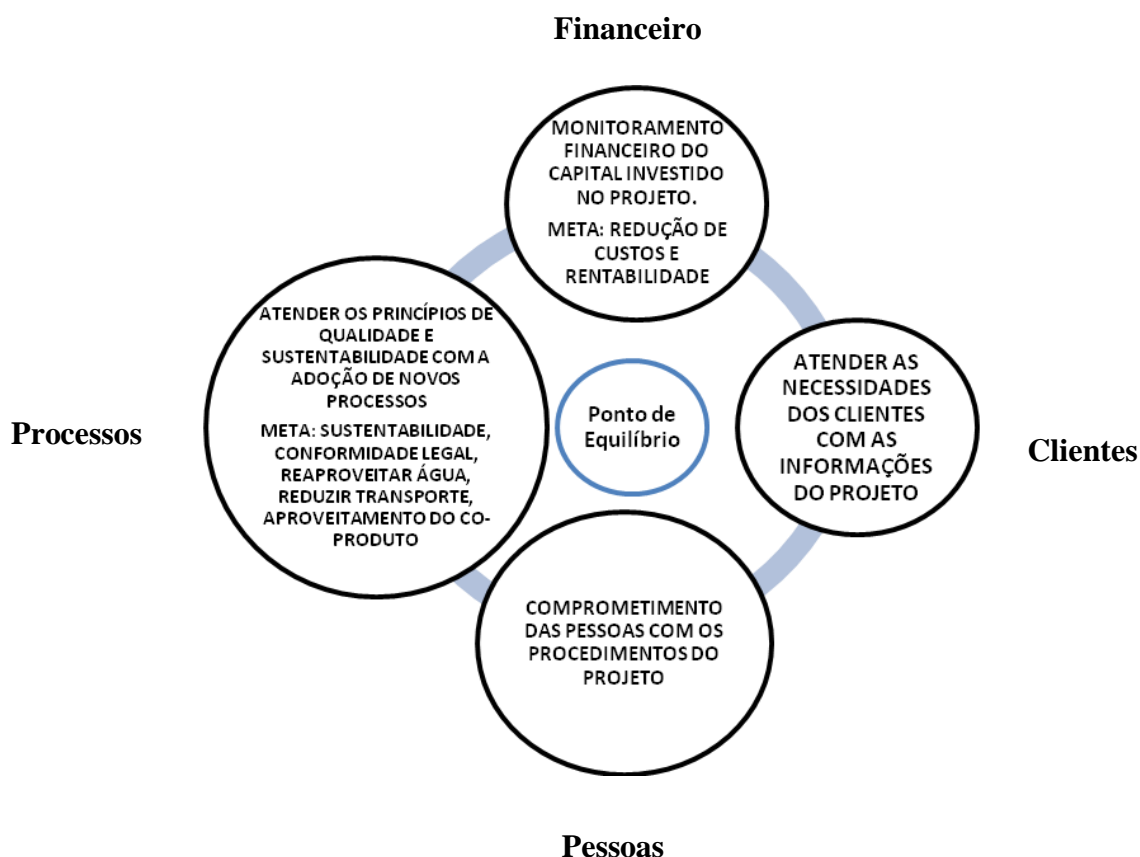
- 1 – Análise ambiental;
- 2 – Estabelecimento de uma direção organizacional;
- 3 – Formulação de estratégias;
- 4 – Implantação de estratégias; e,
- 5 – Controle estratégico.

No mapa estratégico, observa-se que no contexto (pessoas) deve haver um comprometimento de toda a estrutura organizacional, ou seja, de baixo para cima. Este comprometimento faz-se necessário para uma maior interação, integração e comunicação entre as áreas envolvidas no projeto.

No que se refere a (processos), os objetivos da Empresa X são de reduzir os custos logísticos com o transporte do resíduo de processos, reaproveitamento da água de processos e da gestão do co-produto após implementação do projeto denominado T.E.1. Também, faz parte dessa estratégia atender os requisitos dos (clientes) internos e externos.

Já no contexto (financeiro), os dados obtidos até o momento evidenciam que após a implementação do projeto a Empresa X terá redução de custos em toda a cadeia, uma maior rentabilidade, atendimento dos aspectos legais e sustentabilidade. Portanto, no âmbito empresarial, provavelmente a adoção do mapa estratégico proporcionará uma significativa redução de custos e otimização de processos, tornando a empresa sustentável e mais competitiva.

No mapa estratégico, a Empresa X em estudo deverá adotar um sistema analítico para desenvolver as quatro perspectivas do (BSC) com o objetivo/meta de alcançar um ponto de equilíbrio tornando-a sustentável, competitiva e rentável **Figura 28**.



**Figura 28: BSC – Modificado - Perspectivas (pessoas→processos→clientes→finanças) de forma sincronizada para obtenção do resultado proposto no início do projeto. (Adaptado de KAPLAN ET AL., 1997).**

Como resultado estratégico da metodologia do (BSC) no que se refere a processos, foram realizados testes laboratoriais para demonstrar e comprovar a eficiência e a eficácia do projeto T.E.1. Assim, são apresentadas planilhas de controle usando o piloto para a água residuária (apresentados no item anterior) como exemplo. Uma provável descrição para cada nova proposta de prevenção de poluição ou formação de ciclo é apresentada na **Figura 29**. Trata-se de um método (PDCA) de solução de problemas e de melhoria contínua, e, em seguida ao (PDCA), é possível uma avaliação relativa aos aspectos gerais do projeto como apresentado na (**Tabela 32**).

Tabela 32: Execução: Avaliando os Aspectos de Projeto

PROJETO T.E.1	SIM	NÃO	TEMPO	R\$	OBS.:
Compensação do Ambiente do Projeto					
Definição de Projeto					
Mudanças					
Planejamento do Projeto					
Ações Corretivas					
Programação					
Controle					
Recursos Financeiros					
Recursos de Mão-de-Obra					
Recursos de Equipamentos					
Execução do Projeto					

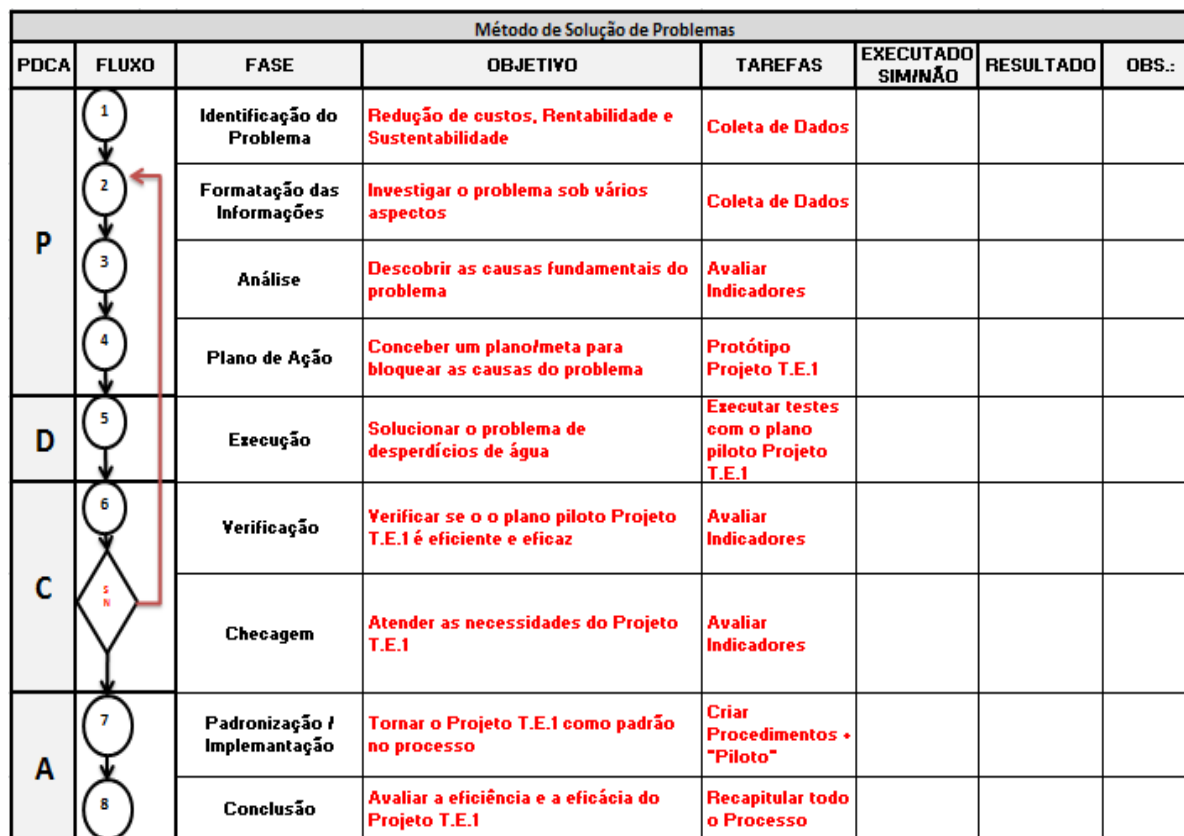


Figura 29: Método de solução de problemas (Adaptado de FALCONI, 1994, p. 116).



Acumulado no Período	Jun. a Nov./11	Dez.11 a Abr./12	Redução	Varição
Consumo de Água em m <sup>3</sup>	0	0	0	#DIV/0!
Nº de Coletas	0	0	0	#DIV/0!
M <sup>3</sup> Transportados	0	0	0	#DIV/0!
Custo acumulado (viagem)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	#DIV/0!

Análise Comparativa	nov/11	abr/12	Redução	Varição
Consumo de Água em m <sup>3</sup>	0	0	0	#DIV/0!
Nº de Coletas	0	0	0	#DIV/0!
M <sup>3</sup> Transportados	0	0	0	#DIV/0!
Custo Mensal	R\$ -	R\$ -	R\$ -	#DIV/0!

Análise Comparativa	M <sup>3</sup>	R\$ p/M <sup>3</sup>	Total
Consumo de Água em m <sup>3</sup> (antes da Implem.) base Nov/11	0	R\$ -	R\$ -
Consumo de Água em m <sup>3</sup> (pós-Implem.) base Abril/12	0	R\$ -	R\$ -
Reaproveitamento de Água em m <sup>3</sup> (pós-Implementação)	0	R\$ -	R\$ -

Figuras 30 (a): Planilhas de Simulação: Indicadores (Antes e Pós-Implementação do Projeto T.E.1)

ITENS	PROBLEMAS	CAUSAS DO PROBLEMA	IMPACTO DO PROBLEMA NA ORGANIZAÇÃO	SOLUÇÕES
1	Alto Custo com Descarte de água de processo	Aumento de Produção	Perda de rentabilidade, recursos e sustentabilidade.	Implementação do Projeto T.E. 1 e comercialização de água de fim de processo e pó de silício como co-produto
2	Conformidade Legal	Ambiental	Fiscalização	Comercialização do Co-produto
3				
4				
5				

Figura 30 (b): Análise das necessidades, das dificuldades e os responsáveis pela implementação e gerenciamento do projeto.

#### **4.4. Conclusão Parcial:**

Os estudos apresentados nesse item indicaram que a maioria dos co-produtos identificados anteriormente na área de processos de semicondutores por outros autores (GAMEIRO, 2002) e (ARBUCIAS, 2008) são os mesmos, contudo, pela formação de parceiros (simbiose industrial) e principalmente pelo uso da logística é possível a destinação correta de tais insumos. Isso tem um impacto positivo na sustentabilidade que, em conjunto com outras providências na área de descarte de equipamentos pequenos, principalmente com o uso da logística reversa, pode diminuir significativamente as emissões no setor eletroeletrônico.

## 5 - CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a possibilidade do uso de alguns dos conceitos da Ecologia Industrial e da Logística no fluxo de produção de eletroeletrônicos para a melhoria da sustentabilidade. Os dados obtidos e os experimentos realizados, de modo geral, indicam que há inegáveis vantagens no estudo do fluxo de produção e no uso da simbiose industrial, respectivamente, para diminuir impacto ambiental na área de produto e processo.

Quanto ao aspecto de produto, os dados revelaram que há um nicho pouco explorado no setor eletroeletrônico e onde a logística reversa pode dar uma grande contribuição para fechamento de ciclo, que é a reciclagem de equipamentos pequenos. Nesse nicho, também, há uma grande probabilidade de melhoria ambiental pelo aspecto de processo. Isto decorre da dificuldade de reciclagem de (CI's) que, devido à alta integração dos eletrônicos pequenos, encontram-se em grande quantidade em tais equipamentos.

Através de conceitos, legislações e de estudo de campo, a pesquisa que ocorreu no Estado de São Paulo indicou que no âmbito tecnológico, legal e econômico, há a falta de sincronismo e de conhecimento da nova (PNRS) no país. Porém, dentro de uma visão organizacional moderna da gestão de resíduos, a adequação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) representa uma grande oportunidade geradora de negócios, além de ser um importante diferencial competitivo em relação às empresas que ainda não a adotam como estratégia sustentável. Como apontado por muitos especialistas do setor logístico e produtivo, as questões organizacionais minimizam o crescimento do país, portanto, faz-se necessário identificar onde a reciclagem tem um maior impacto na cadeia produtiva. Assim, a sociedade, como um todo, será beneficiada se as empresas tiverem acesso às informações no que se refere ao reaproveitamento de resíduos provenientes de seus processos produtivos. Estas empresas poderão planejar estrategicamente seus negócios, reduzindo custos operacionais, sem perder o foco de seus negócios. Dentro deste contexto o estudo revelou uma possibilidade para a adoção de polos de reciclagem de eletrônicos pequenos, que é a capacitação de catadores informais.

No âmbito dos resíduos de fim de processo produtivo, ficou evidente que a adoção de novas tecnologias contribuirá muito neste contexto, no qual a mitigação dos processos com a

estratégia de produção mais limpa discutirá todo o fluxo de produção e este deverá ser o mais eficiente possível.

Este estudo foi proveitoso ao propor a transformação e o reaproveitamento de resíduos denominados co-produtos do setor eletroeletrônico, os quais podem ser reaproveitados no próprio processo produtivo ou até comercializados, tendo-se assim um ciclo de produção mais fechado. Logo, propõem-se sua continuidade nas pesquisas no setor eletroeletrônico, por exemplo, pela definição de indicadores para mensurar como a sustentabilidade aliada à logística e à redução de custo tornam as empresa do setor eletroeletrônico mais competitivas e rentáveis.

Como ao longo desta pesquisa alguns autores abordaram que o custo da gestão logística em muitas ocasiões é maior que o custo do produto, a adoção de novas estratégias de valoração e a curva de consumo poderão refletir na equação do resultado econômico e de consumo, pois com a alta produtividade, o custo de produção e de processo é reduzido, tornando a empresa mais sustentável e competitiva no mercado.

A avaliação dos custos totais pode contribuir ou mesmo conciliar o aumento de produtividade com o desenvolvimento tecnológico, pois com recursos (insumos) finitos e com a velocidade de transformação dos recursos naturais, se faz necessário ter uma visão sistêmica dos processos e uma produtividade mais eficiente, bem como trazer soluções para gerenciar esta velocidade e a consequência ambiental gerada por tais processos, resolvendo-se, assim, a dicotomia “desenvolvimento versus recursos finitos versus sustentabilidade”.

## REFERÊNCIAS

**A Produção Mais Limpa na Micro e Pequena Empresa** – Cartilha - Disponível em: [http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/cartilha\\_sebrae.pdf](http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/cartilha_sebrae.pdf). Acessado em 01 Fev. 2012.

**ABINEE apresenta proposta de logística reversa.** Revista da Abinee 62, October 19, 2011, pág. 16-17.

ARBUCIAS, Janaina Gameiro. **Melhoria da Sustentabilidade pela Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial: Estudo de Caso no Setor Eletroeletrônico.** 162 p. Tese (Doutorado) apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para o título de Doutor em Engenharia. São Paulo: 2008.

**Aumenta o número de casas com até três moradores no Brasil, diz IBGE.** Disponível em: <http://noticias.r7.com/brasil/noticias/aumenta-o-numero-de-casas-com-ate-tres-moradores-diz-ibge-20100908.html>. Acessado em 23 Nov. 2011.

AYRES, R.U e AYRES, L., FRANKL, P. **Industrial ecology: towards closing the materials cycle.** Cheltenham, UK E. Elgar Brookfield, Vt., US 1996, 379 p.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física.** Tradução: Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 2007.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial.** 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BAPTISTA. Wanderley Coelho. **Confederação Nacional da Indústria – CNI - Questionário Referente aos Dados do Setor das Indústrias.** Brasília: 24 Jan. 2012.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos,** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BATEMAN, Thomas S. **Administração: novo cenário competitivo.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

**Benefícios da Produção Mais Limpa.** Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/ambiente/perguntas/producao-limpa.aspx>. Acessado em 30 Mar. 2011.

BERALDO, Fábio Peppe. Dissertação: **Desenvolvimento de Estrutura para Retenção de partículas/Microorganismos Presentes em Fase Gasosa e Testes em Equipamento Dedicado.** 2006. EPUSP, 107 pág.

BORCHARDT, Miriam. |et al|; **IMPLEMENTAÇÃO DO ECODESIGN: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA ELETRÔNICA.** Miriam Borchardt, Miguel Afonso Sellitto, Giancarlo Medeiros Pereira, Leonel Augusto Calliari Poltosi, ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR670485\\_9203.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR670485_9203.pdf).

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial: Processo de integração da cadeia de suprimentos**. 1ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BRAGA, Benedito, [et al]. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

**Brasil tem 197,53 milhões de celulares** 21 de Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalPaginaEspecialPesquisa.do?acao=&tipoConteudoHtml=1&codNoticia=21816>. Acessado em 21 Nov. 2011.

**Brasil tem 85 milhões de computadores em uso**. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-tem-85-milhoes-computadores&id=010175110419>. Acessado em 21 Nov. 2011.

**Co-processamento é uma destinação final ambientalmente adequada de resíduos em fornos de cimento com o aproveitamento da energia contida nestes materiais e/ou substituição das matérias-primas e operação regulamentada e licenciada por órgãos ambientais competentes**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coprocessamento> Acesso em 06 Jun. 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia** – Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro: Bloch, 1994.

**Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI**. Disponível em: [http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs\\_senai\\_uos/senairs\\_uo697/Qual%20a%20vantagem%20de%20se%20adotar%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf](http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/Qual%20a%20vantagem%20de%20se%20adotar%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf). Acessado em 01 Fev. 2012.

CERTO, Samuel C. **Administração Moderna**. 9 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CHI, Xinwen. [et al]. Martin Streicher-Porte, Mark Y.L. Wang, Markus A. Reuter, **Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China, Waste Management**, Volume 31, Issue 4, April 2011, Pages 731-742.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

**Ciclo PDCA** de Shewhart ou ciclo de Deming. É um ciclo de desenvolvimento que tem foco na melhoria contínua. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_PDCA](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_PDCA). Acessado em 05 Jun. 2012.

**Companhias mapeiam destino do lixo eletrônico no país**. Valor Econômico (SP): 26/11/2010 09h10min Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6301&catid=159&Itemid=75](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=6301&catid=159&Itemid=75). Acessado em 06 Jan. 2012.

**Comportamento da Indústria Elétrica e Eletrônica Ano 2011 – Projeções para 2012.** Apresentação em *power point* de 08.dez.de 2011. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/fimano11.pdf>. Acessado em 06 Jan. 2012.

**Com a crescente demanda por estes equipamentos, dados do IPEA – “Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada apontam que o Brasil produz 57 milhões de toneladas de lixo por ano, dos quais só 2,4% dos resíduos sólidos urbanos são reciclados...”** Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org.br/noticias/pnrs-atrai-investimentos-em-reciclagem-de#ixzzlihefILNR>. Acessado em 06 Jan. 2012.

**Conceitos adotados pela Mesa Redonda Paulista de P+L.** Disponível em: <http://www.mesaproducaomaislimpa.sp.gov.br/>. Acessado em 01 Fev. 2012.

**Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS.** Disponível em: <http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmaisl-conceito.asp>. Acessado em 01 Fev. 2012.

**Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Capítulo VI – Do Meio Ambiente** – Artigo 225 § 1º - cap. VI. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm). Acessado em 10 Out. 2011. e [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitui%c3%a7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%c3%a7ao.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

CONTADOR, José Celso. (professores do departamento de engenharia de produção da Escola Politécnica da USP e da Fundação Carlos Alberto Vanzolini) – **“Gestão de operações” a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

CORRÊA, Henrique L. CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 1 ed. 4 reimp. São Paulo: Atlas, 2011.

COSTA, Márcio Macedo. **PRINCÍPIOS DE ECOLOGIA INDUSTRIAL APLICADOS À SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE AÇO.** 2002, 257 p. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mmdacosta.pdf>.

COSTA, Maria Isabel Lopes da. [et al]; **20 anos de Eco-eficiência no Brasil: de estratégia de negócios a princípio de Política Pública.** Maria Isabel Lopes da Costa, Elmo Rodrigues da Silva, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 8, n. 1, p. 3-28, jan-abr/2012.

**Da Execução da Política Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/carijos/documentos/Decreto88351.pdf>. Acessado em 16 Mar. 2012.

**Dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) apontam que o Brasil produz 57 milhões de toneladas de lixo por ano.** Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org.br/noticias/pnrs-atrai-investimentos-em-reciclagem-de#ixzzlihefILNR>. Acessado em 06 Jan. 2012.

**Dados Estatísticos do Setor de Eletroeletrônicos.** Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acessado em 06 Jan. 2012.

**Dados Estatísticos do Setor de Eletroeletrônicos - Avaliação Setorial - 2º Trimestre 2011.** Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon11.htm>. Acessado em 06 Jan. 2012.

DARBY, Lauren. OBARA, Louise. **Household recycling behaviour and attitudes towards the disposal of small electrical and electronic equipment**, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 44, Issue 1, April 2005, Pages 17–35.

DALRYMPLE, I. et al|. N. Wright, R. Kellner, N. Bains, K. Geraghty, M. Goosey, L. Lightfoot, (2007) "An integrated approach to electronic waste (WEEE) recycling", *Circuit World*, Vol. 33 Iss: 2, pp.52 - 58 DOI: 10.1108/03056120710750256.

**DECRETO-LEI Nº 356, DE 15 DE AGOSTO DE 1968. Estende Benefícios do Decreto-Lei número 288, de 28 de fevereiro de 1967, a Áreas da Amazônia Ocidental e dá outras Providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0356.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0356.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

**Decreto Nº 7.404, Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

**DECRETO Nº 88.351, DE 01 DE JUNHO DE 1983.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/carijos/documentos/Decreto88351.pdf>. Acessado em 28 Mar. 2012.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

DONATI, Gianni, PALUDETTO, Renato. **Scale up of chemical reactors**, *Catalysis Today*, vol. 34, 1997. Pág. 483-533.

DUDUKOVIC, Milorad P. **Reaction engineering: Status and future challenges**, *Chemical Engineering Science*, Vol. 65, no 1, 2010, Pág. 3–11.

**ECOPONTO - Estação de Entrega Voluntária de Inservíveis.** Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/limpurb/ecopontos/index.php?p=4626>. Acessado em 30 Jan. 2012.

FARIAS, Luciana A.; FAVARO, Déborah I. T.. **Vinte anos de química verde: conquistas e desafios.** Química Nova, São Paulo, v. 34, n. 6, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000600030>. Acessado em 06 Jun. 2012.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Miniaurélio: o dicionário da língua portuguesa.** 7 ed. Curitiba: Positivo, 2008.

FIGUEIREDO, Kleber F.; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos.** (Coleção COPPEAD de Administração) 1 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**Fluxograma de Processo de Produção Mais Limpa.** Disponível em: [http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs\\_senai\\_uos/senairs\\_uo697/O%20que%20%E9%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf](http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/O%20que%20%E9%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf). Acessado em 01 Fev. 2012.

FRAGOMENI, Ana Luiza Moura. **Parques Industriais Ecológicos como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental.** Cooperativa 2005, 110 p. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/alfragomeni.pdf>

GAITHER, Norman. **Administração da produção e operações.** 8 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GAMEIRO, J., **Desenvolvimento De Tecnologias Mais Limpas Aplicadas À Microeletrônica,** Dissertação, 102 pag., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, (2002).

GASNIER, Daniel Georges. **A dinâmica dos estoques: guia prático para planejamento, gestão de materiais e logística.** São Paulo: Imam, 2002.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M.V. **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações.** São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GIDO, Jack. [et al]; **Gestão de Projetos** – Tradução Vértice Translate; Revisão Técnica Silvio B. Melhado. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

**Grupo de Trabalho Temático - GTT Eletroeletrônicos.** Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=3307>. Acessado em 06 Jan. 2012.

GURGEL, Floriano C. A. **Administração do produto.** São Paulo: Atlas, 1995.

HEINRITZ, F.; Stuart & FARREL, V. Paul. **Compras: princípios e aplicações.** São Paulo: Atlas, 1988.

HICKS, C.; DIETMAR, R.; EUGSTER, M. **The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China—legislative and market responses, Environmental Impact Assessment Review,** Volume 25, Issue 5, July 2005, Pages 459–471.

**Imagem de Caminhão Tanque.** Inserida na figura 14, pág.93, Disponível em: <http://pixabay.com/pt/%C3%ADcone-desenhos-animados-tanque-g%C3%A1s-41090/> Acessado em 27 de Agosto de 2012.

**Incentivos para o eletrônico nacional.** Correio Braziliense (DF) 11/05/2011 09h36min. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8358&catid=159&Itemid=75](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8358&catid=159&Itemid=75). Acessado em 06 Jan. 2012.

**Indicador – Geração de Resíduos Sólidos nas Capitais.** Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/219/\\_arquivos/texto\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_2010\\_219.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/219/_arquivos/texto_residuos_solidos_urbanos_2010_219.pdf). Acessado em 17 Out. 2011.

KAPLAN, Robert S. e NORTON, David P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard.** Tradução: Luiz E. T. Frazão Filho. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KEEDI, Samir, **Transportes, Unitização e Seguros Internacionais de Carga.** São Paulo: Aduaneiras, 2007.

**LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acessado em 25 Mar. 2012.

**LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

**LEI Nº 12.305/10 faz distinção entre resíduo (lixo que pode ser reaproveitado ou reciclado) e rejeito (o que não é passível de reaproveitamento).** Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/219/\\_arquivos/texto\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_2010\\_219.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/219/_arquivos/texto_residuos_solidos_urbanos_2010_219.pdf). Acessado em 17 Out. 2011.

**LEI Nº 12.305 Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acessado em 16 Mar. 2012.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMAD, W. G. N. **Utilização de Conceitos e Ferramentas da Logística para a Melhoria da Sustentabilidade: Um Estudo de Caso.** 2010. 148f. Dissertação, (Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação) – CEETEPS, 2010.

**Logística reversa pode ser entendida como o ato de retornar às cadeias produtivas os resíduos gerados no consumo dos produtos, permitindo sua reciclagem ou reaproveitamento.** Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/verNoticia.php?id=1344>. Acessado em 28 Mar. 2012.

MACHADO, Adélio A. S. C. **DA GÊNESE AO ENSINO DA QUÍMICA VERDE.** Química Nova, Vol. 34, No. 3, 535-543, 2011.

MALHEIROS, Tadeu Fabricio. |et.al|; **Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro.** Tadeu Fabricio Malheiros, Arlindo Phlippi Jr., Sonia Maria Viggiani Coutinho, Saúde Soc. São Paulo, v.17, n.1, p.7-20, 2008.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos.** 9 ed. reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, Petrônio G.; CAMPOS, Paulo Renato. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais.** 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à Administração.** 4 ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1995.

MENEZES, Adriana Carvalho de. **Gestão de projetos de P&D: o caso Cemig,** Dendena. Belo Horizonte, 2010. 147f.: Il..

MIGUEZ, Eduardo Correia. **LOGÍSTICA REVERSA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS: BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E FINANCEIROS,** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Mestrado, 2007.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

MORETTI, Sérgio Luiz do Amaral. , CRNKOVIC, Maria do Carmo Lima e HELENA, Luciana. **GESTÃO DE RESÍDUOS PÓS-CONSUMO: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR E DOS CANAIS REVERSOS DO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL** Revista de Gestão Social e Ambiental vol5, no 1, 2011, DOI: 10.5773/rgsa. v5i1.185

MOTTA, Fernando C. Prestes. ; VASCONCELOS, Isabella F. Gouveia de. **Teoria Geral da Administração.** 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Qualidade e Gestão Ambiental.** 5. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2008.

MOURA, Reinaldo A. **Sistemas de Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais.** São Paulo: IMAM, 1996. Série Manual de Logística, v. 1.

NUNES, J. F. **Estudo da sedimentação gravitacional de suspensões flocculentas,** Dissertação, U.F. Uberlândia, 2008, 80 pág.

**O desafio é conciliar diversos interesses e tirar a lei do papel.** Valor Econômico (SP) 21/07/2011 10h40min: Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9385&catid=159&Itemid=75](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=9385&catid=159&Itemid=75). Acessado em 06 Jan. 2012.

**O PAPEL DA LOGÍSTICA REVERSA NO REAPROVEITAMENTO DO “LIXO ELETRÔNICO” – UM ESTUDO NO SETOR DE COMPUTADORES** - Natalie Lavez, Vivian Mansano De Souza, Paulo Roberto Leite Revista de Gestão Social e Ambiental, Vol. 5, No 1 (2011) DOI: 10.5773/rgsa.v5i1.263

**Os produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos têm ampliado sua presença nos lares brasileiros a cada ano.** Disponível em: <http://www.eletros.org.br/site/estat.php>. Acessado em 21 Nov. 2011.

OLIVEIRA, Camila Reis de. [et al]. **Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation, Waste Management, in press**, April 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.04.003>.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Administração de processos: conceitos, metodologia, práticas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ONGONDO, F. O. [et al]. **How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes, Waste Management**, Volume 31, Issue 4, April 2011, Pages 714–730.

**Os diagramas de Ishikawa são úteis como ferramentas sistemáticas para encontrar, classificar e documentar as causas da variação da qualidade na produção e organizar a relação mútua entre eles.** Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Kaoru\\_Ishikawa](http://pt.wikipedia.org/wiki/Kaoru_Ishikawa) Acessado em 06 Jun. 2012.

OTTOMAN, Jacquelyn A. **Marketing Verde**. São Paulo: Makron Books, 1994.

PANEQUE, William Cotrim. **Lixo eletrônico: o grande passivo ambiental do consumismo**. publicado em 08/03/2010 07:59:59 e atualizado em 01/04/2010 17:16:08. Disponível em: <http://www.aceguarulhos.com.br/content.php?m=20100302123601>. Acessado em 16 Nov. 2011.

**Parceira em uma campanha de coleta de resíduos eletroeletrônicos.** Disponível em: [http://www.abrelpe.org.br/noticias\\_clipping\\_detalhe.cfm?NotClippingID=1163](http://www.abrelpe.org.br/noticias_clipping_detalhe.cfm?NotClippingID=1163). Acessado em 09 Fev. 2012.

PEREZ, Gualberto Daniel Prado. **O ciclo sustentável do resíduo eletrônico: um estudo do programa de reciclagem de resíduos tecnológicos de Porto Alegre**; Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração, 2011, <http://hdl.handle.net/10183/33159>. Acessado em 09 Maio 2012.

**Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Síntese de Indicadores 2009**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – Rio de Janeiro: 2010.

PIRES, Sílvio R.I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – supply chain management**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PITTON, L. T. O., **Avaliação Simplificada do Fluxo de Materiais no Setor de Plásticos - Um Estudo de Caso**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação) – CEETEPS, 2011.

**Plano de gerenciamento dos resíduos sólidos será apresentado em junho**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/03/18/plano-de-gerenciamento-dos-residuos-solidos-sera-apresentado-em-junho>. Acessado em 30 Mar. 2011.

**PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos** – Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acessado em 10 Out. 2011.

**População do Brasil ultrapassa 190 milhões, mostra Censo 2010**. Disponível em: <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/2010/11/29/populacao-do-brasil-ultrapassa-190-milhoes-mostra-censo-2010.jhtm>. Acessado em 23 Nov. 2011.

**Portaria nº 113/2011, do MMA (Ministério de Meio Ambiente), publicada no DOU (Diário Oficial da União) em 11/04. O Sistema de Logística Reversa é um dos pilares da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), ao lado do princípio da responsabilidade compartilhada e pela adoção da prática da coleta seletiva dos resíduos sólidos**. Disponível em: <http://www.observatorioeco.com.br/integra-regimento-do-comite-de-logistica-reversa/>. Acessado em 16 Mar. 2012.

**Portaria Nº 113, de 8/04/2011, Capítulo I, Art. 1º O Comitê Orientador para Implantação de Sistemas de Logística Reversa**. Disponível em [http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4E1B1104/PortariaMMA113\\_AprovaRI\\_COISLR.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4E1B1104/PortariaMMA113_AprovaRI_COISLR.pdf). Acessado em 17 Out. 2011.

**Portaria nº 113, de 8 de abril de 2011. Aprova Regimento Interno para o Comitê Orientador para Implantação de Sistemas de Logística Reversa**. Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1314729353.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1314729353.pdf). Acessado em 06 Jan. 2012. e <http://www.observatorioeco.com.br/integra-regimento-do-comite-de-logistica-reversa/>. Acessado em 16 Mar. 2012.

PORTER, Michel E. **Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

**Project Management Institute – (PMI®)** Disponível em: <http://www.pmissp.org.br/institucional/pmi/gerenciamento-de-projetos>. Acessado em 07 Jun. 2012.

**Quantitativos de Resíduos Recebidos nos Ecopontos**. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/ecopontos\\_1324473840.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/ecopontos_1324473840.pdf). Acessado em 30 Jan. 2012.

QUEIROZ, E. F. **Melhoria de Processos pelo Levantamento de Indicadores Ambientais via Software**. 2006. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - EPUSP, 2006.

**RECICLAGEM DE MATERIAIS PÓS-CONSUMO - Whirlpool Latin America** – Disponível em: <http://www.mercadodecomunicacao.com.br/blog/tag/whirlpool/>. Acessado em 30 Jan. 2012.

REDONDO, João Carlos. **Proposta de modelagem de Logística Reversa para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - REEE's**. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/noticias/com16.htm>. Acessado em 30 Jan. 2012.

**Resolução CONAMA 1/86, de 23 de janeiro de 1986, Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental**. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/1986\\_Res\\_CONAMA\\_1\\_86.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/1986_Res_CONAMA_1_86.pdf). Acessados em: 16 Nov. 2011 e 16 Mar. 2012.

**Resolução SMA-038 DE 02 DE AGOSTO DE 2011**. Disponível em: [http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2011/38\\_020811.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2011/38_020811.pdf). Acessado em 09 Fev. 2012.

RIBEIRO, José C. Junqueira. **Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**. Apresentação em Power Point. Belo Horizonte em 22 de Fev. de 2011. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/junqueir.pdf>. Acessado em 06 Jan. 2012.

SANTOS, Priscila. **Sir Company: Questionário Referente aos Dados do Setor de Reciclagem**. São Paulo: 24/01/12.

SANTOS, Leandro Colevatti dos. ; BERALDO, Fábio Peppe. ; SIMÕES, Eliphaz Wagner. ; SILVA, Maria Lúcia Pereira da; **Miniaturized Structures For Removal Or Selection Of Particles From Liquid Flow. Sensors and Actuators**. B, Chemical. , v.130, p.310 - 319, 2008.

SARAIVA, Luis André. **Como ser sustentável a partir da PNRs?**. São Paulo: Revista ABINEE nº 60 pág. 58. Março/2011.

SEGANTINI, Odair Luis. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais – ABRELPE - Questionário Referente aos Dados do Setor de Limpeza Pública**. São Paulo: 24 Jan. 2012.

**Setor eletroeletrônico cresce em 2011, mas importações preocupam**. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/noticias/com100.htm>. Acessado em 06 Jan. 2012.

SILVA, L.M.; LIMA, R.R.; SIMÕES, E.W.; SILVA, M.L.P. da, **A Proposal of Portable Equipment for Pretreatment in Chemical Analysis**. The International Review of Chemical Engineering. , v.2, p.134 - 141, 2010.

SLACK, Nigel. [et al]. **Administração da Produção**. Revisão Técnica: Henrique Corrêa, Irineu Gianesi. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**SMA 38 - A Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo - SMA/SP publicou no DOE (Diário Oficial do Estado), em (03/08), a Resolução nº 38/2011, que estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental.** Disponível em: <http://www.observatorioeco.com.br/sp-divulga-lista-dos-produtos-de-responsabilidade-pos-consumo/>. Acessado em 28 Mar. 2012.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

TANIMOTO, Armando Hirohumi. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação, UFBA, Salvador - BA, 2004, 151 pág. Disponível: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/disserta.pdf>

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Materiais para equipamentos de processo**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

TOPORCOV, Vinicius Pedro. **ECO-EFICIÊNCIA E ECO-EFETIVIDADE COMO DIRECIONADORES DE GERAÇÃO DE VALOR EM PROJETOS. Uma aplicação em uma empresa no Brasil**. Vinicius Pedro Toporcov – Dissertação: Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, SÃO PAULO, 2009, 88 páginas. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/5807>.

UELZE, Reginald. **Logística Empresarial uma Introdução à Administração dos Transportes**. São Paulo: Pioneira, 1974.

**Um estudo das motivações para implantação de programas de logística reversa de microcomputadores**. Ezequiel Ferreira dos Santos, Maria Tereza Saraiva de Souza. Revista Eletrônica de Ciência Administrativa v. 8, n2, 2009. doi: 10.5329/RECADM. 20090802002.

VALERIANO, Dalton L. **Gerência de Projetos – Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia**. São Paulo: Makron Books, 1998.

VIANA, João Jose. **Administração de Materiais: um enfoque prático**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VIANA, Vargas Ricardo. **Gerenciamento de Projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VIRGENS, T.A.N. das. **Contribuições para a gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: ênfase nos resíduos pós-consumo de computadores**. 2009. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

WIDMER, Rolf. |et al|. **Global perspectives on e-waste, Environmental Impact Assessment Review** Volume 25, Issue 5, July 2005, Pages 436–458.

YAO, Marissa A. |et al|. **Comparative Assessment of Life Cycle Assessment Methods Used for Personal Computers.** Tim G. Higgs, Michael J. Cullen, Scott Stewart, Todd A. Brady, *Environ. Sci. Technol.*, **2010**, *44* (19), pp 7335–7346 DOI: 10.1021/es903297.

YU, Jinglei. |et al|. Eric Williams, Meiting Ju, **Analysis of material and energy consumption of mobile phones in China**, *Energy Policy*, Volume 38, Issue 8, August 2010, Pages 4135-4141.

ZACHARIAS, Oceano J. **Qualidade e produtividade em empresas de recuperação de créditos: uma aplicação da ISO 9001:2008: como ferramenta de gestão empresarial.** 1 ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2009.

## Glossário de palavras

**Acurácia:** Análise mais apurada.

**Aquoso:** Que contém água.

**Balanced Scorecard:** Ferramenta para se encontrar o ponto de equilíbrio

**Benchmarking:** Melhores estratégias – comparar-se no que a concorrência tem de melhor.

**Buffer:** Tampão/retenção.

**Censo:** Conjunto de dados estatísticos dos habitantes de uma região.

**Co-processamento:** Produto final que pode ser reaproveitado como insumo.

**Coalescência:** Agregação/união.

**Deionizada:** Com baixa concentração de íons.

**Desktops:** Computador de mesa.

**Ecodesign:** Desenvolver um produto ecologicamente correto.

**Ecoponto:** Local de descarte de resíduos.

**Efluxo:** Saída de fluxo.

**Frequência Absoluta:** Contagem normal

**Frequência Relativa:** Percentual

**Galvânica:** Processo de galvanoplastia – tratamento de superfície, normalmente metálica.

**Helicoidal:** Em forma de hélice.

**Housekeeping:** Manter procedimentos, processos e a empresa em ordem

**Inerte:** Não interage com o ambiente.

**Ingerência:** Gestão ineficiente.

**Input:** Entrada.

**Íons:** Átomo com excesso ou falta de elétrons.

**Job Shop:** Organização na qual os centros de trabalho ou departamentos são organizados em torno de tipos de funções ou similares ou especialidades departamentais como exemplo montagem.

**Know-how:** Conjunto de conhecimentos necessários ao desempenho de uma função ou tarefa.

**Lã de Vidro:** Produto utilizado para isolamento térmica ou acústica.

**Laptops:** Computador de mão.

**Lead Time:** Tempo de duração.

**Linha Azul:** Nome destinado a produtos como: batedeira, liquidificador e outros eletroportáteis.

**Linha Branca:** Nome destinado a produtos como: geladeira, fogão, máquina de lavar, etc.

**Linha Marrom:** Nome destinado a produtos como: TVs, DVDs, aparelho de áudio, etc.

**Linha Verde:** Nome destinado a produtos como: desktops e laptops.

**Lixo Eletrônico:** Resíduos e rejeitos de equipamentos eletroeletrônicos.

**Linhas de Fluxo:** Conhecida também como linha de corrente é a linha tangente ao vetor velocidade de uma partícula fluida em cada ponto de sua trajetória.

**Logística Reversa:** Modo ou estudo de como retornar resíduos para serem reaproveitados.

**Macrologística:** Fluxo logístico, abrange do fornecedor ao pós-consumo.

**Massa Fluida:** É a porção de matéria que se deforma continuamente sob a aplicação de uma tensão cisalhante, por menor que esta seja.

**Mercado Cinza:** Produtos que adentram o país ilegalmente.

**Mitigar:** Diminuir.

**Modal:** Meio ou modo de transporte.

**Modus Operandi:** Modo de operação.

**Non Product:** Não produto

**Não-Conformidade:** Falhas ou erros num processo.

**Osmose Reversa:** Circulação de água entre membranas semipermeável para retenção de partículas e/ou íons.

**Output:** Saída.

**Per Capita:** Por pessoa.

**Remanufatura:** Reaproveitar no processo de produção.

**Sílica:** Óxido de silício.

**Simetria Coaxial:** Refere-se à simetria cuja referência é o eixo central, que transpassa, no contexto deste estudo o reator.

**Stakeholder:** Todos os envolvidos num processo direta ou indiretamente.

**Sumaria:** Resumiria

**Surface Mounting Technology:** Tecnologia de montagem em superfície.

**Vorticidade:** Redemoinho.

## Glossário de conceitos

**Balanced scorecard** - traduz a missão e a estratégia das empresas num conjunto abrangente de medidas de desempenho que serve de base para um sistema de medição e gestão estratégica.

**Co-processamento** - destinação final ambientalmente adequada de resíduos em fornos de cimento com o aproveitamento da energia contida nestes materiais e/ou substituição das matérias-primas e operação regulamentada e licenciada por órgãos ambientais competentes.

**Co-produto** - aquele material produzido involuntariamente, mas que pode ser reutilizado em outro ponto do processo (internamente à produção) ou mesmo em outro processo (externamente à produção).

**Ecoeficiência** - produzir mais com menos insumos.

**Eficácia** - extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os recursos planejados são alcançados.

**Eficiência** - medida de quão economicamente os recursos da organização são utilizados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse.

**Ecosistema industrial** - onde o consumo de energia e materiais é otimizado e os efluentes e resíduos de um processo servem como matéria-prima para outros processos.

**Fluxo de materiais** – na logística, avaliar como determinado produto flui na cadeia de produção. Na Ecologia Industrial, verificar como toda a matéria prima, intermediários de produção, produtos e co-produtos fluem pelos processos de produção.

**Logística reversa** - ato de retornar às cadeias produtivas os resíduos gerados no consumo dos produtos, permitindo sua reciclagem ou reaproveitamento.

**Metabolismo industrial** - retrato de como os materiais são processados pelas atividades industriais.

**Processos** - modo de transformação e/ou manufatura dos insumos em um determinado produto.

**Produção limpa** - Iniciativa que tem como princípios a precaução, prevenção, integração, controle democrático, direito de acesso a informações sobre riscos e impactos de produtos e processos e a responsabilidade continuada dos produtos.

**Produção Mais Limpa** - (P+L), estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para minimizar os impactos sobre o meio ambiente. Esse modelo de produção vem sendo desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

**Rejeito** – pela (PNRS) é aquele que não tem qualquer utilidade, devendo receber descarte adequado.

**Resíduo** – pela (PNRS) é material que ainda pode ter alguma reutilização.

**Simbiose industrial** - análise de como energia, subprodutos e co-produtos são trocados entre empresas, ou seja, o foco maior não é no produto principal de cada empresa, mas em sua interação com outros empreendimentos para a utilização de materiais que não estão contidos no fluxo de sua produção principal.

**Stakeholders**, ou partes interessadas - todos os envolvidos na questão sob análise. Essa abordagem multifacetada é fundamental na área ambiental, onde os interesses são complexos e os direitos são considerados difusos.

**Sustentabilidade** - a aplicação do conceito de Desenvolvimento Sustentável, ou seja, sua *praxis*, nos processos humanos.

**APÊNDICES**



9) Como você analisa a possibilidade de se adotar uma disciplina sobre gestão ambiental desde o ensino fundamental no país?  
( ) Pouca relevância ( ) Muita relevância Porque:

10) Você já teve dificuldade em descartar um produto eletrônico?  
( ) Sim ( ) Não Se afirmativo, o que você fez?

11) Você tem conhecimento da existência de substâncias tóxicas na constituição de seus equipamentos eletrônicos? ( ) Sim ( ) Não

12) Você tem conhecimento dos problemas ambientais e de saúde pública gerados pelo descarte indevido de produtos eletrônicos? ( ) Sim ( ) Não

13) Você tem o conhecimento de algum posto de coleta de equipamentos eletrônicos em seu bairro? ( ) Sim ( ) Não Onde.

14) Se sim, quanto tempo você leva para chegar neste posto de coleta?  
Aproximadamente:

15) Se não, você acharia conveniente a implantação de um posto de coleta de produtos em seu bairro? ( ) Sim ( ) Não Onde.

16) Caso tal posto seja implantado perto de sua casa, você se comprometeria a descartar convenientemente os produtos eletrônicos dos quais você fará desuso?  
( ) Sim ( ) Não Porque:

17) Em questão das Leis sobre descarte de resíduos (lixo) você:  
( ) Conhece  
( ) Já ouviu falar  
( ) Já estudou  
( ) Nunca ouviu falar e não se preocupa com ela  
( ) Nunca ouviu falar e gostaria de conhecê-la

18) Dê sua opinião/sugestão sobre o assunto “*como você pretende descartar seus equipamentos eletrônicos em desuso?*”.

**Apêndice B – Questionário: Análise no Âmbito do Representante da Indústria:**

Entrevista realizada através de e-mail com o Senhor Wanderley Coelho Baptista da Confederação Nacional da Indústria – (CNI) – Unidade de Meio Ambiente em 24/01/12 foram efetuados os seguintes questionamentos:

**1) Como a Confederação Nacional da Indústria avalia a PNRS Lei 12305/2010 para o setor de eletrônicos?**

**2) As empresas do setor de eletrônicos estão preparadas para cumprirem esta Lei?**

Sim  Não Por quê?

**3) A CNI possui alguma estratégia a fim de auxiliar as empresas do setor de eletrônicos para atender esta Lei?**

Sim  Não Quais?

**Apêndice C – Questionário: Análise no Âmbito do Setor de Limpeza Pública**

Entrevista realizada através de e-mail com o Senhor Odair Luís Segantini da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais – (ABRELPE) em 24/01/12 foram efetuados os seguintes questionamentos:

**1) Como a ABRELPE avalia a PNRS Lei 12305/2010 para o setor de resíduos eletrônicos?**

**2) As empresas do setor de eletrônicos estão preparadas para cumprirem esta Lei?**

Sim  Não Por quê?

**3) A ABRELPE possui alguma estratégia a fim de auxiliar as empresas do setor de eletrônicos para atender esta Lei?**

Sim  Não Quais?

**4) Existem incoerências entre a PNRS e a PERS para o setor de eletrônicos?**

Sim  Não Quais?

### **Apêndice D – Questionário: Análise no Âmbito de uma Empresa do Setor de Reciclagem**

Entrevista realizada através de e-mail com a Srta. Priscila Santos da Sir Company Comércio e Reciclagem Ltda. Ramo de atividade: Gerenciamento de resíduos, reciclagem e tratamentos diversos em 24/01/12, nesta análise, a ênfase se dá no entendimento de como uma empresa de reciclagem de eletrônicos está se adequando à Política Nacional de Resíduos Sólidos, foram efetuados os seguintes questionamentos. Objetivo do questionário: entender como uma empresa de reciclagem de eletrônicos está se adequando à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

<b>Razão Social:</b>	<b>Ramo de atividade:</b>
<b>Endereço:</b>	<b>Responsável pelas informações:</b>

1) Como a empresa analisa os aspectos técnicos da PNRS Lei 12.305/2010?

2) O que mudou nos processos após a promulgação da Lei?

3) Existe alguma dificuldade em atender esta Lei?  
 Sim     Não    Quais?

4) Se afirmativo, o que a empresa sugere para solucioná-la?

5) Há incoerência entre a PNRS e a PERS?  
 Sim     Não    Quais?

6) O setor de reciclagem de eletrônicos está em expansão?  
 Sim     Não

7) Se afirmativo, a empresa pretende fazer investimentos em que área?

8) Existem parcerias com fabricantes de aparelhos eletrônicos com a finalidade de reaproveitamento de materiais?  
 Sim     Não

9) Se afirmativo, como é o processo de remanufatura ou descarte dos componentes destes equipamentos?

10) Existem parcerias para recolhimento dos resíduos eletrônicos?  
 Sim     Não

11) Se afirmativo como se dá a logística?

12) Qual é o percentual de resíduo eletrônico coletado na empresa nos últimos cinco anos

## Apêndice E - Planilha de Resistência à Compressão do Cimento Ensaiado.

### Planilha de resistência à compressão do cimento ensaiado - Pesquisa Paulo/Celso

Pesquisa Paulo - Cimento CP V - ARI com água potável  
Ruptura 28 dias - 23/05/12

CP Nº	DIÂM. (mm)	CARGA (kgf)	CARGA (N)	ÁREA S (mm <sup>2</sup> )	Fc <sub>j28</sub> (Mpa)
1	50,2	8850,00	86791,95	1979,23	43,9
2	50,2	7350,00	72081,45	1979,23	36,4
3	50,2	7000,00	68649,00	1979,23	34,7
4	50,0	7980,00	78259,86	1963,50	39,9
5	50,4	6140,00	60214,98	1995,04	30,2
6	50,2	6720,00	65903,04	1979,23	33,3
				fmédico1	36,4
				fmédico2	34,9
				fmédico3	33,6
				fmédico4	34,8

DRM1 = 20,5%

DRM2 = 14,2%

DRM3 = 10,3%

DRM4 = 4,7% **OK** Portanto Fc<sub>j28</sub> = 34,8 Mpa

Pesquisa Celso - Cimento CP V - ARI com água com sílica  
Ruptura 28 dias - 07/06/12

CP Nº	DIÂM. (mm)	CARGA (kgf)	CARGA (N)	ÁREA S (mm <sup>2</sup> )	Fc <sub>j28</sub> (Mpa)
1	50,1	7750,00	76004,25	1971,36	38,6
2	50,2	8750,00	85811,25	1979,23	43,4
3	50,1	8600,00	84340,20	1971,36	42,8
4	50,1	7120,00	69825,84	1971,36	35,4
5	50,1	9080,00	89047,56	1971,36	45,2
6	50,2	8560,00	83947,92	1979,23	42,4
				fmédico1	41,3
				fmédico2	42,5
				fmédico3	43,4

DRM1 = 14,2%

DRM2 = 9,2%

DRM3 = 4,0% **OK** Portanto Fc<sub>j28</sub> = 43,4 Mpa

**Conclusão:** Diferença de 8,6 Mpa na média