

**THIAGO VASCONCELOS DUENHA**

**SISTEMA DIGITAL DE SUPORTE PARA GERENCIAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS – ESTUDO DE CASO EM GRANDES  
GERADORES NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP.**

São Paulo  
2019

**THIAGO VASCONCELOS DUENHA**

**SISTEMA DIGITAL DE SUPORTE PARA GERENCIAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS – ESTUDO DE CASO EM GRANDES  
GERADORES NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP.**

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para conclusão do curso de MBA em Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

São Paulo  
2019

**THIAGO VASCONCELOS DUENHA**

**SISTEMA DIGITAL DE SUPORTE PARA GERENCIAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS – ESTUDO DE CASO EM GRANDES  
GERADORES NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP.**

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a conclusão do curso de MBA em Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Orientador: Profa. Dra. Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho.

São Paulo  
2019

Duenha, Thiago Vasconcelos

Sistema Digital de Suporte para Gerenciamento de Resíduos Sólidos – Estudo de Caso em Grandes Geradores na Cidade de São Paulo/SP – São Paulo, 2019.

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1. MBA Gestão Integrada de Resíduos Sólidos 2. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia  
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Laboratório de Sustentabilidade.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais e  
aos meus avós.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais que incentivaram e estão me acompanhando e me apoiando sempre nesta jornada. Agradeço todos os professores que lecionaram ao longo desta graduação e contribuíram repassando os seus conhecimentos na área. Um agradecimento em especial à Profa. Dra. Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho que além da orientação neste trabalho de conclusão de curso também proporcionou toda a direção e organização deste curso. E a cada uma das pessoas que me deram a oportunidade de estar realizando este estudo e acreditaram no meu trabalho, não cito-os aqui, mas espero que saibam da enorme gratidão que sinto por vocês.

## RESUMO

É possível observar uma grande digitalização dos serviços oferecidos no mercado em diversos segmentos. Na área de gerenciamento de resíduos sólidos é possível verificar esta digitalização também. A fim de facilitar o controle e o monitoramento da cadeia de resíduos sólidos, minimizar os riscos legais, reduzir as despesas com transporte ou tratamento de resíduos e aumentar a confiabilidade da informação sobre os processos da cadeia de resíduos sólidos, grandes geradores e indústrias estão buscando uma alternativa digital para o gerenciamento de resíduos. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência e a eficácia de um sistema digital de suporte ao gerenciamento de resíduos sólidos em um empreendimento de grande porte, procurando avaliar os benefícios da automação e da digitalização dos processos, com o intuito de garantir a rastreabilidade dos resíduos, minimizar riscos legais e facilitar o controle da gestão de resíduos sólidos. O setor varejista foi escolhido para o estudo de caso, pois geram resíduos de diversas classificações em variadas localidades, envolvendo, portanto, um grau de complexidade alto o seu controle e o monitoramento.

Palavras chaves: Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Sistemas Digitais na Gestão de Resíduos, Blockchain, Controle e Monitoramento de Resíduos.

## **ABSTRACT**

It is possible to see a great digitization of services provided in the market in several segments. In the area of solid waste management, it is possible to verify this automation as well. In order to facilitate solid waste chain control and monitoring, minimize legal risks, reduce waste transportation and treatment expenses and increase information reliability, large generators and industries are looking for a digital alternative to waste management. The present work aims to evaluate the efficiency and effectiveness of a digital solid waste management support system in a large enterprise, seeking to evaluate the benefits of process automation and digitization in order to ensure waste traceability, minimize legal risks and facilitate control of solid waste management. The retail sector was chosen for the case study, as they generate waste of different classifications in various locations, thus involving a high degree of complexity for their control and monitoring.

Keywords: Solid Waste Management, Digital System for Waste Management, Blockchain, Waste Control and Monitoring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figura 1 – Influências na Gestão dos Resíduos .....	17
Figura 2 – Reprocessamento de Resíduos na Ecologia Industrial.....	22
Figura 3 – Áreas de Alcance da Ecologia Industrial.....	23
Figura 4 – Fluxo da Solução Digital no Gerenciamento de Resíduos .....	32

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Característica dos resíduos sólidos e a responsabilidade da sua gerenciamento.....	20
Tabela 2 – Planilha de Control de Resíduos Sólidos Gerados .....	25
Tabela 3 - Atendimento aos Requisitos do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos .....	35
Tabela 4 – Manifestos de Transporte de Resíduos Retornados .....	36
Tabela 5 – Benefícios Financeiros do Sistema Digital .....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 – Percentual de Evolução dos Indicadores – Mercado Centro .....	39
Gráfico 2 – Percentual de Evolução dos Indicadores – Mercado Leste .....	40
Gráfico 3 – Percentual de Evolução dos Indicadores – Mercado Sul .....	41
Gráfico 4 – Média do Percentual de Evolução dos Indicadores dos mercados do Piloto .....	41

## LISTA DE SIGLAS

ACV	– Avaliação do Ciclo de Vida
AFM	– Análise de Fluxo de Massa
API	– <i>Application Programming Interface</i>
CTR-E	– Controle de Transporte de Resíduos Eletrônicos
GSM	- Global System for Mobile
INPEV	– Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
MTR	– Manifesto de Transporte de Resíduos
P2	– Prevenção de Poluição
P+L	– Produção Mais Limpa
PGRS	– Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	– Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	– Resíduos da Construção Civil
RSS	– Resíduos de Serviço de Saúde
SaaS	– <i>Software as a Service</i>
SIR	– Sistema de Informação de Resíduos

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Objetivo Geral .....	16
1.2 Objetivo Específico .....	16
1.3 Justificativas .....	16
1.4 Estrutura do Trabalho .....	17
<b>2. CONCEITUAÇÃO DA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....	<b>18</b>
2.1 Gestão de Resíduos Sólidos .....	18
2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....	20
2.3 Instrumentos para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais .....	23
2.3.1 Prevenção e Prevenção .....	23
2.3.2 Controle e Monitoramento .....	26
2.4 Considerações Finais do Capítulo .....	28
<b>3. ESTUDO DE CASO: EM GRANDES EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP</b> .....	<b>30</b>
3.1 Caracterização do Estudo .....	30
3.2 Desafios Da Solução .....	31
3.3 Descrição Da Solução .....	32
3.3.1 Requisitos da Solução .....	33
3.3.2 Sistema de Software .....	34
3.3.3 Infraestrutura de Hardware .....	36
3.3.4 Operação Integrada Software e Hardware .....	36
3.4 Considerações do Capítulo .....	37
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>38</b>
4.1 Atendimento dos Requisitos .....	38
4.2 Estudo de Caso .....	39
4.3 Considerações Finais do Capítulo .....	45
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>46</b>
5.1 Contribuições do Trabalho .....	47

5.2 Trabalhos Futuros ..... 48

**REFERÊNCIAS** ..... **49**

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil existe a expectativa de crescimento de 26% do mercado de resíduos nos próximos 5 anos com uma perspectiva de faturamento de R\$16,3 bilhões. Esta tendência está relacionada à necessidade das indústrias e setores públicos em investirem em projetos relacionados à gestão ambiental e sustentabilidade (ABETRE, 2016).

Outro fator fundamental para o crescimento do setor é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que como uma política pública regula e orienta o setor, trazendo, conseqüentemente, benefícios, oportunidades e investidores para a área (ABETRE 2016).

Entre os anos de 2004 e 2009, o mercado de resíduos cresceu em média 16% ao ano. Para os resíduos sólidos industriais foram desenvolvidas algumas tecnologias de tratamento de resíduos, porém, neste mesmo período, os resíduos dispostos em aterro sanitário representaram 76%, o destino final de resíduos industriais para coprocessamento em fornos de produção de cimento representou 18% das destinações, enquanto incineração e tratamentos biológicos corresponderam a 3% respectivamente (BEL, 2012). No Brasil as indústrias ou empresas geram cerca de 2,9 milhões de toneladas de resíduos perigosos por ano, somente 22% são tratados adequadamente, os outros 2,3 milhões de toneladas de resíduos são destinados incorretamente (ABETRE, 2016).

O Brasil conta com uma legislação moderna e restritiva, mas apresenta falhas na estruturação da fiscalização, existindo problemas como falta de recursos que complicam a implementação de soluções efetivas (PWC, 2006).

O desafio para a área é a geração excessiva e a disposição final incorreta dos resíduos sólidos, apesar da legislação brasileira ser moderna e o tema ser prioridade ao redor do mundo, ainda é possível observar uma procrastinação das exigências e princípios da PNRS. A necessidade é investir mais em redução de geração de resíduos, incrementando coletas seletivas e diminuindo resíduos em aterros sanitários (JACOBI, 2011).

A motivação para a realização deste trabalho está atrelada a compreender como a digitalização de serviços pode auxiliar nos desafios enfrentados na área ou no mercado de resíduos sólidos; e como podemos aplicar soluções digitais para atender demandas de gerenciamento de resíduos em grande empreendimentos.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do trabalho é:

- Avaliar a eficiência e a eficácia de um sistema digital de suporte ao gerenciamento de resíduos sólidos em um empreendimento de grande porte.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar os benefícios do gerenciamento de resíduos sólidos incluindo o seu controle e monitoramento digital.
- Apresentar a evolução nos empreendimentos estudados em termos de indicadores de reciclagem de materiais recicláveis e/ou subprodutos de animais, porcentagem de rejeitos encaminhados ao aterro sanitário e porcentagem dos resíduos orgânicos submetidos à compostagem.
- Verificar os benefícios financeiros oriundo do gerenciamento de resíduos sólidos.

### **1.3 JUSTIFICATIVAS**

A fim de estruturar e monitorar o gerenciamento de resíduos de um empreendimento de grande porte, busca-se avaliar os benefícios de uma automatização e digitalização dos processos, com o intuito de garantir a rastreabilidade dos resíduos, minimizar riscos legais e facilitar o controle da cadeia de resíduos sólidos

#### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O Capítulo 2 CONCEITUAÇÃO DA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS apresenta uma introdução sobre alguns conceitos e instrumentos utilizados no setor.

O Capítulo 3 ESTUDO DE CASO: GRANDES EMPREENDIMENTOS DO SETOR VAREJISTA EM SÃO PAULO/SP apresenta: a caracterização dos empreendimentos estudados; os desafios e os requisitos da solução digital; sua descrição; e os dados coletados e analisados durante o estudo.

O Capítulo 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS apresenta a conclusão do trabalho com base nos dados observados, levantando as contribuições deste estudo e os possíveis trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS relaciona ou vincula partes do texto aos devidos autores, teses ou dissertações utilizadas como orientação para este trabalho.

## **2 CONCEITUAÇÃO DA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Este capítulo apresenta os estudos relevantes ao tema escolhido, buscando descrever pontos de vistas de diferentes autores sobre o tema deste trabalho.

### **2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Entende-se como gestão de resíduos sólidos um conjunto de atividades pertinentes à tomada de decisões estratégicas, abrangendo instrumentos e instituições legais, políticas e financeiras com a capacidade de direcionar a sistematização do setor (SCHALSH, 2002).

A gestão de resíduos necessita ser baseada em circunstâncias ambientais adequadas, considerando os aspectos que abrangem desde a fonte geradora até a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, buscando a reciclagem ou recuperação dos resíduos, incluindo as transformações dos modelos de produção e consumo (MAZZER, 2004).

São elementos essenciais da gestão de resíduos sólidos a prevenção da produção de resíduos e as políticas ambientais públicas que norteiam as práticas do setor, envolvendo legislação, valorização e eliminação dos resíduos sólidos vide Figura 1 (BARROSO, 2013).

**Figura 1.** Influências na Gestão de Resíduos.



**Fonte:** Barroso (2013)

Os princípios de minimização de resíduos (eliminação, prevenção, reciclagem e reutilização); tratamento ou disposição ambientalmente segura de resíduos; substituição de matéria-prima perigosa e desenvolvimento de produção mais limpa estão inseridos no documento da Agenda 21 desde a Eco-92 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano), apontando a busca de soluções integradas, a fim de conduzir atitudes governamentais, instituições e associações setoriais encarregados pela gestão de resíduos (MAZZER, 2004).

Por fim, de acordo com SCHALSH (2002), para estruturação de um sistema de gestão é necessário a articulação de três fatores: ordenações institucionais, ferramentas legais e meios de financiamento que contemplem: o diagnóstico dos agentes sociais envolvidos e as suas funções efetuadas; o estabelecimento de uma sustentação legal e meios que possibilitem a implementação das leis; o aporte financeiro para auto-sustentabilidade da estrutura de gestão e do gerenciamento; a comunicação com a sociedade pelos diferentes setores; e um sistema integrado de planejamento norteando as políticas públicas do setor.

## 2.2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os termos de gerenciamento e gestão de resíduos possuem definições diferentes e são confundidos até mesmo pelos atuantes nesta área (BARROSO, 2013).

O gerenciamento de resíduos sólidos é a combinação do controle da geração, do armazenamento, da coleta, do transporte, do tratamento e da disposição final dos resíduos sólidos, levando em consideração as políticas de saúde pública, fundamentos financeiros de engenharia e preservação do meio ambiente (SCHALSH, 2002).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010) define, como gerenciamento de resíduos sólidos: “o conjunto de ações diretas ou indiretas, envolvidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei 12.305/2010” (BRASIL, 2010, Capítulo II p.2).

Assim gerenciar os resíduos é uma solução que implica uma relação interdisciplinar de fatores políticos, geográficos, organização local e regional e fundamentos de sociologia e demografia, associados com ações operacionais, financeiras e planejamento sustentado por parâmetros ambientais e sanitários para coleta, tratamento e disposição final do lixo de uma cidade ou de um grande empreendimento. Isto implica em monitorar de maneira criteriosa o ciclo dos resíduos da produção à disposição final utilizando técnicas e tecnologias condizentes à localização da cidade ou do empreendimento (SCHALSH, 2002).

A responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é do poder público municipal, cabendo à sociedade a conscientização e a ação responsável para garantir a preservação ambiental. O gerenciamento de outros tipos de resíduos como

os industriais ou de grandes geradores (geradores de mais de 200L/dia em SP) é responsabilidade do proprietário do empreendimento (BARROS, 2002).

Os geradores de resíduos industriais são responsáveis por adotar estratégias de gerenciamento de resíduos, pois são responsáveis pelos mesmos por meio da premissa do princípio do poluidor-pagador (MAZZER, 2004).

Este princípio é constitucional do Direito comunitário do ambiente desde 1987 aditado no Tratado de Roma (ARAGÃO, 2014), assim o gerador deve aplicar medidas de redução de geração de resíduos, a partir de ferramentas da ecologia industrial como a produção mais limpa.

Não havendo possibilidade de não geração de resíduos, procurar a valorização a partir da reciclagem ou reutilização e, em caso de não haver possibilidade de reduzir ou valorizar, deverá destinar o resíduo de maneira ambientalmente adequada (SANTOS, 2014).

A Tabela 1 relaciona a caracterização dos resíduos de acordo com as fontes geradoras, evidenciando o responsável pela gestão e as diferentes formas de tratamentos e destinação final para diferentes resíduos gerados.

**Tabela 1.** Característica dos resíduos sólidos e a responsabilidade da sua gestão.

<b>Resíduos Sólidos</b>	<b>Geradores</b>	<b>Resíduos Gerados</b>	<b>Responsável</b>	<b>Tratamento e disposição final</b>
Resíduos Residencial (RSU)	Casas, prédios, condomínios	Restos de alimentos, resíduo sanitário, papel, vidro, metal, plástico, isopor, pilhas e baterias, eletrônicos, fraldas entre outros.	Prefeitura Municipal	Aterro Sanitário Cooperativas de materiais recicláveis Compostagem
Pequeno Gerador	Bares, restaurantes, pequenos comércios	Restos de alimentos, resíduo sanitário, papel, plástico, vidro, metal, plástico, isopor, entre outros.	Prefeitura Municipal determina a quantidade máxima	Aterro Sanitário Cooperativas de materiais recicláveis Compostagem
Grande Gerador	Empresas, Indústrias, Centros Comerciais, Hipermercados	Restos de alimentos, resíduo sanitário, papel, plástico, vidro, metal, plástico, isopor, resíduos perigosos, entulho, Cinzas, lodos, óleos, resíduos	Gerador	Aterro Sanitário Compostagem Incineração ou coprocessamento (resíduos perigosos) Central de triagem de reciclagem
Resíduos de Espaços Públicos	Varrição e podas de jardinagem	Pó, folhagens, rejeitos entre outros	Prefeitura Municipal	Aterro Sanitário Cooperativas de materiais recicláveis Compostagem
Serviços de saúde (RSS)	Hospitais, clínicas, consultórios, laboratórios,	Grupo A – biológicos Grupo B – químicos Grupo C – radiotivos. Grupo D - comuns	Prefeitura Municipal (Serviço Público) e Gerador (Serviço Particular)	Incineração Autoclave Central de triagem de recicláveis
Portos e aeroportos	Terminais de aviões e navios	Resíduos biológicos, sobras de alimentos, resíduos sanitários, resíduos perigosos...	Gerador	Incineração Aterro Sanitário
Resíduos Setor Rural	Setor Agrícola	Embalagens de agrotóxicos, sobras de produção, vinhaça, resíduos perigosos...	Gerador	Logística Reversa de Embalagens de Agrotóxicos Incineração Compostagem
Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Obra Civil	Concreto, tubos, madeira, cimento, blocos, pregos, gesso, tinta, latas, cerâmica, pedra, areia entre outros.	Gerador (Responsável pelo Empreendimento ou pela construção/demolição)	Área de transbordo e triagem (ATT) Reciclagem Aterro RCC

## **2.3 INSTRUMENTOS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS**

Esta seção apresenta algumas ferramentas que devem ser utilizadas para aprimorar e otimizar o gerenciamento de resíduos sólidos industriais, definindo a ecologia industrial, suas técnicas e métodos para aplicar este conceito nos processos produtivos.

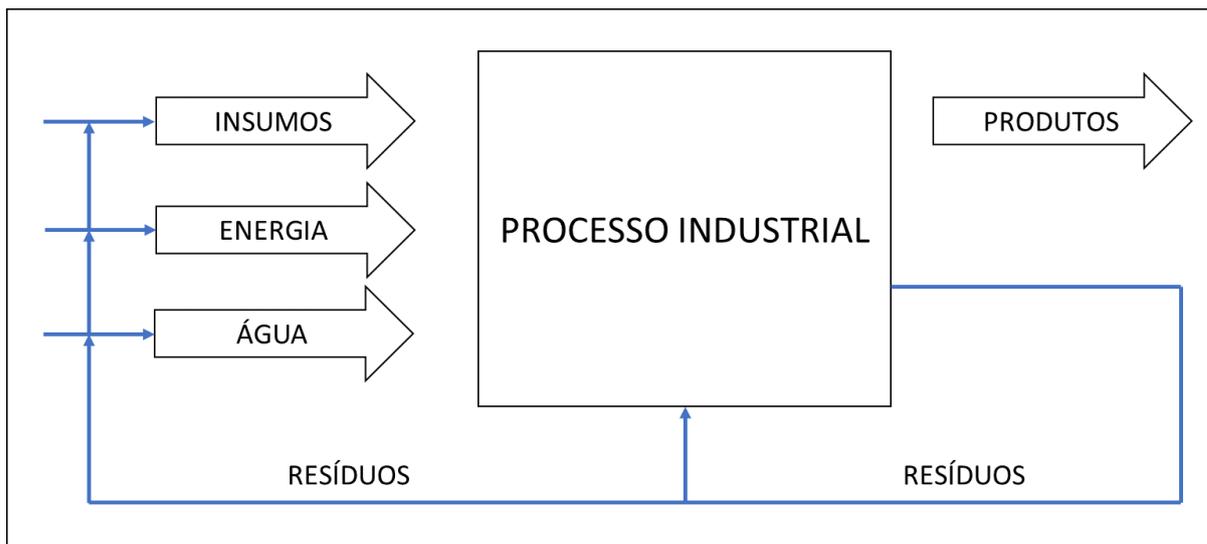
### **2.3.1 VALORIZAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS**

Os fundamentos da minimização são indispensáveis dado que a reparação de um dano ambiental é complicada e nem sempre possível, além de muito mais custosa do que se tivesse sido evitada (SILVA FILHO, 2015).

Desta forma, é imprescindível que o gerenciamento de resíduos sólidos industriais contenha estratégias de prevenção, pois gerar resíduos significa perdas no processo, ineficiência produtiva, além de custos ambientais e operacionais para o gerenciamento (TOCCHETTO, 2005).

Para atingir resultados ambientais dentro do gerenciamento de resíduos industriais, a partir de estratégias de prevenção é possível a utilização de ferramentas da ecologia industrial. A ecologia industrial é um conceito que aborda a relação entre a indústria e o meio ambiente. Estudos sobre esse método iniciaram-se na década de 60 e 70 e, atualmente, tem sido abordado como temas de livros e periódicos (ARAUJO, 2003).

**Figura 2.** Reprocessamento de Resíduos na Ecologia Industrial.



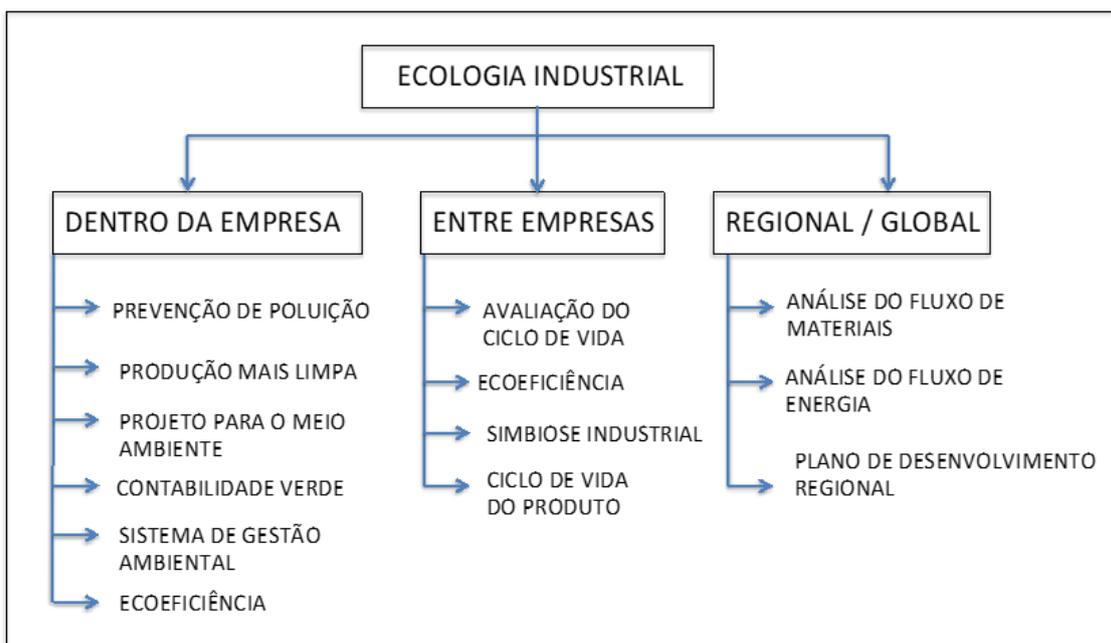
**Fonte:** Santos (2014)

A ecologia industrial visa prevenir a poluição ambiental por meio da redução da demanda de matéria-prima ou recursos naturais, água e energia, e a minimização dos resíduos provenientes de atividades industriais (vide Figura 2) (MARINHO, 2001). Para cumprir o objetivo da ecologia industrial são utilizadas as ferramentas descritas a seguir (vide Figura 3):

- **Simbiose Industrial:** uma ferramenta que estuda os fluxos da matéria e energia, numa economia local, regional e global, buscando organizações ou instituições que agem de maneira isolada e abordando coletivamente a cooperação e oportunidades de sinergia disponível pela proximidade geográfica entre as organizações que levam a vantagens competitivas. Neste cenário, por exemplo, o resíduo de um processo produtivo pode ser utilizado como matéria-prima em outro processo produtivo (TANIMOTO, 2004).
- **Prevenção de Poluição (P2):** por meio de estratégias e tecnologias de produção, busca-se a redução ou a eliminação da quantidade e periculosidade dos resíduos sólidos (SANTOS, 2005). Esta ferramenta pode ser definida como a utilização de materiais, métodos e técnicas que diminuam ou eliminem a geração de resíduos na fonte (ESTADOS UNIDOS, 2019). A finalidade desta ferramenta é combater os resíduos antes de serem gerados e não apenas encontrar uma destinação final para os mesmos (SANTOS, 2014).

- **Produção Mais Limpa (P+L):** utilização de estratégia ambiental integrada e preventiva para processos e produtos, conservando materiais e energia, excluindo o uso de materiais tóxicos e reduzindo a toxicidade dos resíduos, com foco na redução de impactos ambientais ao longo de vida dos produtos. Isso pode ser alcançado pela execução de perícias, desenvolvimento de tecnologias e processos (MEDEIROS, 2007).
- **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV):** técnica que possibilita a avaliação do impacto ambiental relacionado a um produto ou processo. A avaliação do ciclo de vida é capaz de encontrar alternativas para reduzir o impacto ambiental de produtos, processos ou serviços (COLTRO, 2007).

**Figura 3.** Áreas de alcance da Ecologia Industrial.



**Fonte:** Santos (2014).

### 2.3.2 CONTROLE E MONITORAMENTO

Outro ponto essencial no gerenciamento de resíduos sólidos industriais é o controle e monitoramento. Qualquer sistema de gerenciamento de resíduos deve ser documentado, garantindo a regularização dos dados e o controle operacional. Deve ser determinado o fluxo dos resíduos, desde a sua geração até a destinação final, identificando os responsáveis pelas etapas envolvidas no processo (SIMÃO, 2011).

É obrigatoriedade legal que seja estabelecido um controle das ações executadas no gerenciamento dos resíduos, conforme a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

Os geradores de resíduos industriais devem elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) contendo: descrição do empreendimento ou atividade; diagnóstico dos resíduos gerados ou administrados, observando-se as normas estabelecidas pelos órgãos responsáveis pela fiscalização e instrumentalização do plano; identificação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos; definição dos procedimentos operacionais sob responsabilidade do gerador; identificação das ações preventivas, corretivas e compartilhadas do gerenciamento de resíduos; especificação de metas e procedimentos relacionadas à minimização dos resíduos sólidos, além das medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos (SIMÃO, 2011).

O controle dos resíduos sólidos deve contemplar: a quantidade dos resíduos gerados, a periodicidade de geração e saída ou coleta dos resíduos, a classificação dos resíduos conforme a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), os métodos de acondicionamento, os responsáveis pelo transporte e os responsáveis pelo recebimento para tratamento ou disposição final dos resíduos (SENAI, 2014). Geralmente, as empresas realizam planilhas digitais ou documentos físicos para monitorar os aspectos citados.

A Tabela 2 exemplifica um modelo simples de controle de geração e saída dos resíduos de um empreendimento ou indústria, sendo possível identificar: o número do manifesto de transporte de resíduos sólidos (MTR) referente à carga que foi coletada; a data de retirada dos resíduos da planta industrial ou do empreendimento; a descrição do resíduo gerado; a classificação dos resíduos de acordo com a NBR 10.004; o volume de resíduos coletados; o tipo de acondicionamento; identificação do

local ou setor de geração de resíduos; identificação do transporte e da destinação final do resíduo, além da identificação do responsável pelo preenchimento dos dados.

**Tabela 2.** Planilha de Controle de Resíduos Sólidos Gerados.

Controle de Resíduos Sólidos									
Unidade: _____							ANO: _____		
Número MTR	Data	Descrição do Resíduo	Classe NBR 10.004	Quantidade (kg)	Acondicionamento	Setor gerador	Responsável Transporte	Destinação Final	Responsável

**Fonte:** Autoria Própria.

O controle dos documentos gerados no gerenciamento de resíduos é primordial, para o transporte de resíduos sólidos. O Manifesto de Transporte de Resíduos Sólidos (MTR) deve ser emitido e acompanhar junto a carga (SENAI, 2014).

O gerador deve emitir 4 vias do manifesto de transporte de resíduos, a 1ª via deve conter a assinatura do gerador, transportador e arquivada pela empresa no momento da coleta e pesagem dos resíduos sólidos. A 2ª via deve ser assinada pelo gerador, transportador e destinatário e arquivada com o transportador. A 3ª via deve ser assinada pelo gerador, transportador e destinatário e arquivada pelo destinatário final. A 4ª via retorna para o gerador com a assinatura dos responsáveis por todas as etapas do processo assinada pelo gerador, transportador e destino final (SENAI, 2014).

Alguns órgãos ambientais ou municipais possuem diferentes sistemas de controle de MTRs. Na cidade de São Paulo, a partir do decreto Nº 58.701, de 4 de abril de 2019, será imposto um sistema de MTR eletrônica, chamado CTR-E (Controle de Transporte de Resíduos Eletrônicos) com provável início em 31 de outubro de 2019. Todos os grandes geradores, transportadores e destinos finais devem se cadastrar junto ao

CTR-E e realizar os procedimentos conforme a lei sob pena de multa (SÃO PAULO, 2019). Alguns estados, como Rio Grande Sul, Rio de Janeiro e Santa Catarina, já contam com sistema similar para controle dos resíduos de grandes geradores.

Portanto, o controle e monitoramento dos resíduos deve ser visto com atenção pelos grandes geradores, além de garantir sua rastreabilidade, previnem as empresas de penalidades ou multas em caso de fiscalização.

## **2.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO**

Conforme apresentado, os conceitos de gestão e gerenciamento de resíduos possuem significados diferentes. A gestão está atrelada à tomada de decisões estratégicas a partir instrumentos e instituições legais, como por exemplo políticas públicas a fim de organizar o setor. O gerenciamento está associado ao controle da geração, do armazenamento, da coleta, do transporte, do tratamento e da disposição final dos resíduos sólidos, ou seja, de toda parte operacional e prática da cadeia de resíduos.

Também observamos que para cada origem de resíduos existem diferentes formas de tratamento e a responsabilidade sobre o gerenciamento dos resíduos depende do gerador. Por exemplo, os resíduos sólidos urbanos são de responsabilidade do setor público, enquanto, os resíduos industriais são de responsabilidade do empreendimento.

Este capítulo discutiu alguns instrumentos essenciais do gerenciamento de resíduos, como a prevenção e a precaução e também o controle e o monitoramento de resíduos. Vimos que a ecologia industrial possui diversas ferramentas que estão vinculadas à prevenção e precaução. E o controle e o monitoramento de resíduos sólidos gerados é uma obrigatoriedade legal que pressupõe a rastreabilidade dos resíduos gerados, considerada fundamental para a tomada de decisões.

Desta forma, de acordo com o objetivo deste trabalho procuramos a partir de um estudo de caso em um grande empreendimento analisar como o suporte de um

sistema de gerenciamento de resíduos impacta os conceitos apresentados neste capítulo.

### **3. ESTUDO DE CASO: EM GRANDES EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP**

Neste capítulo será abordado o estudo de caso em grandes empreendimentos do setor varejista na cidade de São Paulo, buscando analisar o impacto de um sistema digital de suporte para o gerenciamento de resíduos sólidos.

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO**

O Grupo Varex é uma rede do ramo varejista, atuante no Brasil desde os anos 90. Atualmente possui 150 mil colaboradores ao redor do mundo, atuando em mais de 75 países; apenas no Brasil são 45 mil funcionários.

A rede varejista tem mais de 700 lojas de diversas modalidades e encontra-se em todos os estados brasileiros. Apenas no estado de São Paulo são em torno 310 lojas.

Assim como todo grande empreendimento do setor varejista, as lojas geram um grande volume de resíduos sólidos de diversas classificações, desde resíduos orgânicos, materiais recicláveis, rejeitos até perigosos. E os custos e receitas do gerenciamento de resíduos de todas as lojas estão na casa dos milhões de reais, havendo necessidades de cumprimento de acordo setoriais de logística reversa e atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Controlar e monitorar o gerenciamento de resíduos de todas as lojas do Brasil é um desafio para o Grupo Varex, pois são mais de 60 prestadores de serviços e mais de 55 destinos finais diferentes em todo o Brasil. Em cada local, deve responder e aplicar as regras dos diferentes órgãos ambientais onde atuam.

A fim de aprimorar o controle do gerenciamento de resíduos do Grupo Varex e encontrar uma solução digital para monitorar a geração e a destinação dos resíduos de todas as lojas, foi desenvolvido um projeto piloto em 3 lojas do Grupo Varex na cidade de São Paulo, com uma empresa desenvolvedora de *software*. A empresa SIR desenvolveu um *software on-line* com solução SaaS (*Software as a Service*)

integrando todos os atores da cadeia de resíduos desde geradores, transportadores até os destinos finais. A SIR desenvolveu também um *hardware* para controle de fardos na prensa vertical equipamento utilizado na operação de resíduos sólidos do Grupo Varex, para prensar fardos de materiais recicláveis.

### 3.2 DESAFIOS DA SOLUÇÃO

O desafio para o *software* é demonstrar a integração com todos os atores da cadeia, mostrando que os prestadores de serviços e os empreendimentos conseguirão realizar os procedimentos dentro da plataforma. Desta forma é fundamental para o *software* de gerenciamento de resíduos que seja possível controlar em tempo real as coletas e as destinações de resíduos dos empreendimentos por diferentes transportadores e destinos, facilitando o controle do gerenciamento de resíduos por parte da central do Grupo Varex.

Outro desafio a ser considerado é a rastreabilidade dos resíduos gerados e destinados a partir do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos. O *software* deve garantir a facilidade no controle e a rastreabilidade dos resíduos a partir dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) eletrônicos que, por sua vez, podem reduzir os riscos legais ambientais que podem gerar multas ambientais em caso de fiscalizações.

Incrementar indicadores ambientais utilizados pelo Grupo Varex é outro desafio para esta solução. O controle de gestão do Grupo Varex possui indicadores ambientais que compilam dados referentes aos diferentes tipos de destinação dos resíduos para uma possível tomada de decisão. Esses indicadores devem estar imbutidos no sistema, a fim de que a compilação de dados seja automática de acordo com os dados presentes na plataforma.

O objetivo do *hardware* é apresentar uma solução que aprimore o controle dos fardos de resíduos recicláveis gerados no empreendimento, sendo possível a averiguação dos dados inseridos pelo gerador e pelo destino final e a conferência das informações inseridas pelos atores da cadeia de resíduos.

O Grupo Varex utiliza dentro dos empreendimentos instrumentos de prevenção e precaução no gerenciamento de resíduos. Dentro de cada setor existem segregações de resíduos em diversas classificações.

Na área de resíduos são encontrados resíduos recicláveis, individualizados pelo tipo de material seja vidro, alumínio, plásticos rígidos ou flexíveis, papéis brancos ou papelão. Também são segregados os resíduos do setor de açougue como sebo e osso de restos de animais, sendo que esses resíduos são recuperados e reutilizados pelas graxarias.

Nas lojas também existe segregação de resíduos orgânicos, sendo o maior volume de resíduos de frutas, legumes e verduras, alguns restos de alimentos ou plantas da floricultura. Sobeijos de pães, farináceos, grãos e laticínios também são segregados e destinados para fabricantes de ração animal.

Os rejeitos que não possuem nenhum tipo de recuperação, reciclagem ou não possam ser reutilizados de alguma maneira, são acondicionados dentro de compactadoras de resíduos e dispostos em aterro sanitário.

Desta forma, o Grupo Varex busca valorizar o resíduo encontrando destinações que reaproveitem de alguma maneira os desperdícios ou sobras gerados nos empreendimentos, procurando criar receitas e reduzir despesas, a partir de instrumentos de prevenção e precaução.

### **3.3 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO**

Esta seção apresenta os requisitos da solução apresentada e uma descrição do software e hardware utilizados no gerenciamento de resíduos do Grupo Varex.

### 3.3.1 REQUISITOS DA SOLUÇÃO

A partir do exposto, podem-se identificar os principais requisitos do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos:

- RF1 - Registro de geradores, transportadores e destinatários de resíduos sólidos
- RF2 - Controle em tempo real das coletas e das destinações de resíduos dos empreendimentos por diferentes transportadores e destinos.
- RF3 - Garantia da rastreabilidade dos resíduos gerados e destinados pelo sistema.
- RF4 - Controle e rastreabilidade dos resíduos a partir dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) eletrônicos.
- RF5 - Assinatura Digital dos MTRs eletrônicos por todos participantes da cadeia produtiva.
- RF6 - Suporte a indicadores ambientais a serem usados pelo Grupo Varex para suporte ao processo de tomada de decisões.
- RF7 - Controle dos fardos de resíduos recicláveis gerados no empreendimento.
- RF8 - Oferta de subsídios para adoção de medidas de redução de despesas.
- RF9 - Oferta de subsídios para adoção de medidas de geração de receitas.
- RF10 - Supervisão dos geradores, transportadores e destinatários de resíduos sólidos
- RF11 - Facilidade de Acesso por qualquer tipo de dispositivo.
- RF12 - Compatibilidade com qualquer navegador de internet e sistema operacional.
- RF13 - Emissão de relatórios operacionais em tempo real.
- RF14 - Compartilhamento de informações por todos os atores da cadeia dos resíduos sólidos (geradores, transportadores e receptores de resíduos).
- RF15 - Integração entre o *software* e a infraestrutura de *hardware*.

### 3.3.2 SISTEMA DE SOFTWARE

O sistema é um *software* oferecido no mercado em um modelo SaaS (*Software as a Service*) *online*, onde é possível registrar e supervisionar geradores, transportadores e destinatários de resíduos sólidos industriais.

O sistema está disponível *online* em nuvem e não requer nenhuma instalação de *software*, permitindo acesso em qualquer dispositivo e sendo compatível com qualquer navegador de internet e sistema operacional.

As indústrias ou empreendimentos, que contratam este serviço, registram todos os atores presentes na cadeia de resíduos sólidos, permitindo um rastreamento *online*, desde a geração até a destinação final.

A partir deste *software* é possível cruzar informações, documentos, volumes, receitas e despesas, tickets de passagens, assinaturas digitais, emitindo facilmente relatórios detalhados de toda a operação, sendo possível acompanhar todo o processo em tempo real.

O *software* foi desenvolvido no modo *private blockchain* a partir de um banco de dados único, as informações são compartilhadas e validadas por todos os atores da cadeia dos resíduos sólidos (geradores, transportadores e receptores de resíduos). Como o *blockchain* permite a detecção de qualquer tentativa de exclusão de dados e uma nova informação pode ser incluída, é possível garantir a rastreabilidade e averiguação das informações pertencentes à geração, ao transporte e à destinação de resíduos.

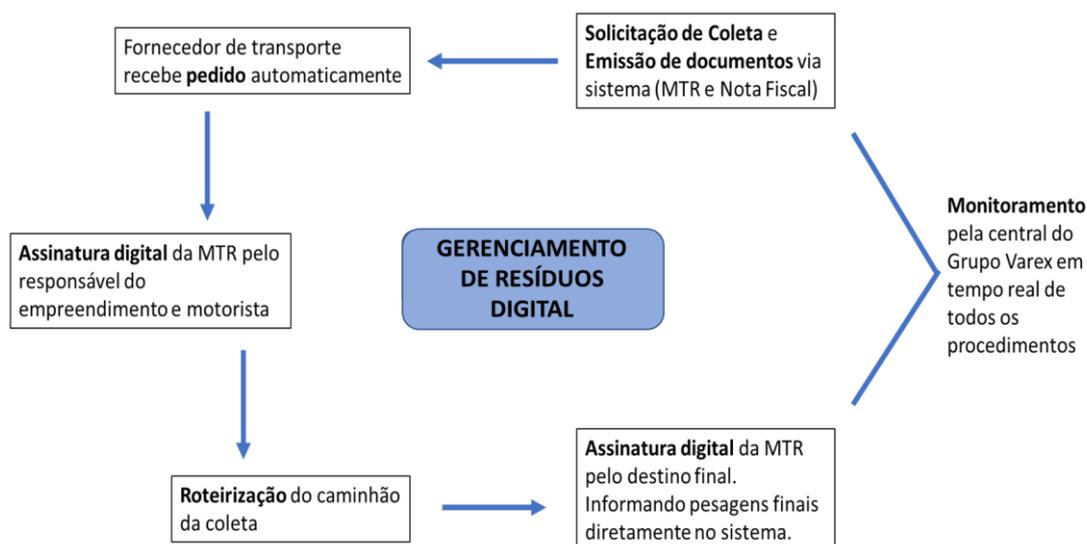
Para o estudo de caso, o sistema digital de gerenciamento de resíduos sólidos funciona da seguinte forma: um grande empreendimento gera um determinado tipo de resíduo, o responsável por esta área solicita coleta ao transportador cadastrado e insere na plataforma todos os dados dos resíduos a serem coletados (tipo de resíduo, volume e quantidade) e para onde devem ser destinados.

No momento da coleta, o gerador e o transportador assinam as MTRs eletrônicas, garantindo-se que as informações contidas no documento são verdadeiras e estão de acordo com o que está sendo coletado. O transportador cadastrado encaminha os resíduos sólidos até o destino final, que, por sua vez, insere na plataforma todas as informações dos resíduos recebidos (tipo de resíduo, volume e quantidade), anexando *tickets* de pesagem e efetuando a assinatura digital da MTR.

Desta forma, é possível que o gerador verifique as informações *inputadas* por todos os atores da cadeia e averigüe se as informações são condizentes com os dados *inputados* por seu responsável, sendo possível identificar facilmente uma irregularidade e rastrear toda a trajetória daquele resíduo gerado.

No estudo de caso, a empresa SIR oferece o módulo denominado matriz e filial, onde a central do Grupo Varex pode controlar e monitorar todo o gerenciamento de resíduos sólidos das filiais. E a filial pode *inputar* dados e controlar o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em seu ponto. Também é oferecido um módulo fornecedor, disponível para os transportadores e destinos finais a fim de inserirem os dados dos resíduos coletados e recebidos.

**Figura 4.** Fluxo da Solução Digital no Gerenciamento de Resíduos



**Fonte:** Autoria Própria

### **3.3.3 INFRAESTRUTURA DE *HARDWARE***

No estudo de caso foram instalados aparelhos com capacidade de pesar os fardos de resíduos recicláveis, registrando o tipo de resíduo, o peso e a data/hora do enfardamento. Esses dados são impressos em etiquetas adesivas para identificação de cada fardo e são exportados ao *software* de gerenciamento de resíduos digital.

A infraestrutura de *hardware* é composta por células de carga utilizadas como um transdutor de força para medir pesos, balança de pesagens, impressora e um módulo de comunicação com o Sistema de Digital de Gerenciamento de Resíduos. Os módulos possuem conexão via GSM (*Global System for Mobile*) multioperadora ou conexão 4G.

O operador da área de resíduos, toda vez que finalizar o fardo, deve acionar o módulo, selecionando o tipo de material que foi enfardado e enviando os dados registrados como peso, material e data/hora para o sistema digital. Os módulos possuem calibragem e ajustes imbutidos, a fim de trazer informações confiáveis sobre a quantidade gerada e o volume de cada fardo.

### **3.3.4 OPERAÇÃO INTEGRADA *SOFTWARE E HARDWARE***

A integração entre *software* e *hardware* acontece a partir da exportação de dados dos sensores. Os módulos que registram as informações do fardo de resíduos recicláveis realizados (peso, material e data/hora) enviam estes dados para o Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos.

No sistema é possível verificar o estoque de fardos em tempo real de cada empreendimento, ou seja, é possível aumentar o controle quanto à geração e à saída de resíduos recicláveis.

As informações são enviadas para uma nuvem e a partir de uma API (*Application Programming Interface*) são traduzidas para dentro do sistema. Os dados não podem

ser modificados e apenas um responsável de cada empreendimento pode alterar o estoque digital.

### **3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS do Capítulo**

A solução de *software* e *hardware* desenvolvida pela SIR vai ao encontro das necessidades do Grupo Varex quanto ao controle do gerenciamento de resíduos sólidos.

Com as informações geradas pelos sensores e *inputadas* no *software* pelos geradores, transportadores e destinos finais é possível garantir a transparência dos dados a todos os atores da cadeia de resíduos e criar um sistema simples e fácil de conferência de dados.

A partir da solução de *software* e *hardware* desenvolvida pela SIR descrita neste capítulo, foi possível realizar um teste das soluções em 3 grandes empreendimentos e analisar os benefícios que um sistema digital pode trazer ao gerenciamento de resíduos.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de resultados será realizada dentro de dois escopos:

1. Verificação do Atendimento dos Requisitos especificados no capítulo anterior.
2. Apresentação de um Estudo de Caso

### 4.1 ATENDIMENTO DOS REQUISITOS

No capítulo 3 foram especificados os requisitos do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. A Tabela 3 mostra como esses requisitos foram atendidos

**Tabela 3.** Atendimento aos Requisitos do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos

Requisito	Descrição do Requisito	Atendimento do Requisito
RF1	Registro dos participantes da cadeia	✓ Maior controle e um banco de dados robusto com informações dos atores envolvidos no gerenciamento de resíduos.
RF2	Controle das coletas e destinações	✓ Interface simples, facilita o controle e rastreabilidade dos resíduos
RF3	Rastreabilidade dos resíduos	✓ Emissão de relatórios instantâneos e inteligíveis com fácil conferências de documentos e assinaturas digitais
RF4	Rastreabilidade dos resíduos a partir do MTR	✓ Aumento da quantidade de MTRs eletrônicas retornadas ao gerador via software
RF5	Assinatura digital dos MTRs'	I ✓ Interface que facilita a cobrança de assinaturas de MTRs por qualquer ator da cadeia
RF6	Suporte a Indicadores Ambientais	✓ De acordo com o período analisado o sistema não incrementa indicadores ambientais
RF7	Controle de fardos de recicláveis	✓ Monitoramento da produtividade de fardos e estoque
RF8	Subsídios para Redução de Despesas.	✓ Redução de risco de multa ambiental
RF9	Subsídios para Aumento de Receitas	Não valoriza os resíduos, porém com o aumento do controle reduz perdas e favorece as receitas
RF10	Supervisão dos parceiros	✓ Monitoramento de toda a operação em tempo
RF11	Facilidade de Acesso	✓ Acesso Qualquer dispositivo (notebook, smartphones, tablets, desktop)
RF12	Compatibilidade com Navegador e Sistema Operacional	✓ Disponível em nuvem para todos os sistemas operacionais e navegadores
RF13	Emissão de relatórios operacionais	✓ Diversidade de relatórios com criação imediata
RF14	Compartilhamento de informações	✓ O compartilhamento de informação depende das permissões do gerador
RF15	Integração Software e Hardware	✓ Dados dos <i>hardwares</i> compartilhados pela nuvem e traduzidas pelo <i>software</i> para visualização do estoque e produtividade dos fardos

Fonte: Autoria Própria

## 4.2 ESTUDO DE CASO

O Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos Sólidos teve sua operação validada durante o período de 8 meses. Neste período, os resíduos das 3 lojas, que participaram do projeto piloto, foram controlados e monitorados. Prestadores de serviços (transportadores e destinos finais) e colaboradores dos empreendimentos receberam treinamentos para *input* de dados e efetuação de procedimentos via plataforma.

A primeira análise observada foi a dificuldade de terceiros e colaboradores dos empreendimentos quanto ao uso e aos novos procedimentos *on-line*. Como a gestão de resíduos sólidos utilizava outros instrumentos como documentos físicos, solicitações de coleta via telefone ou controle de dados via planilhas, romper essas práticas e prosseguir com os novos procedimentos foi um desafio.

Para analisar a rastreabilidade dos resíduos levou-se em consideração os Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) sólidos, analisando as quantidades de manifestos retornados ao gerador, ou seja, os MTRs com a assinatura de todos os atores da cadeia. Outro ponto avaliado foi o período entre a assinatura do destino final até a devolução da “quarta via” (assinatura de todos os entes da cadeia) do manifesto.

De acordo com os dados da Tabela 4, foi possível verificar que a quantidade de MTRs eletrônicas retornados ao gerador via *software* aumentou de 82% para 100% entre 4 meses antes do piloto e 4 meses após o início do piloto.

**Tabela 4.** Manifestos de Transporte de Resíduos Retornados.

<b>Manifestos de Transporte de Resíduos - Retornados ao Gerdor</b>	
<u>Período</u>	<u>Média de MTRs Retornadas (%)</u>
<u>Ago/18, Set/18, Out/18 e Nov/18</u>	<b>82%</b>
<u>Dez/18, Jan/19, Fev/19, Mar/19 (Piloto)</u>	<b>100%</b>

**Fonte:** Autoria Própria

O maior período da devolução da quarta via física do MTR ao gerador das 3 lojas do piloto era em média de 45 dias após a coleta dos resíduos. Com o sistema digital de suporte, a quarta via dos MTRs eletrônicos retornavam ao gerador depois de 72 horas após a coleta, logo após a assinatura do destino final. Este MTR podia ser controlado virtualmente, desde a emissão do manifesto, passando pela assinatura do gerador e também dos motoristas na hora da coleta dos resíduos, até a assinatura do responsável pelo recebimento e tratamento do resíduo.

Com o incremento da garantia da rastreabilidade de resíduos sólidos, foi possível minimizar riscos legais como multas ambientais, em casos de fiscalização para rastreabilidade dos resíduos sólidos gerados. Foi considerado um valor de multa mínimo de R\$6.250,00, pois não havia um histórico de multa ambiental referente à fiscalização ou rastreabilidade dos resíduos. Para cada coleta ou destinação que não conseguia verificar a rastreabilidade, foi possível reduzir o risco de multa ambiental para R\$75.000,00 por ano.

O documento de MTR físico é um custo para a operação do gerenciamento de resíduos. Além dos gastos para a impressão do bloco de folhas, também existe o custo de armazenamento, a fim de garantir a integridade e a segurança dos MTRs.

Ao final do período de 5 ou 7 anos, os documentos devem ser escaneados e expurgados, gerando mais custos para o gerenciamento de resíduos.

A partir da digitalização do controle e do monitoramento dos MTRs eletrônicos, todos os arquivos das 3 lojas participantes do projeto piloto foram gravados em um banco de dados que pode ser acessado de maneira simples e funcional.

A redução de custo para armazenamento e expurgo de MTRs, levando em consideração todas as 210 lojas, pode chegar em torno R\$8.350,00/ano.

**Tabela 5.** Benefícios financeiros do sistema digital.

<b>Benefícios</b>	<b>Valor Financeiro (R\$)</b>
Redução de Risco de Multa Ambiental	<b>R\$ 75.000,00/ano</b>
Redução de Custo de Armazenamento e Expurgo de MTRs	<b>R\$ 8.350,00/ano</b>

**Fonte:** Autoria Própria.

Foi observado também os *hardwares* de prensa vertical desenvolvidos pela SIR e testados durante o piloto, apesar das dificuldades quanto aos processos de instalação, envio e integração de dados com o *software* é possível concluir alguns pontos.

O sensor de prensa vertical trouxe alguns dados positivos para operação do gerenciamento de resíduos. Com a mensuração e a visualização do peso direto na prensa vertical existe uma economia de tempo para enfardamento e pesagem dos resíduos recicláveis.

Sem a solução de *hardware* implementada, o operador realiza todo o processo de enfardamento e pesagem dos resíduos recicláveis em média em 60 minutos. A partir da instalação das células de carga e transmissores foi possível reduzir para 35 minutos o tempo de enfardamento e pesagem destes materiais, possibilitando o aumento da produtividade de fardos por meio da redução do tempo com esta atividade e maior disponibilidade de tempo para o operador segregar outros resíduos e beneficiar a reciclagem.

Outro ponto favorável foi que com a pesagem de fardos, reduziram-se as diferenças de pesagens dos geradores e destinos finais. Assim, a solução de sensores desenvolvida pela SIR possibilitou aprimorar o controle dos resíduos sólidos gerados, equalizando-se os volumes de pesagens entre todos os elos da cadeia de resíduos.

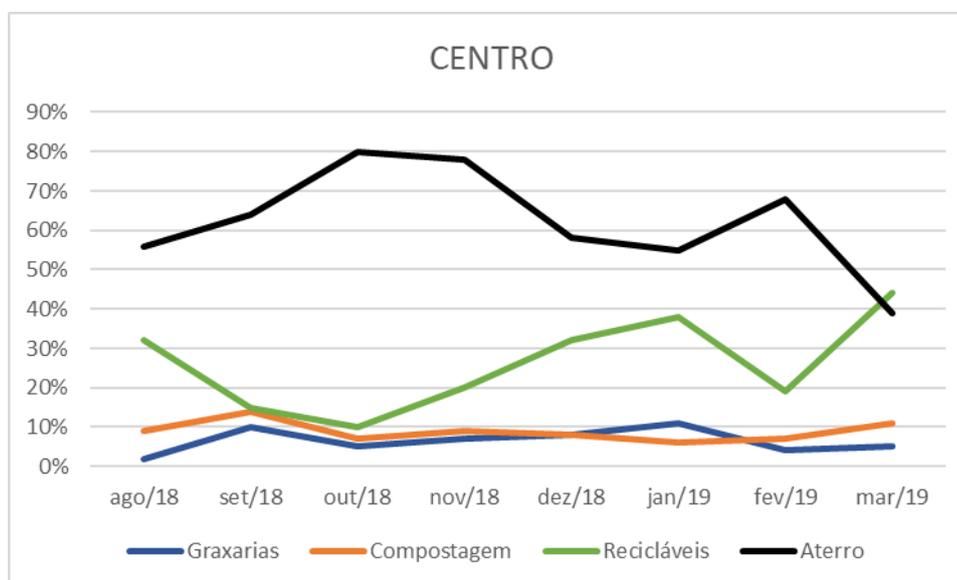
Para analisar os impactos ambientais do Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos foram considerados os indicadores de reciclagem, aterro sanitário, compostagem e graxarias utilizados pelo Grupo Varex.

No **gráfico 1** a seguir é possível observar que a **mercado Centro** obteve bons percentuais de evolução reduzindo em 16% o volume de rejeitos destinados ao aterro sanitário e aumentando em 11% os indicadores de reciclagem.

Porém nota-se que desde outubro de 2018, antes do início do piloto, os indicadores já mostravam resultados positivos. E em fevereiro de 2019, depois do início do piloto, obtivemos uma redução de 19% na reciclagem e aumento de 19% dos resíduos encaminhados a aterro sanitário.

Estes resultados podem estar relacionados também ao período de consumo e geração de resíduos no empreendimento, pois o período de maior geração de resíduos durante o ano ocorre entre os meses de novembro e março.

**Gráfico 1.** Percentual de Evolução dos Indicadores - Mercado Centro.

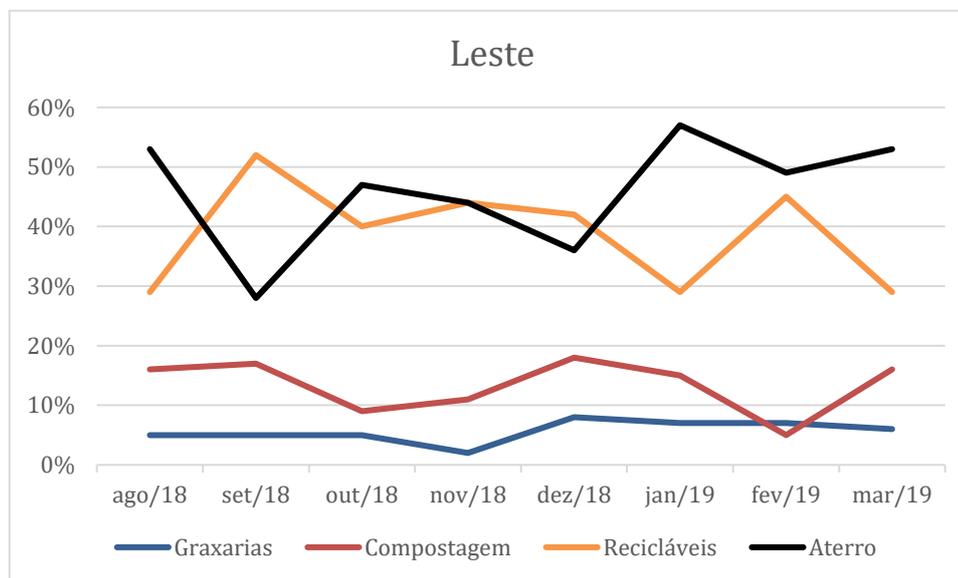


**Fonte:** Autoria Própria.

O **gráfico 2** mostra o percentual de evolução do **mercado Leste**, sendo possível verificar que não houve nenhuma diferença entre os meses antecedentes ao piloto e

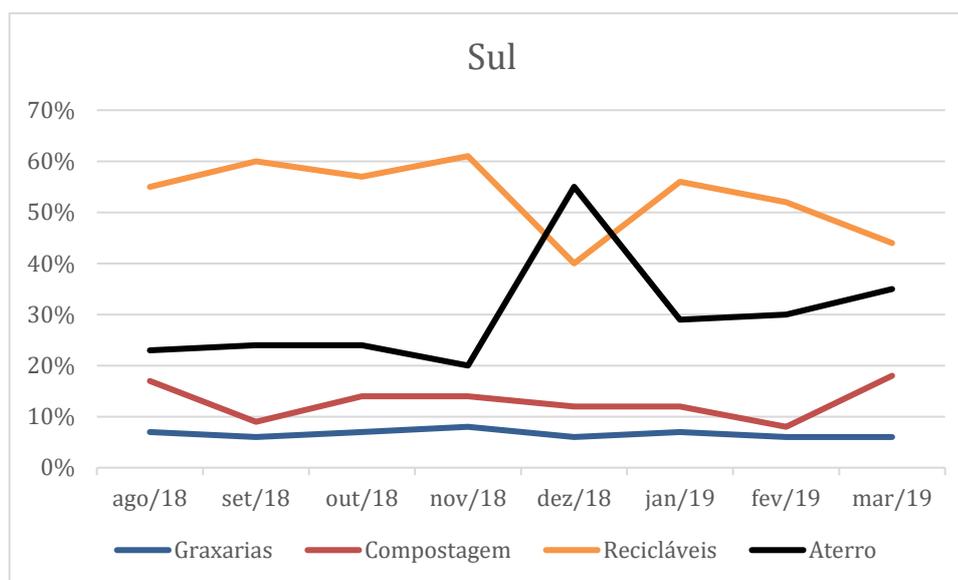
os meses durante o piloto. De acordo com o gráfico, o sistema de suporte não interferiu nos indicadores ambientais.

**Gráfico 2.** Percentual de Evolução dos Indicadores - Mercado Leste.



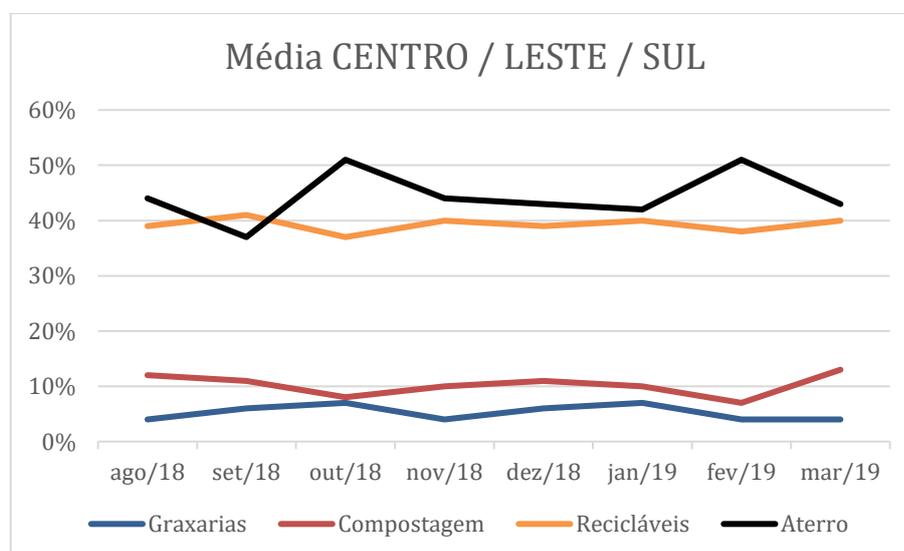
**Fonte:** Autoria Própria.

O **mercado Sul** não trouxe impactos positivos aos indicadores ambientais, desde o início do piloto os indicadores de reciclagem e aterro sanitário oscilaram bastante. Houve redução das taxas de reciclagem e aumento do volume de resíduos em aterro sanitário em comparação com o período antecedente ao piloto, conforme mostra o **gráfico 3**.

**Gráfico 3.** Percentual de Evolução dos Indicadores - Mercado Sul.

**Fonte:** Autoria Própria.

O **gráfico 4** mostra uma média do percentual de evolução dos indicadores ambientais dos 3 empreendimentos antes e depois do piloto. É importante salientar que os períodos analisados são curtos e entre o período de outubro e fevereiro existe maior consumo nos empreendimentos e, conseqüentemente, uma maior geração de resíduos, caso este exemplificado pela eventual redução de reciclagem e aumento de aterro sanitário no mês de fevereiro de 2019 do **gráfico 1**.

**Gráfico 4.** Média do Percentual de Evolução dos Indicadores dos empreendimentos do piloto.

**Fonte:** Autoria Própria.

Assim, de acordo com o gráfico 4, não existe nenhuma interferência real do sistema de suporte de resíduos para com os indicadores ambientais. Não houve resultados ambientais relevantes e benéficos como o aumento do volume de materiais recicláveis ou redução nos resíduos destinados a aterro sanitário. E os indicadores de compostagem e graxarias não apresentaram nenhum percentual de evolução significativos em nenhum dos gráficos apresentados.

### **4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS do Capítulo**

A partir do estudo de caso apresentado foi possível validar o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.

O estudo de caso mostra que é possível mensurar benefícios financeiros com o sistema de gerenciamento de resíduos, mas não houve resultados ambientais relevantes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da digitalização de serviços no mundo moderno em diferentes segmentos como: saúde, alimentos, comunicação, financeiro entre outros, não é de se surpreender a digitalização do sistema de gerenciamento de resíduos.

O Sistema Digital de Gerenciamento de Resíduos estudado neste trabalho trouxe vantagens aos processos. A automatização dos procedimentos de gerenciamento de resíduos facilitou o dia a dia dos colaboradores dos empreendimentos e, também, o controle de toda a cadeia dos resíduos pela central do grupo varejista.

A minimização de riscos legais é um fator importante para este estudo e pode trazer benefícios futuros à empresa. A estimativa de redução deste risco em R\$75.000,00 por ano é bem conservadora, se contássemos o número de coletas e destinações que temos em todas as lojas do Brasil.

Tudo isso deve-se à garantia da rastreabilidade dos resíduos, a partir do controle e monitoramento em tempo real dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR). Com a rastreabilidade é possível reduzir riscos legais e facilitar as demandas de trabalho referentes ao gerenciamento de resíduos integrando todos os atores presentes na cadeia dos resíduos sólidos.

Apesar de tantas vantagens, o sistema não ofereceu nenhum benefício que cause algum impacto ambiental positivo. Os indicadores de reciclagem, compostagem e graxarias não obtiveram incremento, assim como indicadores de aterro sanitário não obtiveram nenhuma redução. Desta forma, pode-se concluir que o sistema digital implementado não favorece as taxas de reciclagem ou a redução de resíduos gerados, sendo essa função dos instrumentos de prevenção e precaução que antecendem os procedimentos realizados dentro do sistema.

Outro ponto a se destacar no estudo é a integração de sistemas privados e públicos. O sistema, utilizado neste estudo, ainda não possui a integração com os sistemas públicos de controle e rastreabilidade a partir dos Manifestos de Transporte de

Resíduos (MTRs), o que pode duplicar os procedimentos e as demandas dos colaboradores, identificando-se como ponto benéfico do estudo o auxílio no dia a dia dos funcionários e no controle da gestão.

Para futuros trabalhos é interessante avaliar por meio de análise do ciclo de vida ou fluxo de massas, se todos os materiais ou recursos naturais e também a energia aplicada neste sistema, realmente entregam um saldo positivo ambiental.

Enfim, o sistema de suporte para o gerenciamento de resíduos em um grande empreendimento aperfeiçoou o controle e o monitoramento, trazendo grandes vantagens financeiras a uma instituição que deve administrar e acompanhar mais de 700 lojas. Além disso com a automatização dos processos foi possível aprimorar os procedimentos favorecendo todos os atores da cadeia de resíduos e proporcionando transparência.

## **5.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO**

Este trabalho contribui por meio de um estudo de caso para identificarmos como a transformação digital pode atingir o setor de gerenciamento de resíduos.

De acordo com o apresentado neste trabalho, a digitalização de serviços em diferentes segmentos é um recurso que simplifica o trabalho de inúmeros setores seja público ou privado.

E na área de resíduos, isto não é diferente, por meio desse trabalho foi possível concluir possíveis impactos positivos da digitalização no gerenciamento de resíduos de grandes empreendimentos.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos é interessante avaliar por meio de análise do ciclo de vida ou fluxo de massas, se todos os materiais ou recursos naturais e também a energia aplicada neste sistema, realmente entregam um saldo positivo ambiental.

Outro estudo que pode ser realizado sobre este tema é verificar como o sistema se comporta no setor público com gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e, também, como este sistema pode atender atores importantes na cadeia de resíduos sólidos no Brasil, como transportadores, cooperativas, recicladores, e outros destinos finais.

## REFERÊNCIAS

ABETRE, Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes. **Setor de Resíduos Industriais Deve Crescer 26% e faturar R\$16,3 bi em cinco anos.** Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/imprensa/noticias-do-setor/setor-deve-crescer-26-nos-proximos-cinco-anos>>. Acesso em 16 de outubro de 2019.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Classificação de Resíduos Sólidos – NBR 10004.** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em:<<https://analiticaqmcredidos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2019.

BEL, Diógenes Del; SALGOSA, Ademar. **A Importância da Infraestrutura de Destinação de Resíduos Sólidos.** Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/a-abetre/opiniao/a-importancia-da-infraestrutura-de-destinacao-de-residuos-solidos>>. Acesso em 16 de outubro de 2019.

ARAGÃO, Alexandra. **O Princípio Do Poluidor Pagador: Pedra Angular da Política Comunitária do Ambiente.** Disponível em <[https://www.ij.fd.uc.pt/publicacoes/monografias/pub\\_5/Poluidor\\_Pagador\\_Alexandra\\_Aragao\\_Planete\\_Verde.pdf](https://www.ij.fd.uc.pt/publicacoes/monografias/pub_5/Poluidor_Pagador_Alexandra_Aragao_Planete_Verde.pdf)>. Acesso em 12 de setembro de 2019.

ARAÚJO, E. S.; HIDALGA, V.; GIANNETI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia Industrial: um Pouco de História.** 2003. Laboratório de Físico-Química Teoria e Aplicada, Universidade Paulista. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art2.htm>> Acesso em 18 de setembro de 2019.

BARROS, C. J. **Os resíduos urbanos na cidade de Maringá – um modelo de gestão.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, Brasil, 2002.

BARROSO, Luiz Fernando de Lemos; **Contribuição Ao Plano de Gerenciamento de Resíduos do Estado de São Paulo**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-27052015-163113/en.php>>. Acesso em 22 de agosto de 2019.

BRASIL, 2010. **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)>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

COLTRO, Leda; MOURAD, Anna Lúcia. et al. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. 2007. Centro de Tecnologia de Embalagem – Instituto de Tecnologia de Alimentos. Disponível em <[http://www.academia.edu/download/34289755/ACV\\_como\\_Instrumento\\_de\\_Gestao-CETEA.pdf](http://www.academia.edu/download/34289755/ACV_como_Instrumento_de_Gestao-CETEA.pdf)>. Acesso em 18 de julho de 2019.

ESTADOS UNIDOS. **Environmental Protection Agency**. Pollution Prevention (P2). Disponível em: <<http://www.epa.gov/p2/>>. Acesso em: 22 de junho 2019.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah; **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. 2011. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/10>>. Acesso em: 08 de julho de 2019.

MARINHO, Maerbal; KIPERSTOK, Asher; **Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional**. 2001. Revista Baiana de Teconologia, Camaçari, v.15, n.2, p.47-61, maio/ago. 2000. Disponível em <<https://pdfs.semanticscholar.org/502f/14bacf39f1ae9134a269b48faa60fc88d28f.pdf>>. Acesso em: 9 de julho de 2019.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI Osvaldo Albuquerque. **Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos**. 2004. Disponível em <<http://web-resol.org/textos/i04-aintroducao.pdf>>. Acesso em 25 de agosto de 2019.

MEDEIROS, Denise Dumken. **Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua**. 2007. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Disponível em:  
<<https://www.redalyc.org/pdf/3967/396742029008.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

PWC, Price Water House Coopers. **Estudo Sobre o Setor de Tratamento de Resíduos Industriais**. 2006. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/estudos-e-publicacoes/publicacoes/publicacoes-abetre/PwC%20-%20Estudo%20sobre%20o%20Setor%20de%20Tratamento%20de%20Residuos%20Industriais.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2019.

SANTOS, Carmenlucia. **Prevenção À Poluição Industrial: Identificação de Oportunidades, Análise dos Benéficos e Barreiras**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em  
<[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-08042008-150419/publico/TeseCarmenluciaSantos.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-08042008-150419/publico/TeseCarmenluciaSantos.pdf)>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

SANTOS, G. S.; MELO, S. W. C., **A Ecologia Industrial e a sua Aplicação na Agroenergia**. 2014. Comunidade Técnico – Embrapa Agroenergia. Disponível em  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105994/1/cot07.pdf>>.

SÃO PAULO, 2019. **Decreto Nº 58.701, De 4 De Abril De 2019**. Disponível em  
<<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-58701-de-4-de-abril-de-2019>>. Acesso em 01 de julho de 2019.

SCHALSH, Valdir; LEITE Welligton Cyro de Almeida. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 2002. Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo. Disponível em  
<[http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog\\_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf](http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf)>. Acesso em 12 de setembro de 2019.

SENAI. **Arranjo Produtivo Local – Metal Mecânico Pós-Colheita: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS**. 2014. Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento, Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Disponível em <<https://docplayer.com.br/18498897-Plano-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-pgrs.html>>. Acesso em 11 de setembro de 2019.

SENAI. **Arranjo Produtivo Local – Pedras, Gemas e Joias: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS**. 2014. Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento, Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Disponível em <<https://sedetur.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20170527/04092708-1426534480-pgrs-apl-pedras-gemas-e-joias-rs.pdf>>. Acesso em 04 de junho de 2019.

SILVA FILHO, Carlos Roberto Vieira da; SOLER, Fabricio Dourado. **Gestão de Resíduos Sólidos: O que diz a lei**. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

SIMÃO, Juliana. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa**. 2011. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13072011-100539/en.php>>. Acesso em 02 de julho de 2019.

TANIMOTO, Armando Hirohumi; **Proposta De Simbiose Industrial Para Minimizar Os Resíduos Sólidos No Pólo Petroquímico De Camaçari**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004. Disponível em <<http://www.ifba.edu.br/PROFESSORES/armando/Eng531/Tanimoto%202004%20diSSERTACAO.pdf>>. Acesso em: 17 de julho de 2019.

TANIMOTO, Armando Hirohumi; **A economia medida pela Análise de Fluxo de Massa (AFM) : a desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do**

**Brasil.** 2010. Tese (doutorado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/6946>>. Acesso em: 04 de agosto de 2019.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; **Gerenciamento de Resíduos Industriais.** 2005. Curso de Química Industrial - Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em <<http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2012/04/gerenciamento-de-residuos-solidos-industriais.pdf>>. Acesso em 18 de setembro de 2019.