



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL

Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

ANDRÉ FERNANDO ROLLWAGEN

PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA
GESTÃO PÚBLICA INTEGRADA DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS

Passo Fundo

2013

ANDRÉ FERNANDO ROLLWAGEN

PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA
GESTÃO PÚBLICA INTEGRADA DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Londero Brandli

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Passo Fundo

2013

ANDRÉ FERNANDO ROLLWAGEN

PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA
GESTÃO PÚBLICA INTEGRADA DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia na área de concentração Infraestrutura e meio ambiente.

Data de aprovação: 17 de dezembro de 2013.

Professora Doutora Luciana Londero Brandli
Orientadora

Professor Doutor Pedro Domingos Marques Prietto
Coorientador

Professora Doutora Luciana Miyoko Massukado
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - IFB

Professor Doutor Adalberto Pandolfo
Universidade de Passo Fundo - UPF

Professor Doutor Francisco Dalla Rosa
Universidade de Passo Fundo - UPF

Passo Fundo

2013

Dedico essa dissertação ao meu grande amor Joseane Amaral.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar nesta longa caminhada.

À minha orientadora, Prof^a. Dr. Luciana Londero Brandli, por ter aceitado o desafio e estar sempre à disposição, e pelas orientações fundamentais nos momentos de incertezas.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto, pelas orientações esclarecedoras.

Ao professor Adalberto, pelas contribuições nas bancas de defesa do projeto de pesquisa e da qualificação.

Ao professor Francisco, pelas contribuições e discussões na banca de defesa da qualificação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, por compartilharem seus conhecimentos.

À coordenação e aos servidores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental; à Cris da secretaria do PPGEng, pelos auxílios administrativos.

Aos colegas do Mestrado, pelos momentos de estudo e descontração, e discussões paralelas na sala do curso.

Um agradecimento especial à minha esposa Joseane, pelo apoio, paciência, conselhos, amizade, e por estar sempre ao meu lado nesta árdua jornada.

Agradeço aos meus familiares, ao meu filho William e a todos que participaram mesmo que indiretamente dessa etapa da minha vida, proporcionando-me crescimento como pessoa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense pelo auxílio financeiro e incentivo à qualificação profissional.

RESUMO

A produção de resíduos sólidos urbanos cresceu consideravelmente nas últimas décadas, principalmente devido ao aumento populacional e ao consumo de produtos industrializados, o que gera problemas sociais, econômicos e ambientais. Considerando a inexistência de um sistema de informação computadorizado, a gestão desses resíduos acontece mediante ações desarticuladas e imprecisas. O objetivo deste trabalho é apresentar a análise e projeto de um sistema de informação para gestão pública integrada de resíduos sólidos urbanos (RSU) de municípios de pequeno e médio porte. A metodologia compreendeu: a investigação da atual estrutura de gestão pública de RSU no município de Passo Fundo; o levantamento de requisitos; e a análise e projeto do sistema de informação computadorizado. A partir dos dados coletados, foi proposta a implementação de um modelo computacional para auxílio no processo de gestão de resíduos e apoio à tomada de decisão. Este modelo permite o registro de dados, a geração de relatórios e de indicadores de desempenho, armazenando informações atualizadas de forma integrada. Busca-se, com isso, a possibilidade de melhorias na gestão pública de resíduos sólidos urbanos, trazendo avanços como organização e maior confiabilidade ao processo.

Palavras-chave: Análise de sistemas, gerenciamento de resíduos sólidos, resíduos sólidos urbanos.

ABSTRACT

The production of municipal solid waste has grown considerably in recent decades, mainly due to population growth and consumption of industrial products, which creates social, economic and environmental problems. Considering the lack of a computerized information system, the management of such waste occurs through disjointed and inaccurate actions. The aim of this research is to present the analysis and design of an integrated information system for public management of urban solid waste to medium size municipalities. The methodology included: investigation of the current structure of public management of urban solid waste in Passo Fundo; requirements elicitation and the analysis and computerized information system design. This model allows the recording of data, reporting and performance indicators, storing date information seamlessly. We intent, therefore, the possibility of improvements in public management of urban solid waste, bringing advancements like organization and bringing greater reliability to the process.

Keywords: Information system, solid waste management, urban solid waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do processo de gerenciamento de RSU	27
Figura 2 - Municípios com coleta seletiva no Brasil	31
Figura 3 - Iniciativas de coleta seletiva por grupos de municípios classificados por faixas de população (%)	32
Figura 4 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva (%)	33
Figura 5 - Agentes executores da coleta seletiva.....	33
Figura 6 – Regionalização dos municípios com coleta seletiva no Brasil.....	34
Figura 7 - Distribuição da quantidade total de RSU coletados em percentual	35
Figura 8 – Componentes de um sistema de informação	42
Figura 9 – Estrutura metodológica para desenvolvimento da pesquisa.....	49
Figura 10 - organograma da estrutura administrativa da SMAM na gestão de RSU de Passo Fundo..	56
Figura 11 - organograma da estrutura administrativa da STSG	57
Figura 12 - Organograma da estrutura administrativa de Passo Fundo na gestão de RSU	59
Figura 13 – Diagrama de caso de uso - Cadastro de usuários.....	65
Figura 14 – Diagrama de casos de uso - Cadastros gerais e registros de serviços.....	66
Figura 15 – Diagrama de casos de uso - Emissão de relatórios	66
Figura 16 – Diagrama de casos de uso - Pesagem de caminhões	67
Figura 17 – Diagrama de casos de uso - Relatórios de serviços, coleta de resíduos e pesagem	68
Figura 18 – Diagrama de casos de uso – Gestão da reciclagem.....	69
Figura 19 – Diagrama de casos de uso – Indicadores de desempenho	69
Figura 20 - Diagrama de classes – Sistema para gestão pública integrada de RSU	71
Figura 21– Diagrama de classes – Serviços e coleta de resíduos.....	72
Figura 22 – Diagrama de classes – Coleta de resíduos sólidos urbanos	73
Figura 23 – Diagrama de classes – Serviços	74
Figura 24 – Diagrama de classes – Gestão de reciclagem.....	75
Figura 25 – Tela de acesso ao sistema	76
Figura 26 – Tela principal do sistema de informação	77
Figura 27 – Cadastro de usuários do sistema.....	77
Figura 28 – Cadastro de equipes.....	78
Figura 29 – Cadastro de serviços.....	78
Figura 30 – Cadastro de contêineres.....	79
Figura 31 – Cadastro de rotas	80
Figura 32 – Cadastro da frota de veículos.....	81
Figura 33 – Registro de coleta de resíduos	82
Figura 34 – Registro de pesagem de veículos	83
Figura 35 – Registro de cronograma de serviços	84
Figura 36 – Registro de serviços prestados.....	85
Figura 37 – Formulário para emissão de relatórios de usuários do sistema	85
Figura 38 – Relatório de usuários do sistema	86
Figura 39 – Formulário para emissão de relatórios de equipes prestadoras de serviços.....	86
Figura 40 – Relatório de equipes prestadoras de serviços	87
Figura 41 – Formulário para emissão de relatórios de serviços	87

Figura 42 – Relatório de cadastro de serviços	88
Figura 43 – Formulário para emissão de relatórios de Contêineres.....	88
Figura 44 – Relatório de Contêineres.....	89
Figura 45 – Formulário para emissão de relatórios de rotas de coleta de resíduos.....	89
Figura 46 – Relatório de rotas das coletas de resíduos.....	90
Figura 47 – Formulário para emissão de relatórios de frota de veículos.....	90
Figura 48 – Relatório de frota de veículos	91
Figura 49 – Formulário para emissão de relatórios de serviços prestados.....	91
Figura 50 – Relatório dos serviços prestados.....	92
Figura 51 – Formulário para emissão de relatórios de cronogramas de serviços	92
Figura 52 – Relatório de cronogramas de serviços	93
Figura 53 – Formulário para emissão de relatórios de coleta de resíduos.....	93
Figura 54 – Relatório de coleta de resíduos.....	94
Figura 55 – Formulário para emissão de relatórios de pesagem de caminhões	94
Figura 56 – Relatório de pesagem de caminhões	95
Figura 57 – Cadastro de cooperativas e associações de recicladores.....	95
Figura 58 – Cadastro de recicladores	96
Figura 59 – Cadastro de materiais recicláveis e não recicláveis	97
Figura 60 – Registro de reciclagem	98
Figura 61 – Registro de destinação de materiais não recicláveis.....	98
Figura 62 – Formulário para emissão de relatórios de associações de recicladores.....	99
Figura 63 – Relatório de associações de recicladores.....	99
Figura 64 – Formulário para emissão de relatórios de recicladores.....	100
Figura 65 – Relatório de recicladores.....	100
Figura 66 – Formulário para emissão de relatórios de materiais recicláveis e não recicláveis	101
Figura 67 – Relatório de materiais recicláveis e não recicláveis	101
Figura 68 – Formulário para emissão de relatórios de reciclagem	102
Figura 69 – Relatório de reciclagem.....	102
Figura 70 – Formulário para emissão de relatórios de destinação de materiais não recicláveis	103
Figura 71 – Relatório de destinação de materiais não recicláveis	103
Figura 72 – Formulário indicadores de desempenho da coleta de resíduos	104
Figura 73 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a coleta de resíduos	105
Figura 74 – Formulário indicadores de desempenho da reciclagem de resíduos.....	105
Figura 75 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a reciclagem de resíduos.....	106
Figura 76 – Formulário indicadores de desempenho de destinação de resíduos	106
Figura 77 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a destinação de resíduos.....	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos de contaminação.....	22
Quadro 2: Classificação de resíduos sólidos segundo sua origem	23
Quadro 3: Normas técnicas e resoluções sobre RSU	38
Quadro 4: Especificação de requisitos do software.....	63

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEMPRE	Compromisso Empresarial pela Reciclagem
CODEPAS	Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo
GIRS	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
STSG	Secretaria de Transportes e Serviços Gerais
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema da Pesquisa	15
1.2 Justificativa	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Escopo e Delimitação da Pesquisa	19
1.5 Estrutura da Dissertação	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	21
2.1.1 Resíduos Sólidos: Definição e Classificação	21
2.1.2 A Problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos	23
2.2 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos	25
2.2.1 Definições e Características	25
2.2.2 Processo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos	27
2.2.3 Casos de Gestão de Resíduos Sólidos	28
2.2.4 Gestão de Resíduos Sólidos no Contexto Nacional	31
2.3 Normas Técnicas e Políticas Públicas Referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos	36
2.4 Sistemas de Informação	41
2.4.1 Definições e Conceitos	41
2.4.2 Aplicações na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	43
3 METODOLOGIA	47
3.1 Caracterização do Município de Passo Fundo	47
3.2 Classificação da Pesquisa	48
3.3 Delineamento Metodológico	48
3.3.1 Investigação da Atual Estrutura da Gestão Pública de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Passo Fundo	49
3.3.2 Levantamento de Requisitos	50
3.3.3 Análise e Projeto do Sistema de Informação Computadorizado	53
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
4.1 Investigação da Atual Estrutura da Gestão Pública de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Passo Fundo	56

4.1.2 Forma de Gestão de RSU de Passo Fundo	59
4.2 Levantamento de Requisitos.....	60
4.2.1 Visão Geral do Sistema.....	61
4.3 Análise e Projeto do Sistema de Informação Computadorizado	65
4.3.1 Diagramas de casos de uso	65
4.3.2 Diagramas de classes.....	70
4.3.3 Protótipo do Sistema de Informação Computacional.....	76
4.3.4 Diretrizes e Condições para Implantação de um Sistema de Informação em Municípios de Pequeno e Médio Porte	107
5 CONCLUSÕES.....	109
5.1 Conclusões da Pesquisa.....	109
5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
APÊNDICE A	120

1 INTRODUÇÃO

O aumento na geração de resíduos sólidos é ocasionado pelo desenvolvimento do município, dos recursos e tecnologia disponíveis para uso, e o aumento do poder aquisitivo, em conjunto com as necessidades de consumo de produtos industrializados. Kalil (2008) destaca que o acréscimo da geração de resíduos também está relacionado ao aumento populacional urbano, enfatizando os municípios de médio porte localizados no interior do Estado do RS.

Segundo Massukado (2004), a partir do momento em que os resíduos sólidos foram gerados, são necessárias soluções para o seu tratamento, preferencialmente não agredindo o meio ambiente. Esta é uma empreitada com alto grau de dificuldade, se considerada a variedade de elementos que compõe os resíduos sólidos, os recursos financeiros e humanos disponíveis.

Os impactos ocasionados pela ausência de reciclagem conjugada à destinação inadequada de resíduos sólidos podem representar problemas ambientais. Isto é influenciado pelos hábitos da sociedade, das empresas, políticas, leis e a forma de gestão desempenhada pelos responsáveis (GOMES, 2011). A gestão de resíduos deve ser considerada de responsabilidade de todos os envolvidos, desde a etapa de geração, passando pela coleta, transporte, reciclagem até sua deposição final (RATHI, 2006; MASSUKADO, 2004).

Na Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, no seu Art. 1º, é estabelecida a Política Nacional de Resíduos Sólidos, determinando os princípios, objetivos e instrumentos, expondo também as diretrizes referentes à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

O registro de dados sobre os resíduos sólidos do município é de grande valia na tomada de decisões relacionada à sua gestão. Geralmente vários setores da Prefeitura Municipal são responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), e os dados referentes a essa administração são individualizados setorialmente. Entende-se que o cruzamento dessas informações possibilita à gestão pública um gerenciamento de alta qualidade sobre os RSU. Assim, percebe-se como uma necessidade a proposta de um Sistema de Informação para gestão pública integrada de RSU.

1.1 Problema da Pesquisa

Os problemas ambientais e sociais gerados por deficiências na administração dos RSU, agregados à inadequada disposição final desses resíduos, são ocasionados, entre outros fatores, pelo aumento populacional e aumento da renda familiar (GOMES, 2011; RATHI, 2006; MASSUKADO, 2004).

Segundo dados da Abrelpe (2012), o Brasil apresentou um crescimento populacional urbano de 0,9%, de 2011 para 2012; já a geração de RSU cresceu 1,3% no mesmo período. Portanto, a quantidade de resíduos sólidos está aumentando, e os espaços apropriados para disposição final estão se esgotando, sendo necessário um empenho maior na gestão de resíduos sólidos. Nesse sentido, para diminuir os problemas ambientais, é de suma importância a implantação de programas de coleta seletiva de RSU, evitando o envio de materiais recicláveis para disposição final em aterros sanitários.

A gestão integrada de RSU envolve processos complexos, devido ao grande número de variáveis. Pinho (2011) menciona o fato de a qualidade de vida da população sofrer influências pela forma de gestão de resíduos sólidos, destacando a importância do processo na sustentabilidade ambiental do município. Esta gestão é de responsabilidade da administração pública municipal, que deve seguir as normativas instituídas pela Lei Federal nº 12.305 de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Muitos países têm adotado uma hierarquia na gestão de resíduos sólidos, delegando aos municípios esta responsabilidade. A Nova Zelândia é um exemplo, determinando como ordem de prioridade: redução, reutilização, reciclagem, recuperação, tratamento e disposição de resíduos sólidos. Entretanto, a adequação a esta hierarquia é considerada um desafio. Este processo tem chamado a atenção pela falta de dados técnicos e científicos e a não apresentação de custos nos procedimentos. Este sistema de gestão pode ser viável a longo prazo, em um contexto social, desde que esta hierarquia seja adotada em uma gestão integrada de RSU (SEADON, 2006).

Segundo Pinho (2011), um estudo realizado na Turquia expõe como um dos principais problemas do país na gestão de resíduos o inconsistente banco de dados deste sistema de gestão. O autor menciona que a falta de informações relacionadas à gestão de resíduos no Brasil também é comum, destacando o fato de nenhum Estado possuir um banco de dados com informações desta esfera.

Considerando a importância da tomada de decisões na gestão de resíduos sólidos, relacionada a fatores operacionais, financeiros, institucionais, administrativos e ambientais,

pode-se dizer que em muitos municípios o desenvolvimento do plano de gestão de RSU é afetado pela falta de informação sobre a quantidade e o tipo de resíduos gerados, alterações sazonais, variações de custos de coleta e destinação final dos resíduos (NAGASHIMA et al 2011).

A administração pública do município de Passo Fundo não possui um Plano de Gestão Integrada de RSU (GOMES et al., 2012). Em 3 de janeiro de 2013 foi criada a Lei Municipal nº 4.969, que estabelece a Política Municipal de Resíduos Sólidos, prevendo a criação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) (PASSO FUNDO, 2013), que pelo Art. 19 da Lei Federal nº 12.305 deve expor: o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no seu território; os procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; os indicadores de desempenho operacional e ambiental para os mesmos serviços públicos; regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos; programas e ações de educação ambiental envolvendo a participação de grupos interessados, enfatizando as cooperativas de catadores, para promover a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos; mecanismos para geração de emprego e renda (BRASIL, 2010).

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM) de Passo Fundo, auxiliada pela Secretaria de Transportes e Serviços Gerais (STSG), embora responsável pela coleta e disposição de resíduos sólidos, não dispõe de um sistema de informação contendo dados gerenciais integrados sobre os RSU. As informações existentes estão restritas a essas secretarias e seus respectivos núcleos, sendo disponibilizadas quando solicitadas (KALIL, 2008). O uso desses indicativos de forma não integrada impossibilita o cruzamento dessas informações, limitando o acesso a dados gerenciais de grande importância. Dessa forma, pode-se dizer que faltam dados administrativos sobre a gestão de resíduos sólidos para auxiliar os gestores na tomada de decisão, ocasionando tomadas de decisões isoladas e pontuais, e a obtenção de relatórios e índices administrativos isolados.

Assim, observa-se a necessidade de projetar um sistema de informação para gestão integrada de RSU. Logo, identifica-se a questão principal da presente pesquisa: quais devem ser os requisitos para o desenvolvimento de um sistema de informação para gestão integrada de RSU em municípios de pequeno e médio porte?

1.2 Justificativa

As dificuldades relacionadas à gestão de RSU podem ser percebidas pela quantidade e qualidade de informações disponíveis sobre o sistema, que muitas vezes se limitam a dados obtidos em relatórios de serviços e pelo roteiro de coleta de resíduos (PINHO, 2011). Em muitos setores prevalece o conhecimento público informal, estando restrito a poucos técnicos ou funcionários. Assim, são tomadas ações desarticuladas pelas secretarias e setores municipais na gestão dos resíduos. A partir da existência de um sistema informatizado, dados mais precisos estariam disponíveis para os interessados, servindo como base para tomada de decisões gerenciais.

Em razão da inexistência de um sistema informatizado para gestão integrada de RSU em muitos municípios, como exemplo Passo Fundo (KALIL, 2008) e considerando a necessidade de acesso a informações atualizadas em tempo hábil, justifica-se a análise e o projeto de um sistema de gestão integrada para utilização da administração pública em municípios de pequeno e médio porte.

Este modelo deve proporcionar uma gestão eficiente, possibilitando o acesso a dados fornecidos por todos os setores envolvidos na gestão de resíduos. Assim, serão disponibilizados relatórios e índices que auxiliarão no controle de processos administrativos e tomada de decisão. Vale ressaltar que o alcance das informações deve respeitar as restrições de acesso dos órgãos envolvidos. Nessa perspectiva, a gestão pública do município terá parâmetros para o desenvolvimento de uma ferramenta computadorizada para gestão integrada de RSU.

O sistema de gestão de RSU utilizado na Prefeitura de Passo Fundo serviu como base para análise e projeto do sistema de informação computadorizado. Passo Fundo foi escolhido por ser um município de médio porte, e pela complexidade apresentada no processo de gestão.

O sistema a ser projetado será genérico, podendo ser empregado em outros municípios de médio porte, com características semelhantes ao do modelo, e também em municípios de pequeno porte.

Um sistema de informação é definido por Stair & Reynolds (2011, p. 8) como:

[...] um conjunto de elementos ou componentes inter-relacionados que coleta (entrada), manipula (processo), armazena e dissemina dados (saída) e informações, e fornece uma reação corretiva (mecanismo de realimentação) para alcançar um objetivo.

A partir deste conceito, pode-se dizer que um sistema de informação tem grande importância na busca dos objetivos organizacionais, desde que realimentado corretamente, trazendo vantagens como a diminuição de custos administrativos e acesso rápido e seguro a informações, além de melhora na prestação de serviços.

Um sistema de informação para computador exhibe seu real valor por meio da capacidade de organizar os dados, a fim de disponibilizar informações para tomadas de decisões inteligentes de negócio.

Os sistemas informatizados tornam-se necessários, pois decisões equivocadas devido ao grande volume de dados isolados existentes nas organizações podem levar a sérios problemas administrativos. Portanto, a transformação desses dados em informações por meio de um sistema de informação tem grande valor administrativo, pois possibilita a reorganização do fluxo do trabalho, otimizando os resultados (OLIVEIRA, 2008).

A utilização dos sistemas de informação aponta diversos benefícios, além do apoio à tomada de decisão; algumas dessas vantagens são mencionadas por Oliveira (2002):

- a) aprimoramento no acesso às informações, proporcionando relatórios com maior precisão em menor espaço de tempo;
- b) refinamento na tomada de decisões, devido à utilização de informações de forma ágil e precisa;
- c) aumenta a interação entre os tomadores de decisão;
- d) melhora na produtividade setorial e global;
- e) maior rapidez organizacional para enfrentar acontecimentos não previstos, a partir das constantes mutações nos fatores ambientais;
- f) evolução na qualidade dos serviços prestados;
- g) redução de custos operacionais;
- h) evolução motivacional dos envolvidos no processo administrativo;
- i) aprimoramento do fluxo organizacional, pela agilidade do fluxo das informações;
- j) melhoramento na estrutura organizacional, proporcionando maior controle para os gestores e responsáveis pelo sistema.

Tendo por base as vantagens da utilização de um sistema de informação computadorizado destacadas pelo autor, justifica-se a análise e projeto de um sistema de informação para gestão integrada de RSU em municípios de pequeno e médio porte.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Projetar um sistema de informação para auxiliar a administração pública na gestão integrada de RSU de municípios de pequeno e médio porte, buscando otimizar os processos mediante o cruzamento das informações disponibilizadas pelos setores envolvidos na gestão.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos serão:

- a) descrever o atual sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos da Prefeitura de Passo Fundo;
- b) realizar o levantamento de requisitos para o desenvolvimento de um sistema computacional;
- c) analisar e projetar uma ferramenta computacional para gestão integrada de RSU.

1.4 Escopo e Delimitação da Pesquisa

O sistema de informação a ser proposto deve envolver no seu processo de gestão apenas os RSU de responsabilidade da administração pública do município. Portanto, abrangem os resíduos sólidos domiciliares, comerciais e públicos (varrição, poda e capina), não abrangendo os resíduos gerados em serviços de saúde, industriais e da construção civil. Outro aspecto a ser considerado é que o sistema de informação é proposto para municípios de pequeno e médio porte.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo composto pelas considerações iniciais, a apresentação do problema da pesquisa, a justificativa, os objetivos e o escopo e a delimitação da pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada a revisão da literatura, abrangendo definições, classificações e a problemática dos resíduos sólidos, bem como definições e características da gestão integrada de RSU, processo de gerenciamento desses materiais, casos de gestão de resíduos sólidos no âmbito nacional e internacional, a legislação relativa ao tema, conceitos de sistemas de informação e apresentação de softwares aplicados à gestão de resíduos sólidos urbanos.

No capítulo 3 são expostas a caracterização do município objeto de estudo, a classificação da pesquisa e a metodologia utilizada, com o detalhamento das atividades praticadas no desenvolvimento deste trabalho.

A apresentação e a análise dos resultados são exibidas no capítulo 4, estruturadas em três fases análogas aos objetivos específicos.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se o embasamento teórico sobre resíduos sólidos, gestão pública de RSU, bem como normas técnicas e políticas referentes a esses resíduos e a exposição da relevância de sistemas de informação.

2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

O processo de urbanização, em conjunto com o crescimento populacional e a melhoria de renda, aumentam o volume e a diversidade de resíduos produzidos. A geração exagerada desses resíduos agregada a seus impactos negativos, aponta para a necessidade de uma gestão sustentável de RSU e ações no meio socioambiental, econômico e de saúde humana.

2.1.1 Resíduos Sólidos: Definição e Classificação

A geração de resíduos sólidos, segundo Philippi JR (2005 apud TAGUCHI, 2010) é inerente ao cotidiano da sociedade. Devido ao aumento populacional, hábitos e costumes da população, ampliação da renda familiar, agregados ao crescente consumo de produtos industrializados, a geração de resíduos vem aumentando exponencialmente. Um material transforma-se em resíduo no momento em que seu gerador avalia seu valor como insuficiente para conservá-lo.

Williams (2005) pondera sobre a subjetividade da definição de resíduo, pois os resíduos de uma pessoa podem representar um recurso valioso para outra. Devido a implicações financeiras e leis que regem o mercado, há necessidade de uma definição legal de resíduos. Os conceitos e classificações devem estar em conformidade com a lei, pois são consultados para redigir o planejamento local, regional e nacional da gestão de resíduos.

Segundo a ABNT (2004a, p. 1) os resíduos sólidos são definidos como:

[...] Aqueles que no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Portanto, pela especificação da norma, os resíduos sólidos podem ser considerados subprodutos oriundos da atividade humana, de consumo e industrial.

A classificação dos resíduos sólidos pode ocorrer de diversas maneiras, as principais estão relacionadas à sua natureza ou origem e também pelo grau de periculosidade ao meio ambiente e a saúde pública. Taguchi (2010) destaca a importância da classificação por consentir que a gestão pública possa optar pelo procedimento de gerenciamento de resíduos sólidos que mais se adapta aos seus atributos, condições e necessidades.

No quadro 1 é apresentada a classificação de resíduos sólidos segundo a ABNT (2004a), de acordo com os riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas.

Quadro 1: Classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos de contaminação

Resíduos Classe I - Perigosos	Não Perigosos	
	Classe II A – Não Inertes	Classe II B - Inertes
Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade	Biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água	Não são enquadrados em nenhuma das outras classes

Fonte: Adaptado da ABNT(2004a)

Os resíduos sólidos, conforme o quadro 1, estão classificados em perigosos - correspondentes aos resíduos de classe I; e não-perigosos, que englobam os resíduos de classe II A não inertes e os de classe B inertes.

A classificação dos resíduos sólidos de acordo com sua origem, é baseada na Lei Federal nº 12.305 de 2010, a qual também define que os RSU são constituídos pelos resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana e resíduos comerciais de pequenos geradores. Os RSU são de responsabilidade da administração pública municipal (BRASIL, 2010).

No quadro 2, os resíduos sólidos estão classificados conforme sua origem; dentre essa disposição encontram-se os resíduos domiciliares, limpeza urbana, sólidos urbanos, industriais, serviços de saúde, construção civil, serviços de transporte e mineração.

Quadro 2: Classificação de resíduos sólidos segundo sua origem

Classificação dos Resíduos	Origem
Domiciliares	Atividades domésticas em residências urbanas.
Limpeza urbana	Varição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
Sólidos urbanos	Resíduos domiciliares e de limpeza urbana.
Estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço	Resíduos de limpeza urbana, serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, industriais, da construção civil e serviços de transporte.
Serviços públicos de saneamento básico	Gerados nessas atividades, e resíduos sólidos urbanos.
Industriais	Processo produtivo e instalações industriais.
Serviços de saúde	Serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.
Construção civil	Construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
Agrossilvopastoris	Atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.
Serviços de transporte	Portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.
Mineração	Atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010)

Para um estudo mais detalhado sobre conceitos e classificações dos resíduos sólidos podem ser consultados os trabalhos de Gomes (2011), Cornieri (2011), Taguchi (2010), Massukado (2004), Tchobanoglous & Kreith (2002), McDougall et al (2001) e Tchobanoglous et al (1993).

2.1.2 A Problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos

O Brasil tem apresentado altas taxas de urbanização nos últimos anos, em função da migração de habitantes do campo para a cidade e dos municípios menores para os maiores. Isto tem ocorrido principalmente pela procura de oportunidades de emprego, estudo e saúde, entre outros fatores. Os problemas urbanos têm sido agravados com o fenômeno da urbanização e normalmente são ocasionados pelo crescimento desordenado da população com alta concentração em determinados locais; pelos modelos administrativos antiquados; pelo envelhecimento da estrutura física, pela falta de cuidados e agressões ao ambiente urbano e pela falta de recursos e deficiências na prestação de serviços (KALIL, 2008).

As diretrizes nacionais para o saneamento básico, estabelecidas pela Lei Federal nº 11.445 de 2007 no seu Art. 7º, definem como responsabilidade do município, o serviço de limpeza urbana e de manejo de RSU, que é composto pelas atividades de coleta, transporte,

transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2007). Essa lei regulamentou o gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo complementada pela Lei Federal nº 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os problemas com os resíduos sólidos vão além da sua destinação final. A gestão pública municipal deve estar atenta com a problemática da geração de resíduos sólidos, pois afetam a sociedade, o meio ambiente e a economia. Na questão social, o problema está relacionado à saúde pública e a propagação de doenças, caso os resíduos sólidos não tenham tratamento apropriado ocorre a proliferação de animais vetores de doenças. Em relação ao meio ambiente, os resíduos sólidos podem afetar a qualidade da água e do solo por meio da presença de metais pesados. Na demanda econômica são empregados altos valores nos processos de coleta, transporte, transbordo, tratamento e na disposição final dos resíduos sólidos (TAGUCHI, 2010).

A composição dos RSU mudou nas últimas décadas, aumentando o volume gerado, com maior quantidade de embalagens, fator que diminui a vida útil dos aterros sanitários. Segundo Magni (2011), o volume de RSU representa a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos nas cidades. Sabe-se que a geração de resíduos não pode ser evitada, portanto a sociedade tem se preocupado em encontrar soluções adequadas referentes a esses resíduos. Também se percebe que os gastos referentes aos RSU são proporcionais a sua geração.

Dib-Ferreira (2005) destaca a relação direta do desenvolvimento econômico e tecnológico do município com o volume de resíduos sólidos gerados por habitante, ou seja, quanto mais desenvolvido o município, maior a quantidade de resíduos sólidos recicláveis gerados. Já na situação de subdesenvolvimento, quanto mais subdesenvolvido o município maior a quantidade de matéria orgânica gerada. Portanto, quanto maior for a evolução tecnológica e o aumento populacional, maior serão os desafios com os resíduos.

O sistema de limpeza urbana é afetado por vários fatores. Vilhena (2010) destaca como principais as deficiências financeiras, a descontinuidade política e administrativa, a carência na capacitação técnica dos envolvidos no processo e a ausência de um sistema de informação para gerenciar esse processo.

A diminuição da disposição de resíduos no solo, o reaproveitamento e a redução dos resíduos podem ser alcançadas pela coleta seletiva e a reciclagem, contribuindo diretamente com a sustentabilidade do município, proteção ambiental e a saúde da comunidade (BESEN, 2011). Lopes (2007) menciona a importância de evitar o consumo excessivo de produtos industrializados como uma forma de diminuir a geração de resíduos sólidos. O autor entende

que diminuir o consumo de produtos que não possam ser reciclados ou reutilizados é uma tarefa árdua para a população. Portanto, considera-se importante não só a redução da geração de resíduos na fonte, mas também a gestão apropriada dos RSU, o reuso, a reciclagem e a compostagem.

Segundo Melo (2012), já há uma tendência gradual de mudança sobre a disposição final de resíduos, que com a conscientização ambiental passaram a ser recolocados na cadeia produtiva, considerando-os matéria-prima. Jucá (2002) já havia observado uma evolução no tratamento e destinação final dos resíduos sólidos, enfatizando a separação de materiais para reciclagem e a redução de resíduos depositados em lixões.

2.2 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

2.2.1 Definições e Características

A sociedade tem se preocupado com os RSU à medida que aumenta a produção e também a periculosidade de determinados resíduos, em conjunto com seu gerenciamento impróprio.

W. R. Lynn em 1962, percebeu a complexidade dos processos de gestão de resíduos, e propôs uma abordagem de sistemas para a gestão de resíduos apresentada como “ver o problema em sua totalidade como um sistema interligado de operações de componentes e funções” (McDOUGALL et al, 2001). Posteriormente, a GIRS foi definida por Tchobanoglous et al (1993) como a seleção e aplicação de técnicas adequadas, tecnologias e programas de gestão para alcançar objetivos específicos de metas e gestão de resíduos. Marshall (2013) adiciona a este conceito a necessidade de capacidade organizacional e cooperação entre todos os participantes no processo.

Definem a gestão integrada de resíduos, segundo Williams (2005), a integração de fluxos de geração de resíduos, coleta e métodos de tratamento, benefício ambiental, otimização econômica e a aceitação da sociedade de um sistema prático aplicável em qualquer região.

Mesquita Júnior (2007) designa a GIRS como a forma de gerar, implementar e gerenciar sistemas de manejo de RSU, apreciando a participação de diversas esferas da comunidade, objetivando o desenvolvimento sustentável. Com base em Rathi (2006), há necessidade de a sustentabilidade ser ambiental, institucional, financeira, econômica e social.

A GIRS segundo Lopes (2007, p. 7) objetiva:

[...] elaborar diretrizes para disciplinar ações (gerenciamento), considerando os aspectos envolvidos (ambientais, culturais, econômicos, de saúde pública, políticos, sociais, técnicos, urbanísticos, entre outros), a fim de que as medidas adotadas sejam mais sustentáveis.

Com base no autor pode-se dizer que as diretrizes de gestão de RSU visam prevenir a poluição, minimizando a geração de resíduos prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente.

Ao considerar a integração do planejamento estratégico, de políticas setoriais, trabalho conjunto entre as esferas pública e privada, formas de ações compartilhadas e mecanismos de avaliação e auditoria, a administração pública municipal deve focar-se na GIRS para alavancar a sustentabilidade de sua região (TAGUCHI, 2010).

A GIRS, considerada sustentável por Besen (2011) sugere uma ordem de prioridade de objetivos que abrangem a diminuição da geração de resíduos; redução de impactos negativos dos resíduos; maximização da reutilização, da reciclagem e da compostagem; recuperação de energia; promoção do tratamento; a disposição final ambientalmente correta; e a maximização da cobertura de limpeza urbana e coleta seletiva.

Para alcançar a sustentabilidade ambiental, a gestão integrada de resíduos deve fornecer um sistema de gestão de resíduos que reduz os impactos ambientais globais, poluição do ar, terra e águas, e o consumo de energia. Na sustentabilidade econômica o sistema de gestão de resíduos deve operar com custos globais aceitáveis em todas as esferas da comunidade, abrangendo residências, instituições privadas e governamentais (WILLIAMS, 2005).

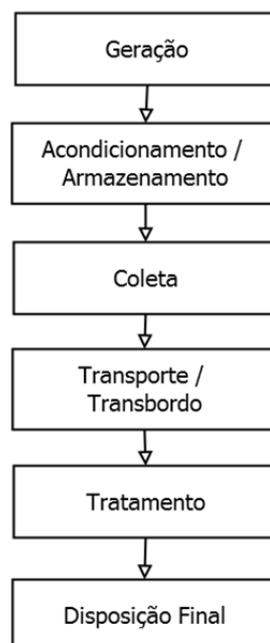
A gestão integrada de RSU deve ser amparada por uma estrutura organizacional que disponibilize suporte à execução de atividades de gestão. Para a estruturação de um sistema de GIRS deve-se fazer um diagnóstico referente aos resíduos sólidos em questão, considerando o número de habitantes e a renda per capita do município. Este conhecimento é fundamental para entender a extensão em que o sistema será utilizado, e prever os recursos necessários (VILHENA, 2010). O desenvolvimento desse sistema envolve vários outros subsistemas como planejamento estratégico, operacional e recursos humanos. A gestão integrada considera que todas as operações e ações estão relacionadas, influenciando-se mutuamente.

Mesquita Júnior (2007) enfatiza a necessidade de definir estratégias, ações e métodos para a utilização da gestão integrada de RSU que almejem o desenvolvimento sustentável por meio de um consumo consciente de produtos industrializados, da redução na produção de resíduos, e uma estrutura de gestão apropriada. Para estabelecer uma estratégia consistente deve-se definir a metodologia utilizada, determinando os resíduos que serão gerenciados. Também é necessário identificar as prováveis opções e o estudo sobre os riscos ambientais e custos relacionados. Por fim, analisar as características das opções existentes para elencar as mais adequadas (CORNIERI, 2011). No âmbito social essa forma de gestão deve considerar a implantação de políticas de diminuição de exclusão social. O aumento da qualidade e da eficiência dos serviços de manejo de resíduos sólidos, atendendo às demandas, também merece atenção.

2.2.2 Processo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

O processo de gerenciamento de RSU é formado pelas fases de geração, acondicionamento / armazenamento, coleta, transporte / transbordo, tratamento e disposição final. A figura 1 exibe um fluxograma das fases desse processo.

Figura 1- Fluxograma do processo de gerenciamento de RSU



Fonte: adaptado de Tchobanoglous & Kreith (2002)

A primeira fase deste processo é a geração dos resíduos, na qual são conhecidas as características dos resíduos gerados. No acondicionamento, os resíduos são dispostos em recipientes adequados para facilitar sua coleta, garantindo a eficiência do serviço. A coleta é o recolhimento dos resíduos acondicionados para que sejam encaminhados por meio de transporte apropriado a uma estação de tratamento. Tratamento é o processo designado a diminuir o volume de resíduos ou seu potencial poluidor, por meio da transformação em material inerte ou impedindo o descarte de resíduos em local inadequado. Esse procedimento é encerrado com a disposição final dos RSU (GOMES, 2011; TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002).

2.2.3 Casos de Gestão de Resíduos Sólidos

Segundo Lopes (2007), a geração e a composição de RSU varia de acordo com a região, renda per capita e cultura dos habitantes. Gomes (2011) relata a diferença existente no processo de gerenciamento de RSU entre países em desenvolvimento, que têm seu gerenciamento caracterizado pela deficiência dos serviços de limpeza urbana, reciclagem restrita, e o gerenciamento impróprio de RSU perigosos e disposição final, com os países desenvolvidos, que visam à conservação dos recursos naturais.

O Canadá é um modelo a ser seguido na gestão de RSU. Em 2006, produzia mais de 35 milhões de toneladas de resíduos, equivalente a 1.000 kg por pessoa/ano, sendo um terço resíduos de fontes residenciais. Cerca de 77% dos resíduos eram enviados para aterros ou incineradoras, enquanto somente 23% eram desviados da eliminação. Cada município utiliza uma combinação única de elementos das quatro chaves para o sucesso no desvio de resíduos, que são: parcerias e colaboração, opções convenientes, política e legislação, e de educação e promoção (INFRAGUIDE, 2009).

O autor supracitado afirma que os principais municípios canadenses estão alcançando taxas de desvio de resíduos dos aterros sanitários superiores à média nacional de 22%, chegando a mais de 50%. Um exemplo de sucesso é a cidade Sherbrooke localizada na província de Quebec. Este município possui 150.000 habitantes, e destaca-se por apresentar uma taxa de 54% de desvio dos resíduos residenciais; possuir um programa de coleta seletiva sazonal de resíduos de madeira; prestar serviço de coleta municipal de reciclagem em pequenas instituições, varejistas e indústrias; e desviar cerca de 100 toneladas de material reciclável por ano, envolvendo cerca de 230 organizações.

Sherbrooke tem um grupo de empresas locais parceiras que oferecem produtos orgânicos, feira comercial e serviços, incluindo as empresas que recolhem embalagens usadas de seus produtos para reciclagem (INFRAGUIDE, 2009).

Em relação à gestão de resíduos foi adotado um sistema com três recipientes de 360 litros para famílias de até 4 pessoas. O sistema é operado por uma empresa de reciclagem do setor privado, e toda coleta é executada de forma automatizada. Em serviços para pequenas instituições, varejistas e indústrias há um custo de US\$ 100 e US\$ 300 por ano. Os resíduos de jardinagem são coletados por quatro semanas no outono em sacos de papel e dispostos para compostagem. O município possui dois eco-centros para reciclagem e depósito de resíduos perigosos (INFRAGUIDE, 2009).

Kumasi é a segunda maior cidade de Gana, com aproximadamente 2 milhões de habitantes, apresentando um crescimento de 5,47% ao ano. A estimativa de geração de RSU é de 0,6 kg/dia por habitante. Em 2006 foram geradas 365.000 toneladas de resíduos, com taxa de coleta de 85%, sendo feita de porta em porta e em pontos de entrega voluntária. A composição desses resíduos é de 64% de matéria orgânica, 22% de materiais inertes, 8% de plástico, vidros, papel e metal, e 6% de madeiras e materiais têxteis. A deposição final dos resíduos é realizada em um aterro sanitário de gestão privada ou em um lixão a céu aberto administrado pela prefeitura. A operação do aterro custa US\$ 250.000 ao mês, sendo 95% desse custo de responsabilidade da administração pública. O custo anual de gerenciamento de resíduos é aproximadamente US\$7,2 milhões. O município não possui plano de gestão de resíduos, assim as ações de reciclagem e reutilização são executadas informalmente, e praticamente não contribuem para a gestão de resíduos no município (ASASE et al., 2009).

A China é um país que apresenta graves problemas na gestão do RSU. Aproximadamente 208 milhões de habitantes residentes em 666 municípios, dos mais de 1,2 bilhões de chineses, geram cerca de 140 milhões de toneladas de RSU por ano. Anterior à década de 80, praticamente todos os resíduos gerados eram depositados em lixões. A partir dos anos 90, houve um pequeno avanço tecnológico na gestão de resíduos, envolvendo tecnologias de recuperação, projetos de aterros sanitários e aumento da reciclagem. Os catadores são responsáveis pela pequena quantidade de resíduos reciclados, coletados na origem ou no local de deposição. Contudo, o principal método de gestão de RSU continua sendo a deposição em aterros sanitários, com um índice de 70% dos resíduos, a compostagem chega a 20%, sendo mecânica ou simples de alta temperatura, seguida da incineração com apenas 2%, esta percentagem deve-se ao pequeno número, aproximadamente 10 incineradores em todo país. Outro problema surge na gestão de resíduos sólidos industriais, devido a

investimentos inadequados, com técnicas ultrapassadas, agregados à baixa escolaridade dos envolvidos (INTERNATIONAL WASTENEWS, 2004 apud WILLIAMS, 2005).

Wani & Ahmad (2013) relata que o município de Srinagar, na Índia, com população de 1,2 milhões de habitantes, segundo censo de 2011, apresenta graves problemas na gestão de resíduos sólidos, originados pela rápida urbanização, turismo, indústria, falta de recursos e administração deficiente. Neste município os resíduos sólidos domiciliares são jogados próximos às casas em lugares abertos, a coleta desses resíduos é feita manualmente, com a utilização de carrinhos de mão para transporte até os 519 pontos de coleta. Este trabalho é realizado por 2238 pessoas, divididas em 34 grupos, sendo 1826 do sexo masculino e 412 do sexo feminino.

Para coleta de resíduos sólidos são disponibilizados 400 pontos de coleta distribuídos nas ruas e terrenos baldios pela cidade, 112 contêineres, com capacidade de 2 toneladas cada, que estão localizados principalmente ao longo das estradas e centros comerciais. Na região central da cidade existem sete galpões para resíduos, de 5 a 7 toneladas. São geradas 370 toneladas ao dia de resíduos sólidos, e somente 250 toneladas são coletadas devido à falta de infraestrutura. O único local para deposição final de resíduos sólidos no município, com área de 34 hectares, recebe todos os resíduos produzidos desde 1987 (WANI & AHMAD, 2013).

Devido à inadequada gestão de resíduos em Srinagar, o autor supracitado menciona a não separação de resíduos na fonte, a queima de RSU, disposição em estradas, ruas e depósitos a céu aberto como principais problemas na gestão de resíduos. Portanto, surgem consequências como lesões em catadores ocasionadas por artigos de metal afiados, vidro e plásticos, demora na captação de resíduos, propagação de doenças, poluição atmosférica e contaminação das águas.

Marshall (2013) em sua pesquisa evidenciou a relação entre o bem-estar dos municípios, a má gestão de resíduos e a superpopulação de cães. Entre os trabalhos do autor, destaca-se o estudo do município de Todos Santos, com aproximadamente 34 mil habitantes, localizado na Guatemala, que recebeu em 2011 uma equipe para investigação de sua forma de gestão de resíduos sólidos. Esse município possui maior altitude entre os da região, e localiza-se às margens do rio Limon, onde são depositados resíduos de forma irregular. Problemas ambientais podem ser ampliados em caso de contaminação das águas, afetando as comunidades dependentes desse rio.

O resíduo é colocado nas ruas pelos moradores; dois funcionários da prefeitura aglomeram os resíduos em locais específicos para coleta, que ocorre semanalmente por um caminhão, somente na região central da cidade. Os resíduos são levados para o município de

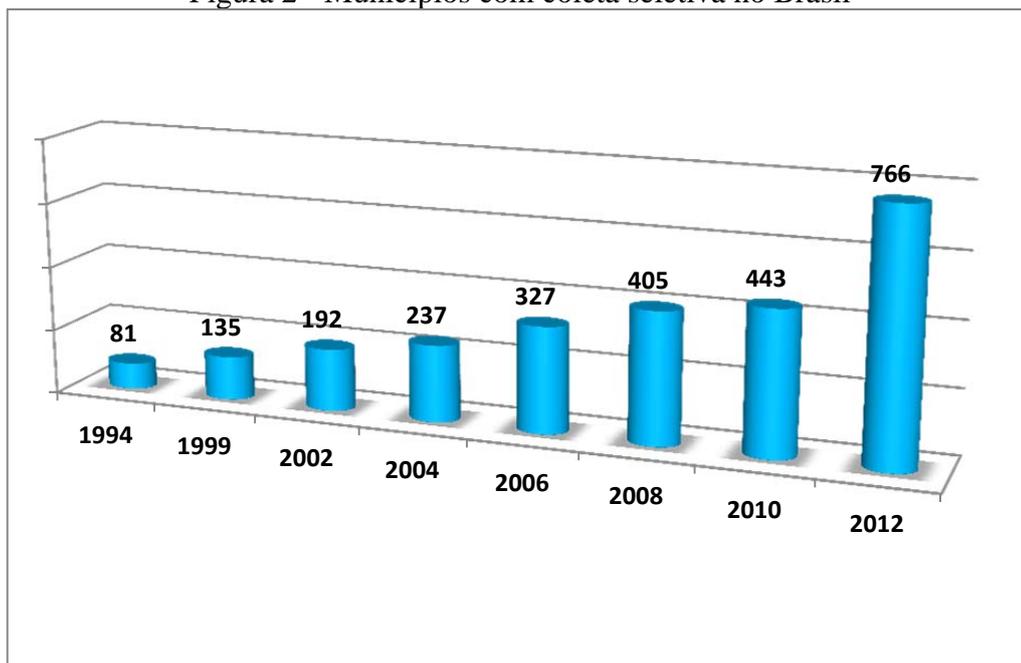
Xela, o mais próximo que possui sistema de reciclagem, situado a 130 km de distância de Todos Santos. O caminhão responsável pelo transporte dos resíduos leva em torno de 5 horas, devido a dificuldades no percurso sinuoso (MARSHALL, 2013).

Diversos problemas estão relacionados à gestão dos resíduos, como a presença de vetores incluindo urubus, cães, gatos e baratas, entre outros, que se alimentam dos resíduos depositados nas ruas e no lixão. Outro problema está relacionado ao matadouro próximo ao centro da cidade, com edificação de alvenaria e chão de terra. Resíduos dos animais abatidos são encontrados por todo lugar no abatedouro, restos de animais são descartados no esgoto que está ligado ao rio. O autor supracitado relata que a má gestão dos resíduos sólidos está associada a diversos problemas de saúde, como inflamação nos olhos e na pele, diarreias, infecção urinária, infecção bacteriana intestinal, infecção respiratória aguda, problemas gastrointestinais e desintéria amebiana.

2.2.4 Gestão de Resíduos Sólidos no Contexto Nacional

No Brasil em 1991, 81 municípios tinham um programa de coleta seletiva, passando para 443 em 2010, um índice equivalente a 8% do total. Já em 2012, esse número aumentou para 766, representando um crescimento de aproximadamente 6% a mais de municípios em relação a 2010 (CEMPRE, 2012). A figura 2 apresenta o progresso da coleta seletiva no Brasil.

Figura 2 - Municípios com coleta seletiva no Brasil

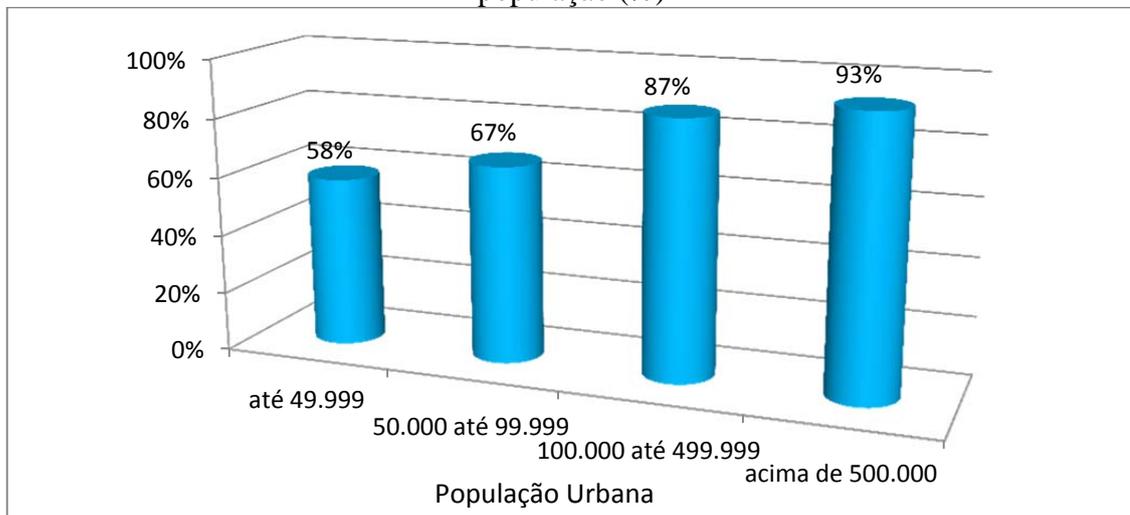


Fonte: CEMPRE (2012)

Os percentuais de municípios que aderiram à coleta seletiva no Brasil, apresentados na figura 2, expõem o crescimento gradativo desse processo até o ano de 2010, com um aumento acelerado em 2012.

A coleta de RSU chega a 90,2% dos municípios no Brasil em 2012. Entretanto, as iniciativas de coleta seletiva abrangem 3.326 municípios de um total de 5.565, um equivalente a 59,8% (ABRELPE, 2012). Os percentuais de iniciativas de coleta seletiva por grupos de municípios classificados por faixas de população podem ser analisados na figura 3.

Figura 3 - Iniciativas de coleta seletiva por grupos de municípios classificados por faixas de população (%)



Fonte: ABRELPE (2012)

Percebe-se um maior índice das iniciativas de coleta seletiva nos grupos de municípios com maior número populacional. Na esfera de municípios com até 49.999 habitantes somente 58% destes apresentam iniciativas de coleta seletiva. Já no conjunto de municípios com população acima de 500.000 habitantes esse percentual atinge 93%.

O índice de municípios com iniciativa de coleta seletiva no Brasil distribuídos por região é apresentado na figura 4. Nesta questão, a região sudeste lidera com 80,5%, seguida pela região sul com 79,5%, norte 47,4%, nordeste 37,8%, e em último a região centro-oeste com 31,8% dos municípios (ABRELPE, 2012).

Figura 4 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva (%)



Fonte: ABRELPE (2012)

Nota-se uma proximidade de algumas regiões no percentual de municípios com iniciativas de coleta seletiva. Neste processo apenas 1% separa o sul do sudeste, os quais apresentam um índice de aproximadamente 80% dos municípios em cada região. O Centro-oeste, nordeste e norte abrangem entre 30 e 50% dos municípios por região.

Conforme a figura 5, 48% do serviço de coleta é prestado pela prefeitura e somente 26% por empresas particulares. As cooperativas de catadores são apoiadas por 65% da população, quando assumem o posto de agentes executoras da coleta seletiva.

Figura 5 - Agentes executores da coleta seletiva

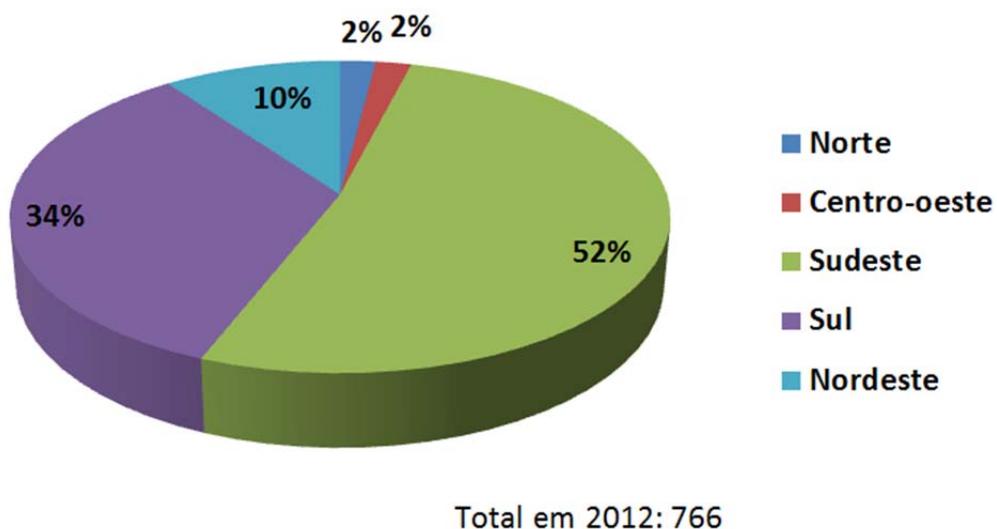


Fonte: CEMPRE (2012)

A figura 5 apresenta as prefeituras como principais agentes executoras da coleta seletiva nos municípios, seguidas por empresas particulares. Ao executarem a coleta seletiva, as cooperativas de catadores recebem apoio da maioria da população, mostrando a preocupação ambiental e social dos municípios.

Com base nos dados do CEMPRE (2012), o custo médio da coleta seletiva nas grandes cidades é de US\$ 212,00/t, equivalente a R\$ 430,36 estando o dólar cotado a R\$ 2,03. Este valor corresponde a quatro vezes a coleta regular. A distribuição de municípios por região em relação à coleta seletiva é apresentada na figura 6, destacando a localização de 52% desses municípios na região sudeste, seguido da região sul com 34%; e o norte e o centro-oeste estão empatados em último com apenas 2% dos municípios.

Figura 6 – Regionalização dos municípios com coleta seletiva no Brasil



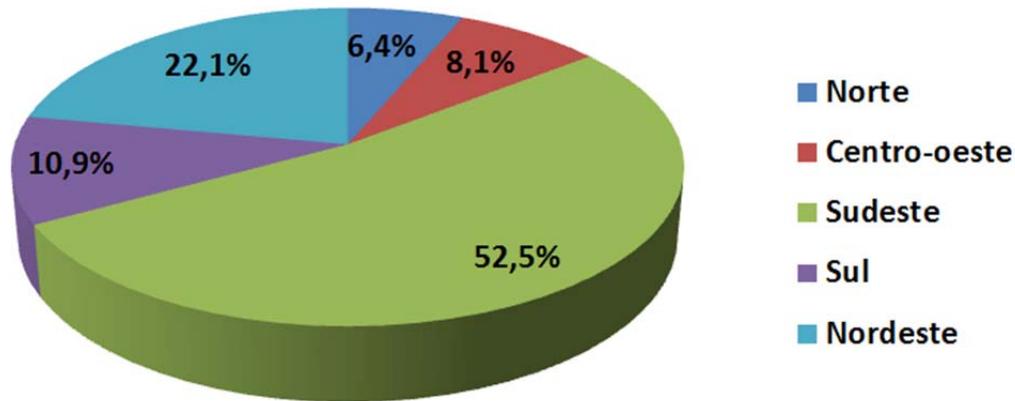
Fonte: CEMPRE (2012)

Os índices de municípios executores da coleta seletiva, classificados por região conforme figura 6, expõem a disparidade regional desse processo. Considerando 766 envolvidos com a coleta seletiva no Brasil, aproximadamente 398 estão localizados na região Sudeste, e apenas 16 no centro-oeste e 16 no norte.

Segundo pesquisa da Abrelpe (2012), a coleta de RSU aumentou de 177.995 toneladas ao dia em 2011 para 181.288 toneladas ao dia em 2012 no Brasil. O crescimento ocorreu em todas as regiões, com destaque para a região sudeste correspondente a 52,5% dos RSU coletados, e também por proporcionar maior índice de abrangência dos serviços de

coleta do país. A figura 7 exibe a distribuição da quantidade total de RSU coletados em percentual.

Figura 7 - Distribuição da quantidade total de RSU coletados em percentual



Fonte: ABRELPE (2012)

O gráfico detalhado na figura 7 destaca a disparidade da região sudeste em relação às demais regiões do país, pois, apresenta mais que o dobro do percentual de RSU coletados que a região nordeste, segunda colocada com 22,1%, e praticamente cinco vezes mais que o sul em terceiro com 10,9%. Nas duas últimas posições estão o centro-oeste com 8,1% e o Norte com 6,4%. Na análise desses indicadores deve ser considerado o número de habitantes por região, pois tem relação direta com os índices de RSU coletados.

Na maioria dos municípios brasileiros a administração pública tem priorizado a coleta de RSU, principalmente em centros maiores, em que elementos como plástico, papel, vidro e metal recebem maior atenção pela sua importância na reciclagem. A disposição final muitas vezes é deixada em segundo plano, sendo executada de forma inadequada (CEMPRE, 2012).

No ano de 2012, 3.352 municípios utilizaram locais impróprios para destinação final dos resíduos sólidos coletados, isso equivale a 60,2% do total. Estes municípios estão localizados em todos os estados brasileiros, conseqüentemente a destinação inadequada de RSU abrange todas as regiões do país (ABRELPE, 2012).

Como um exemplo de sucesso na Gestão de Resíduos Sólidos pode ser citado o caso de Londrina, no Paraná, município em que a coleta seletiva vem ganhando destaque pela agilidade da sua implantação, participação de muitos catadores organizados em cooperativas, alta taxa de coleta seletiva alcançada e pela mudança na gestão de resíduos sólidos. A coleta seletiva iniciou em 1996, sob a responsabilidade da prefeitura, seguindo o modelo de coleta

porta a porta com uma abrangência de dez mil residências. Esse processo foi evoluindo gradativamente com a participação de ONGs a partir de 2001. Inicialmente os resíduos sólidos eram armazenados em locais específicos, sendo transportados por veículos da prefeitura até os locais de triagem. Segundo dados de 2005, eram coletados e comercializadas 90 toneladas ao dia, e dispostas no aterro 307 toneladas. Uma taxa de recuperação de materiais recicláveis de aproximadamente 22%, percentual considerado alto para padrões brasileiros e países da América Latina (CORNIERI, 2011).

A cidade de São Paulo gera aproximadamente 12 mil toneladas de RSU ao dia, com população superior a 11 milhões (IBGE, 2012). Neste município foi implantado o programa coleta seletiva solidária, que envolve a administração pública e as cooperativas de catadores. O projeto prevê, sob a administração das cooperativas de catadores, a instalação de centrais de triagem com esteira, prensa, balança e veículos para coleta dos resíduos. Para que se tenha sucesso neste processo, são ministrados cursos e realizadas reuniões com representantes da administração pública municipal (ROMANI, 2004). No município existe uma política de gestão de RSU com a participação de catadores, em 2004 a coleta alcançou 45% da área da urbana e 35% dos habitantes. Devido a dificuldades administrativas esses índices diminuíram (JACOBI, 2006).

2.3 Normas Técnicas e Políticas Públicas Referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos

No Brasil, os resíduos sólidos são tratados por diversas leis, normas, resoluções e decretos. A Constituição de 1988 estabelece que a responsabilidade de proteger o meio ambiente e combater a poluição é de responsabilidade da União, Estados, Distrito Federal e dos Municípios. Também situa a necessidade da fiscalização e ações referentes à poluição por meio dos resíduos sólidos (BRASIL, 1988).

A Lei Federal nº. 9.795 de 1999 dispõe sobre a educação ambiental, estabelece a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. No art. 1º define-se educação ambiental como procedimentos em que as pessoas estabelecem valores sociais, habilidades, conhecimentos, atitudes e competências visando à conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. No art.6º a Política Nacional de Educação Ambiental é instituída, e no art. 7º é destacada a abrangência dessa política, citando os órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, os órgãos públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos

Municípios, e organizações não-governamentais com atuação em educação ambiental (BRASIL, 1999a).

O Decreto Federal nº 5.940 de 2006 instituiu a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta na fonte geradora, e sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2006).

A Lei Federal nº 11.445 de 2007 constitui as diretrizes nacionais para o saneamento básico, no seu Art. 6º, define que o lixo originário de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano. No artigo seguinte são determinadas como funções da administração pública os serviços de limpeza urbana e manejos de RSU (BRASIL, 2007).

Segundo Brasil (2010), a Lei Federal nº 12.305 de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. No art. 10 é delegada aos municípios a GIRS gerados em seus respectivos territórios. A elaboração de planos municipais para GIRS, segundo o art. 18 é pré-requisito para os municípios obterem recursos da união nessa área. Portanto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos visa disponibilizar um modelo normativo a nível nacional, a fim de padronizar as leis estaduais e municipais complementares às leis federais.

A Lei Estadual nº 9.921 de 1993 dispõe sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. O art. 1º define necessidade da segregação dos resíduos sólidos na origem, objetivando seu reaproveitamento otimizado, enfatizando a responsabilidade de toda a sociedade e a implantação gradativa nos municípios, mediante programas educacionais e projetos de sistemas de coleta segregativa (RIO GRANDE DO SUL, 1993).

Na Resolução CONSEMA nº. 017 de 2001 do Conselho Estadual do Meio Ambiente, segundo Rio Grande do Sul (2001) as ações de saneamento ambiental implicam em medidas que garantam a adequada ocupação do solo urbano, envolvendo o abastecimento de água, gerenciamento de resíduos sólidos, esgotamento sanitário, obras de drenagem urbana, controle de vetores e focos de doenças transmissíveis, e ainda num conceito mais amplo a melhoria das condições de habitação e a educação ambiental. Portanto, a partir da diretriz de estabelecimento do saneamento ambiental no município, devem ser desenvolvidos programas específicos relacionados aos itens citados.

O quadro 3 apresenta algumas normas técnicas e resoluções relacionadas a RSU:

Quadro 3: Normas técnicas e resoluções sobre RSU

Normas / Resoluções	Conteúdo
NBR 8419 de 1992	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos
NBR 8849 de 1985	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos
NBR 9190 de 1993	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Classificação
NBR 9191 de 1993	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Especificação
NBR 10004 de 2004	Resíduos sólidos urbanos – Classificação
NBR 10005 de 2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
NBR 10006 de 2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
NBR 10007 de 2004	Amostragem de resíduos sólidos
NBR 11174 de 1990	Armazenamento de resíduos classe II- não inertes e classe III – inertes
NBR 12980 de 1995	Coleta de resíduos sólidos
NBR 13055 de 1993	Sacos plásticos para armazenamento de lixo – Determinação da capacidade volumétrica
NBR 13221 de 2003	Transporte de resíduos – Procedimentos
NBR 13463 de 1995	Coleta de resíduos sólidos – Classificação
Resolução CONAMA nº257 de 1999	Trata da disposição final adequada de pilhas e baterias
Resolução CONAMA nº275 de 2001	Dispõe sobre a coleta seletiva de resíduos sólidos

Fonte: Adaptado das normas e resoluções (2012)

As resoluções e normas técnicas sobre RSU citadas no quadro 3 estão relacionadas a aterros sanitários, classificação e especificação de sacolas plásticas para acondicionamento de resíduos, classificação, armazenagem, coleta e transporte de resíduos, além de coleta seletiva de resíduos sólidos, entre outros.

A Lei Orgânica do Município de Passo Fundo de 1990, na Seção V do Saneamento, pertencente ao Capítulo II da Ordem Social, no art. 190 define a criação do programa de saneamento urbano e rural, sob a responsabilidade do Município e Estado com participação da comunidade, objetivando promover a defesa da saúde pública, respeitando os limites ambientais. A implantação desse programa de saneamento, segundo art. 191, compete ao Município e Estado, respeitando as premissas do plano diretor da cidade. No artigo seguinte o saneamento básico é determinado serviço público essencial com abrangência municipal, com ações na saúde e meio ambiente de forma preventiva. A política e o planejamento de ações de saneamento básico, com base no art. 193 devem ser estabelecidos pelo município (PASSO FUNDO, 1990).

Segundo Gomes (2011), a SMAM, desenvolveu o Plano Ambiental Municipal de Passo Fundo, envolvendo os aspectos ambientais de maior importância, capazes de habilitar o Município para a realização do licenciamento ambiental e intensificar sua fiscalização,

monitorando o uso de seus recursos naturais de forma sustentável, visando melhorar a qualidade de vida dos munícipes.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) do Município de Passo Fundo foi instituído pela Lei Complementar nº 170 de 2006. O art. 29, sobre a gestão da infraestrutura municipal e saneamento ambiental, visa aperfeiçoar o sistema de gestão de resíduos sólidos. A implementação das diretrizes será realizada por meio da criação do Plano Municipal de Infraestrutura e plano municipal de saneamento básico, que envolverá de maneira integrada (PASSO FUNDO, 2006):

- a) esgotamento sanitário;
- b) drenagem urbana;
- c) resíduos sólidos;
- d) limpeza urbana;
- e) iluminação pública;
- f) abastecimento de água;
- g) energia elétrica.

O Decreto Municipal nº 32 de 2010, com base em Passo Fundo (2010) institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública municipal direta e indireta, na fonte geradora, e sua destinação às associações ou cooperativas dos catadores de materiais recicláveis do município. Portanto, estarão habilitadas as cooperativas ou associações de catadores com os seguintes requisitos: que sejam formal e exclusivamente constituídas por catadores de materiais recicláveis que tenham a catação como a única fonte de renda; que não possuam fins lucrativos; que possuem infraestrutura para realizar a triagem e a classificação dos resíduos recicláveis descartados; e que apresentam o sistema de rateio entre os associados e cooperados.

A Lei Municipal nº 4.969, de 03 de janeiro de 2013,

[...] institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos do Município de Passo Fundo/RS, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A Política Municipal de Resíduos Sólidos agrega a Política Municipal de Meio Ambiente e vincula-se à Política Municipal de Saneamento Básico e Ambiental, Estadual e Nacional. Entre os princípios da Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo

estão: a prevenção, precaução e educação; o poluidor-pagador; o desenvolvimento sustentável; a colaboração entre órgãos públicos, empresas e a sociedade; a visão sistêmica na gestão de resíduos; o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; a ecoeficiência; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; e o direito da sociedade à informação, participação e ao controle social (PASSO FUNDO, 2013).

No Art. 6º da Lei Municipal Nº 4.969 estão relacionados os objetivos da Política Municipal de Resíduos Sólidos; entre eles estão:

- a) proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- b) não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- c) estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- d) adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- e) redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- f) incentivo à indústria da reciclagem;
- g) GIRS;
- h) articulação entre órgãos públicos, empresas e sociedade, objetivando à colaboração técnica e financeira para a GIRS;
- i) capacitação técnica sistemática e continuada na área de resíduos sólidos;
- j) integração e valorização profissional dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- k) estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável;
- l) promover a (in) formação junto a sociedade em geral por meio de campanhas de conscientização e aprendizado, objetivando o seu compromisso e responsabilidade na preservação ambiental e sustentabilidade (PASSO FUNDO, 2013).

2.4 Sistemas de Informação

2.4.1 Definições e Conceitos

Os sistemas de informação estão evoluindo rapidamente, acompanhando as tecnologias e o mercado. As empresas podem ser gerenciadas a distância, mesmo que parcialmente, por meio de *Smartphones*, *Tablets* ou simplesmente utilizando um computador com acesso à internet. A utilização da rede mundial de computadores com um sistema de comunicação eficiente reduziram drasticamente os custos operacionais e gerenciais das organizações.

Stair & Reynolds (2011) relata que a economia pode ser considerada informatizada, e que os produtos muitas vezes são a própria informação. A utilização de sistemas informatizados aumenta gradativamente para gerar, armazenar e transferir informações. Isso se deve a sua necessidade econômica e administrativa.

O autor afirma que dados são formados de fatos crus, possuindo pouco valor além da sua existência, como por exemplo, o número de itens de uma nota fiscal, total de horas trabalhadas por um funcionário em um mês. A partir do momento que esses dados são estruturados de forma significativa, eles se transformam em informação. Portanto, informação pode ser conceituada como um grupo de dados estruturados da maneira que possuem um valor adicional, além do valor dos dados individuais. Por exemplo, os gerentes de vendas podem acreditar que conhecer mensalmente o valor total de vendas presta-se mais aos seus propósitos do que conhecer o número de vendas de cada representante de vendas. O tipo da informação gerada depende das relações definidas entre os dados existentes. O valor da informação está intrinsecamente ligado à forma como ela auxilia os tomadores de decisões a alcançar as metas da organização.

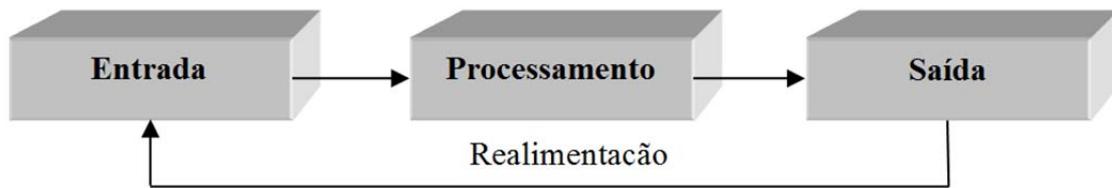
Um sistema de informação é definido tecnicamente por Laudon & Laudon(2011, p. 12) como:

[...] um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização.

Com base no conceito do autor, um sistema de informação recebe dados do usuário, lidos em um banco de dados (entrada), reorganiza ou transforma-os em informação

significativa (processamento), que podem ser armazenados ou transferidos ao usuário (saída), servindo como apoio à coordenação e controle organizacional e também na tomada de decisões; essa estrutura é apresentada na figura 8. Os sistemas de informação podem conter informações sobre pessoas, locais, valores e itens significativos para a organização, amparando seus usuários e gestores na análise de situações complexas, e até na criação de novos produtos.

Figura 8 – Componentes de um sistema de informação



Fonte: adaptada de Laudon & Laudon (2011); Stair & Reynolds (2011)

Entre os inúmeros benefícios de um sistema de informação estão a melhora no acesso às informações, a qualidade da decisão e a diminuição da complexidade dos problemas, os quais auxiliam as organizações a alcançarem seus objetivos de forma rápida e eficiente, facilitar o processo de tomada de decisões e resolução de problemas (STAIR & REYNOLDS, 2011).

O processo de desenvolvimento de um sistema de informação segundo Wazlawick (2004) é dividido em quatro etapas, iniciando pela análise, projeto, implementação e testes. A análise deve estar focada na investigação do problema, visando descobrir as necessidades do cliente a serem supridas pelo sistema. O autor supracitado ressalta a importância de um bom método de trabalho para que a análise possa ser realizada com maior precisão e em menor tempo. Nessa etapa, iniciada com o levantamento de requisitos é fundamental para o correto desenvolvimento do sistema de informação. Portanto, no primeiro contato com o cliente o objetivo é compreender de forma abrangente o que será o sistema, e identificar as pessoas e setores envolvidos. Passando então para o processo detalhado de levantamento de requisitos e estruturação dos dados obtidos.

Na fase de projeto desenvolve-se uma proposta de solução para atender as necessidades do cliente com base nos conhecimentos adquiridos na fase de análise. Assim, o projeto deve ser fidedigno aos requisitos obtidos no processo de levantamento de requisitos. O processo de codificação ou geração de código do sistema é chamado implementação, o qual é seguido da fase de teste, em que se verificam se os componentes gerados atendem as

especificações do projetista e aos testes de caso de uso, que visam a verificar a adequação do sistema aos requisitos inicialmente levantados (WAZLAWICK, 2004).

2.4.2 Aplicações na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

Na gestão integrada de RSU existem inúmeros trabalhos científicos, em diversos níveis acadêmicos. Porém, no âmbito da tecnologia da informação, as pesquisas existentes são em menor número, destacando-se principalmente os sistemas de informação para gestão integrada de RSU utilizados como apoio à tomada de decisão, referentes a aterros sanitários, custos operacionais e controles gerenciais; e sistemas de informação geográfica (SIG) para gestão de RSU, empregados na otimização da coleta e transporte de resíduos e seleção de aterros sanitários, entre outros.

O Software para Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Domiciliares (SIMGERE) é apresentado por Massukado (2006), como uma ferramenta para análise de diferentes cenários de gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares, servindo como um sistema de apoio à decisão. Este software tem por objetivo assessorar a gestão pública de pequenos e médios municípios na avaliação de cenários, por meio da comparação da vida útil do aterro sanitário e dos custos operacionais referentes a cada cenário, expondo as possíveis implicações a partir de possíveis mudanças nas estratégias administrativas. Ele também pode ser utilizado por pesquisadores, professores e alunos, com a finalidade de aprendizagem. Para o correto funcionamento do SIMGERE, o software deve ser alimentado com diversos dados, como a produção atual de resíduos, a existência de coleta seletiva, o custo para coleta e transporte e o custo para disposição de resíduos. Assim, disponibilizará projeções do crescimento da população, produção de resíduos, volume anual ocupado no aterro sanitário, custos operacionais e da receita obtida com a venda dos resíduos recicláveis.

Este mesmo autor relata que o SIMGERE avalia somente resíduos sólidos domiciliares, abrangendo apenas algumas tecnologias de tratamentos, não considerando a incineração e a vermicompostagem, além de não registrar a redução de resíduos e atividades de reutilização, não aferir a energia e emissões associadas com os diferentes tipos de tratamento. O autor finaliza enfatizando que o software foi desenvolvido para fornecer uma orientação básica aos administradores em relação às consequências a cada cenário simulado.

Os SIGs para gestão de RSU, fornecem procedimentos para otimização da coleta de resíduos e seu respectivo sistema de transporte. Como exemplo de município que utiliza SIG, com base de dados reais, pode ser citado o município de Nikea, em Atenas, na Grécia. Essa

metodologia incide em realocar os recipientes de coleta de resíduos, bem como a reformulação da coleta através da otimização de roteamento, utilizando SIG. Os benefícios desse processo são aferidos em termos de diminuição de tempo de coleta, a distância percorrida e custos financeiros e ambientais do sistema de coleta sugerido (CHALKIAS & LASARIDI, 2011).

Segundo o autor, os SIG têm sido utilizados eficientemente em diversas áreas, como o planejamento de serviços públicos urbanos, transportes, gestão e proteção dos recursos naturais, geologia, prevenção de desastres naturais, e vários aspectos da modelagem ambiental e engenharia. É destacada a aplicação do SIG na gestão de resíduos sólidos, nas áreas de implantação de aterros sanitários e otimização da coleta e transporte de resíduos. Essa metodologia é considerada uma abordagem promissora para automatizar o processo de planejamento e gestão de resíduos sólidos urbanos.

A pesquisa de Ornellas (2011) ressalta a vasta utilização dos SIG na gestão dos RSU, especialmente na definição de rotas de coleta, disposição final de resíduos, no gerenciamento dos recursos relacionados a essas etapas da gestão de RSU, seleção de locais com potencial para a implantação de aterros sanitários e também na definição de locais para instalação dos pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis. Assim, os administradores responsáveis pela gestão pública de resíduos dispõem de parâmetros que auxiliam adequadamente na tomada de decisão. Portanto, o banco de dados do SIG disponibiliza dados que podem ser consultados, transformados, alterados, servindo como uma base de testes no estudo dos processos ambientais, para análise do resultado de tendências, ou para prever possíveis resultados de decisões de planejamento.

Borza et al (2012) apresenta um modelo para simplificar e agilizar a gestão de resíduos no município de Sibiu na Romênia. Entre os objetivos do trabalho estão: organizar e apoiar programas de educação ambiental; disponibilizar sistemas de informação para gestão de resíduos; melhorar o sistema de coleta, processamento, análise e validação de dados e informação relacionados à geração e gestão de resíduos; instigar o comércio de resíduos recicláveis de maneira viável.

A pesquisa de Borza et al (2012) teve início com averiguação da atual gestão de resíduos no município, onde foram levados em conta indicadores de desempenho ambiental para custos e serviços, processo de indicadores gerais e fatores externos que possam afetar o desempenho do sistema. Os autores destacam melhorias no processo de gestão de resíduos com a utilização de técnicas de geoprocessamento no tratamento e análise de dados. Também propuseram tratamento dos dados obtidos na averiguação através do software GeoMedia,

utilizado para visualização de dados espaciais. Este procedimento facilita a análise e obtenção de dados de forma ágil e segura, relacionados a pontos de coleta seletiva, distância entre esses pontos e quantidade de resíduos coletados em cada local. O artigo evidenciou os benefícios da utilização do SIG na gestão de resíduos focado na análise espacial de dados sobre as vias de acesso e a situação dessas vias em relação aos resíduos; a manutenção de banco de dados relacionais com dados espaciais fornece dados atualizados de forma ágil, interativa e precisa sobre a gestão de resíduos em Sibiu; e a possibilidade de evitar erros com utilização do SIG devido a deficiências na área de planejamento.

O artigo apresentado por Ghose et al (2006) relaciona o rápido crescimento populacional das cidades indianas com as deficiências nos serviços de infraestrutura, como esgotamento sanitário, abastecimento de água e manejo de resíduos sólidos. Em função disso e dos grandes gastos do poder público com a coleta de resíduos sólidos, o processo de gestão de resíduos tem sido ressaltado, focando em áreas como otimização das rotas na coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos.

No trabalho dos autores supracitados é exposto um modelo de transporte baseado no SIG para disposição de resíduos sólidos no município de Asansol, na Índia. Este sistema deve gerenciar o armazenamento, coleta e destinação de resíduos sólidos deste município. O SIG para disposição de resíduos envolve o planejamento de contêineres para acondicionamento dos resíduos, veículos para coleta e roteamento otimizado. Este modelo deve conectar-se a um banco de dados espacial com informações sobre a localização da garagem dos veículos, rede viária, locais de acondicionamento dos resíduos e aterro sanitário. Também devem ser levados em conta informações como tipo das vias, veículos utilizados na coleta, densidade populacional e capacidade de geração de lixo. Assim, o SIG deve disponibilizar um modelo de roteamento otimizado que determine o melhor caminho desde a coleta até o aterro sanitário, visando menor caminho e custo de transporte.

O modelo proposto pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio à decisão para os gestores municipais, objetivando melhorar a gestão do transporte de resíduos sólidos, consumo de combustível, balanceamento de carga nos veículos e horários de trabalho dos colaboradores e veículos.

Segundo Abou Najm & El-Fadel (2004) o planejando de uma estratégia regional de gestão de resíduos pode ser uma etapa crítica, resultando em um ineficiente sistema de GIRS. Os responsáveis pela gestão de resíduos enfrentam o aumento da complexidade, incerteza, subjetividade e a multi-objetividade da GIRS. Portanto, esse processo de gerenciamento deve seguir uma abordagem científica e sistemática para melhorar a qualidade na tomada de

decisões. Assim, os gestores seguem modelos de otimização para analisar impactos, operação, limitações de capacidade, alternativas na seleção de custos e alternativas ambientalmente sustentáveis na gestão de resíduos.

Com base nestas informações, uma interface computadorizada foi apresentada visando à otimização da GIRS. Para isso, criou um modelo matemático de programação linear para ser utilizado na análise sistemática do problema na GIRS. A ferramenta foi desenvolvida utilizando os ambientes Visual Basic e Microsoft Excel. Esta aplicação considerada genérica gera matrizes para problemas de qualquer tamanho, associadas ao modelo de otimização. No entanto, uma restrição apresentada pelo modelo está relacionada ao número de colunas do Microsoft Excel, que identifica a quantidade de variáveis de decisão. O modelo foi testado utilizando dados de seis municípios de uma região do Líbano, com população estimada de 893 mil e geração de aproximadamente 624 toneladas de lixo por dia. Os resultados foram positivos e a ferramenta considerada eficaz, auxiliando os administradores na tomada de decisões na gestão de resíduos (ABOU NAJM & EL-FADEL, 2004).

Mais exemplos de aplicações de SI com ênfase na gestão de RSU podem ser examinados nas pesquisas de Rivera et al (2012) - um SIG com Semântica Ambiental para Gestão de Resíduos Sólidos; Brasileiro & Lacerda (2008) - análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares; Cabral (2012) - análise multicritério em Sistema de Informação Geográfica para a localização de aterros sanitários; Samizava et al (2008) – SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a caracterização do município de Passo Fundo, que serviu como base para o levantamento de requisitos, a classificação da pesquisa e o delineamento metodológico desenvolvido.

3.1 Caracterização do Município de Passo Fundo

O município de Passo Fundo, polo de desenvolvimento econômico na região, destaca-se também no Estado em termos de produção e renda, sendo o setor de serviços, atacadista e varejista os que agregam maior valor à produção municipal. Vale ressaltar a importância no âmbito da saúde, educação e industrial (PASSO FUNDO, 2008).

Passo Fundo está situado no Planalto Médio, na região Norte do Rio Grande do Sul, localizando-se na latitude 28° 15' 46" e longitude 52° 24' 24", com uma altitude de 687 metros acima do nível do mar (PASSO FUNDO, 2013a).

Segundo dados do IBGE (2012), censo no ano de 2010, Passo Fundo possui 184.826 habitantes, sendo 180.120 habitantes residentes na área urbana, em uma área territorial de 783,423 km², com densidade demográfica de 235,92 habitantes/km², contabiliza 61.744 domicílios particulares permanentes, e apresenta um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 19.887,14. A estrutura socioespacial do município caracteriza-se pela aglomeração urbana, diminuindo a área rural e resultando na predominância urbana.

Segundo Kalil (2008), o programa de coleta seletiva iniciou em Passo Fundo no ano de 2003, em algumas vilas e bairros. O centro da cidade passou a fazer parte do processo em 2005, alcançando a totalidade da área urbana em 2007. Esse programa está sob a responsabilidade da SMAM, sendo executado pela STSG e pela empresa pública Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo (CODEPAS).

A coleta de RSU em 2006 teve uma média mensal de 2.838,54 kg, chegando a 3.490,40 kg em 2010; esse aumento equivale a uma taxa de aproximadamente 5,5% ao ano. Além dessa quantidade, a partir de 2008 foram coletadas aproximadamente 400 t de resíduos recicláveis ao ano. Nos resíduos coletados, 52% são formados por matéria orgânica, e entre os demais resíduos destaca-se em 14% o plástico filme, plástico duro 9%, papel e papelão 6%, vidro 4%, metais 3%, tetra pak 2% e 10% outros materiais. No final de 2010, foram instalados

na região central da cidade 700 contêineres, preparados para coleta seletiva mecanizada de RSU (GOMES et al., 2012).

No município a coleta informal de recicláveis é realizada por aproximadamente 1.500 catadores, sendo 97% autônomos e somente 3% trabalham em cooperativas de catadores. A usina de triagem de resíduos recicláveis é operada por uma cooperativa de catadores. Os custos mensais com a limpeza urbana e os serviços de coleta, transporte e disposição final são de R\$ 650.000,00 ao mês para a prefeitura (GOMES et al., 2012).

3.2 Classificação da Pesquisa

As pesquisas podem ser classificadas levando-se em conta diversos fatores, como a área de conhecimento, a finalidade, os objetivos e os métodos empregados nas pesquisas. Esta pesquisa é classificada seguindo os critérios de Gil (2010).

Segundo Gil (2010), esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois será voltada à aquisição de conhecimentos com a finalidade de aplicação numa situação específica. A obtenção de dados está relacionada aos RSU do município em questão e a forma de gestão pública para com esses resíduos, tendo como escopo a análise e projeto de um sistema de informação computadorizado.

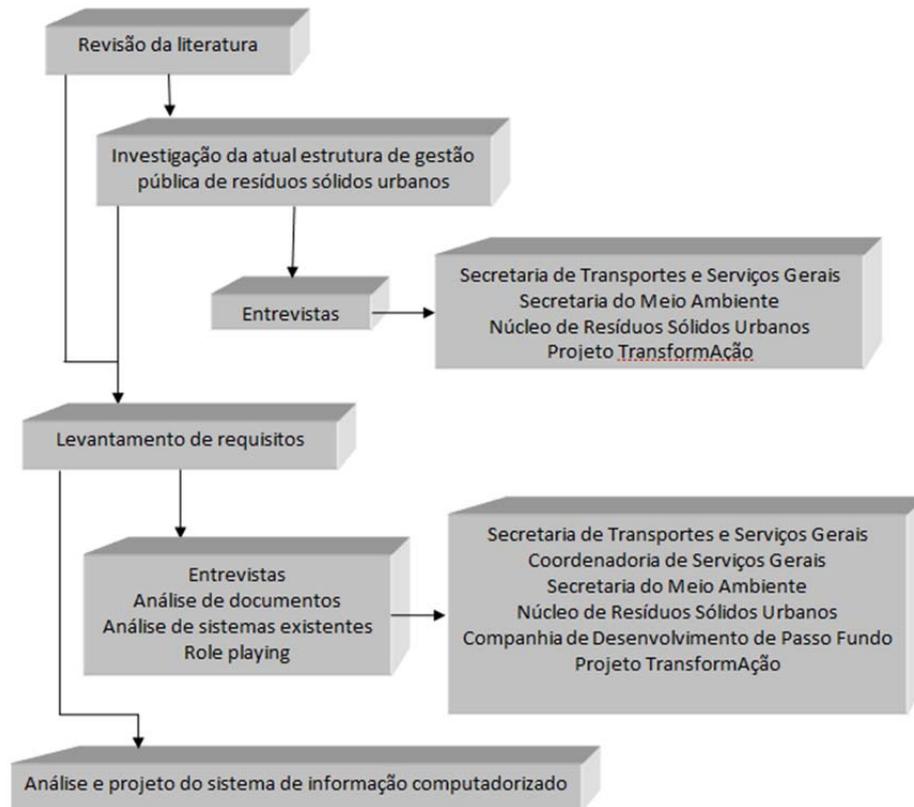
Outra classificação possível é a exploratória, por disponibilizar maior conhecimento e visibilidade na área de interesse, com a tendência a um projeto maleável, envolvendo diversos aspectos referentes à situação em estudo. A obtenção de dados abrange entrevista com pessoas relacionadas ao processo de gestão de resíduos, levantamento bibliográfico e análise de exemplos existentes que facilitam o entendimento deste processo (GIL, 2010).

3.3 Delineamento Metodológico

Para a concepção metodológica do projeto de um sistema de informação com foco na gestão integrada de RSU de municípios de pequeno e médio porte, partiu-se da necessidade de se fazer um estudo bibliográfico sobre o tema resíduos sólidos urbanos para a partir disto identificar os aspectos essenciais de um sistema de informação para gestão integrada de RSU, especialmente quanto ao atendimento a Lei Federal nº 12.305. Além disto, houve a necessidade de projetar a partir de situações reais, e neste caso, definiu-se o município de Passo Fundo, como base para extrair as informações empíricas para a identificação dos requisitos.

O trabalho foi desenvolvido em três etapas, divididas em estágios, iniciado pela identificação da atual estrutura de gestão pública de resíduos sólidos do município de Passo Fundo. Na etapa seguinte foi efetuado o levantamento de requisitos e a terceira etapa constituiu-se da análise e projeto do sistema de informação computadorizado. A Figura 9 apresenta a estrutura metodológica para o desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 9 – Estrutura metodológica para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

A estrutura metodológica utilizada no desenvolvimento da pesquisa, demonstrada na figura 9, é detalhada nas seções 3.3.1 Investigação da Atual Estrutura de Gestão Pública de RSU no Município de Passo Fundo; 3.3.2 Levantamento de Requisitos; e 3.3.3 Análise e Projeto do Sistema de Informação Computadorizado.

3.3.1 Investigação da Atual Estrutura da Gestão Pública de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Passo Fundo

Esta etapa é constituída por uma investigação para identificar e apresentar a atual estrutura da gestão pública de RSU do município de Passo Fundo. Em função disso, foram

identificados os setores e as respectivas pessoas envolvidas no processo administrativo e a forma de execução do mesmo. Vale ressaltar que houve o contato apenas com as pessoas relacionadas à gestão de resíduos.

Assim, este processo se desencadeou por entrevistas, sendo complementado por pesquisa bibliográfica. Este procedimento ocorreu inicialmente por meio de entrevistas com os responsáveis pela SMAM e a STSG. Na SMAM foi agendada uma reunião com o secretário do Meio Ambiente, com participação do engenheiro ambiental da Prefeitura. Neste encontro os dois participantes foram entrevistados sobre a gestão de RSU do município. Também foi entrevistada a coordenadora de Administração e Planejamento desta secretaria, responsável pelo Núcleo de Resíduos Sólidos Urbanos, resultando na identificação das atribuições da SMAM e setores subordinados responsáveis pela administração dos RSU do município.

Na entrevista com o secretário de Transportes e Serviços Gerais, seguindo com a mesma estrutura da entrevista aplicada a SMAM (apêndice A), obteve-se a identificação das coordenadorias e núcleos e seus respectivos responsáveis pela gestão de RSU.

Na investigação sobre a estrutura gerencial de RSU, além de elencar os interessados no sistema, deve-se priorizar a identificação das principais necessidades em relação ao sistema futuro (PRESSMAN, 1995).

3.3.2 Levantamento de Requisitos

Na segunda etapa foram analisados o arcabouço administrativo e os dados obtidos, servindo como auxílio na identificação dos requisitos. Com base nessas informações foi estruturada uma nova etapa para elencar os requisitos necessários para projetar o sistema de informação computadorizado. Isto ocorreu envolvendo todos os *stakeholders*, por meio de entrevistas, análises documentais e de sistemas existentes.

Entre os documentos analisados estão relatórios de pesagem de resíduos, listagens de dados sobre resíduos emitidas de planilhas eletrônicas, blocos de controle de quilometragem sobre a coleta seletiva, mapas contendo rotas da coleta de resíduos, regiões de abrangência da coleta e localização de contêineres. Também foi verificado o sistema de pesagem eletrônica

de caminhões junto à área de transbordo e planilhas eletrônicas utilizadas na SMAM e no Projeto Transformação¹.

Para melhor elucidar os requisitos, considerados incompletos foi aplicada a técnica de levantamento de requisitos *role playing* (LEFFINGWELL & WIDRIG, 2000), também conhecido como etnografia (SOMMERVILLE, 2011), muito útil quando o usuário não consegue identificar ou transmitir as informações necessárias para a identificação dos requisitos.

A técnica de levantamento de requisitos etnografia é apresentada por Sommerville (2011, p. 75) como:

Uma técnica de observação que pode ser usada para compreender os processos operacionais e ajudar a extrair os requisitos de apoio para esses processos. Um analista faz uma imersão no ambiente de trabalho em que o sistema será usado. O trabalho do dia a dia é observado e são feitas anotações sobre as tarefas reais em que os participantes estão envolvidos. O valor da etnografia é que ela ajuda a descobrir requisitos implícitos do sistema que refletem as formas reais com que as pessoas trabalham, em vez de refletir, processos formais definidos pela organização.

Com base nas afirmações do autor supracitado, pode-se dizer que este método incide em observar o usuário na execução de seu trabalho diário. Em casos em que a simples observação não consegue sanar as dúvidas referentes aos requisitos, o engenheiro de software pode fazer o trabalho do cliente, passando a ser o usuário do sistema para facilitar a identificação das suas dificuldades e necessidades na realização de determinada tarefa. Leffingwell & Widrig (2000) destaca que o fato de interpretar papéis pode ser muito eficaz, possibilitando um entendimento rápido do problema com baixo custo devido ao pouco tempo necessário para esta tarefa.

A etnografia é defendida por Gil (2010) por apresentar vantagens em relação a outras técnicas. Isso ocorre por ela ser desenvolvida no local em que ocorre o evento, e habitualmente seus resultados são mais confiáveis, pois o responsável pela coleta de dados participa efetivamente do processo, alcançando resultados mais autênticos. Destaca-se também por ser mais econômica, por não precisar equipamentos especiais para obtenção de dados.

¹ apoia as associações de recicladores em suas atividades de coleta, seleção e comercialização de materiais recicláveis. O Projeto presta assessoria em áreas como organização produtiva, autogestão, organização interna, relação com sociedade e poder público.

Segundo Gil (2010), grande parte dos processos de coleta de dados que alcançaram bom desempenho foram executados aplicando-se entrevistas, observações e análise de documentos. Vale ressaltar que a pesquisa e análise de documentos existentes é indispensável em qualquer processo de levantamento de requisitos. Assim, as informações alcançadas podem auxiliar na preparação das pautas para as entrevistas e dos planos de observação.

Nesta etapa foram aplicadas técnicas de levantamento de requisitos nos seguintes setores: STSG, Coordenadoria de Serviços Gerais, SMAM, Núcleo de RSU, CODEPAS e Projeto Transformação.

Na SMAM foi aplicada nova entrevista para definir os requisitos considerados essenciais em um sistema de informação. No Núcleo de RSU foi efetuada a análise de documentos, onde foram verificados os relatórios de pesagem eletrônica de caminhões referentes aos resíduos depositados na área de transbordo. Também foram analisadas as planilhas eletrônicas com dados originários desses relatórios.

Na sede do Projeto Transformação, obteve-se uma cópia das planilhas eletrônicas utilizadas no gerenciamento das cooperativas e associações de recicladores, a qual foi analisada e detalhada.

Para complemento dos requisitos levantados, foi efetuada uma visita na área de transbordo, momento em que se aplicou a técnica de levantamento de requisitos *role playing* junto à cooperativa de recicladores, método que facilitou o entendimento do processo de classificação e gerenciamento de resíduos recicláveis.

Na STSG e na Coordenadoria de Serviços Gerais realizou-se nova entrevista para determinar os requisitos fundamentais para o sistema de informação proposto.

Já na CODEPAS aplicaram-se as seguintes técnicas de levantamento de requisitos: entrevista com o coordenador da Coleta de Resíduos Domiciliares; análise de formulários usados no controle de quilometragem da coleta seletiva; verificação de relatórios utilizados no controle de pesagem de veículos transportadores de resíduos.

Os dados obtidos neste procedimento foram registrados em um Documento de Requisitos de Software, também designado por Especificação de Requisitos de Software (ERS). Este processo é conceituado por Sommerville (2011, p 63) como:

Uma declaração oficial de o que os desenvolvedores do sistema devem implementar. Deve incluir tanto os requisitos de usuário para um sistema quanto uma especificação detalhada dos requisitos do sistema. Em alguns casos os requisitos de usuário e de sistema são integrados em uma única descrição. Em outros, os requisitos de usuário são definidos em uma introdução à especificação de requisitos de sistema. Se houver um grande

número de requisitos, os requisitos detalhados de sistema podem ser apresentados em um documento separado.

Com base nas afirmações do autor supracitado, pode-se entender que a ERS são documentos detalhados que determinam o software a ser desenvolvido, apresentando o comportamento externo do sistema.

3.3.3 Análise e Projeto do Sistema de Informação Computadorizado

A análise e o projeto do sistema estão detalhados na terceira etapa. Após esse procedimento, é exposta uma proposta de sistema de informação para gestão integrada de RSU, objetivando o desenvolvimento de uma ferramenta computacional. Este processo tem sua estrutura baseada nos requisitos obtidos junto aos órgãos gestores dos resíduos nas etapas anteriores, sendo complementado com pesquisas bibliográficas e análise de estudos de caso de gestão de RSU.

Segundo Bezerra (2007), na etapa de análise de requisitos deve ser realizado um estudo detalhado dos requisitos levantados na atividade anterior. A partir desse estudo são arquitetados modelos funcionais para representar o sistema a ser desenvolvido.

A etapa de análise se concentra no domínio do problema, que corresponde ao conjunto de fatos e conceitos associados ao problema que se deseja tratar. Na medida do possível, a análise precisa ignorar a existência de um mundo computacional. Dessa forma, o detalhamento e estruturação dos requisitos facilita o entendimento das funções que o sistema deve disponibilizar para o usuário, ou seja, o que o sistema deve fazer (WAZLAWICK, 2004).

Para auxiliar na atividade de análise existem várias ferramentas úteis para modelar aspectos do sistema. Nesse processo, a Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language* - UML) disponibiliza o diagrama de casos de uso e o diagrama de classes (BEZERRA, 2007), ferramentas que serão utilizadas para modelagem de casos de uso e classes na etapa de análise.

Segundo Guedes (2011) e Bezerra (2007), a UML pode ser conceituada como uma linguagem visual utilizada para modelagem de programas de computador com foco em modelos orientados a objetos. Também é considerada uma linguagem de modelagem de definição de elementos gráficos para modelagem de sistemas de diversos domínios de

aplicação. Furlan (1998) ressaltava o fato da UML não ser uma metodologia, e sim uma linguagem de modelagem.

Guedes (2011, p. 52) caracteriza o diagrama de casos de uso como um diagrama que:

[...] procura, por meio de uma linguagem simples, possibilitar a compreensão do comportamento externo do sistema (em termos de funcionalidades oferecidas por ele) por qualquer pessoa, tentando apresentar o sistema por intermédio de uma perspectiva do usuário. Entre todos os diagramas da UML, é considerado o mais abstrato e, conseqüentemente, o mais flexível e informal.

O autor supracitado relata ainda que o objetivo do diagrama de casos de uso é expor uma visão global das funcionalidades que o software deverá proporcionar aos usuários, ignorando o ambiente computacional.

O diagrama de classes tem por objetivo apresentar as classes, seus respectivos atributos e métodos que farão parte do software, e também exibir os relacionamentos entre as classes. Esse diagrama expõe uma visão estática sobre a organização das classes, focando apenas em sua estrutura lógica, sendo considerado um dos mais importantes e utilizados da UML (GUEDES, 2011).

Bezerra (2007) cita a etapa de projeto como um complemento da etapa de análise, tendo o foco no domínio da solução computacional. Neste processo, determina-se como o sistema será executado para atender aos requisitos, de acordo com os recursos tecnológicos existentes. Para o desenvolvimento desta etapa serão necessários os diagramas UML de classe e casos de uso.

O autor destaca que a análise e o projeto são desenvolvidos separadamente, porém, é importante perceber que durante o processo de desenvolvimento de sistema não há uma distinção clara entre essas duas etapas, muitas vezes ocorrendo uma evolução paralela dos dois processos.

Para o desenvolvimento do protótipo da ferramenta computacional foi utilizada a linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor*). Uma linguagem *open source*² que se destaca pela facilidade na geração de páginas web dinâmicas mesclando códigos PHP com HTML (*Hyper Text Markup Language*) (SOARES, 2011).

² O programa deve incluir seu código fonte e deve permitir a sua distribuição também na forma compilada. Se o programa não for distribuído com seu código fonte, deve haver algum meio de se obter o mesmo seja via rede ou com custo apenas de reprodução. O código deve ser legível e inteligível por qualquer programador (OPEN SOURCE, 2013).

Converse & Park (2003) conceitua PHP como uma linguagem de criação *scripts*, que pode ser incorporada em HTML. O software é executado no servidor, não sendo necessária a instalação no computador do usuário final.

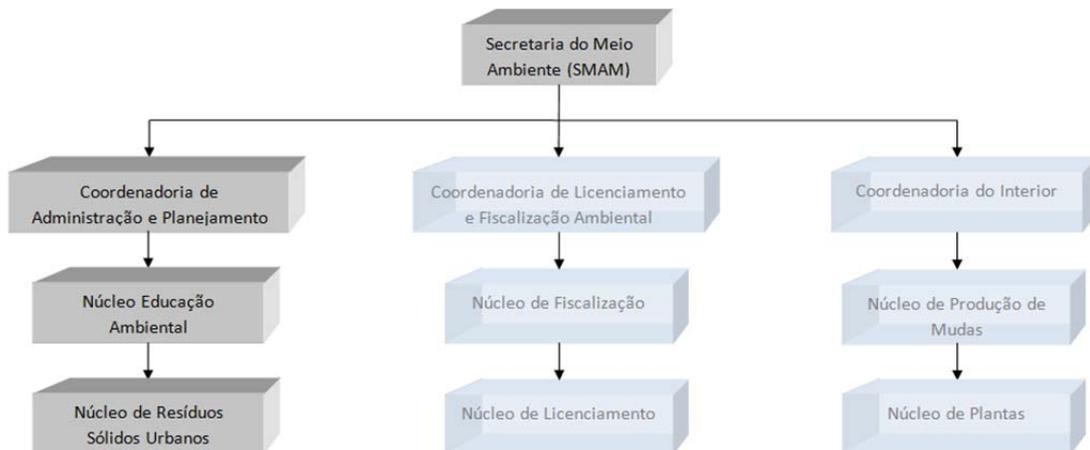
As informações processadas pela ferramenta computacional são armazenadas em um banco de dados. Damas (p. 16, 2007) define banco de dados como “uma coleção de dados estruturados, organizados e armazenados de forma persistente”. Elmasri & Navathe (p.3, 2011) complementa esse conceito dizendo que “um banco de dados é uma coleção de dados relacionados”. Para definir, construir, manipular e compartilhar um banco de dados entre aplicações de software e usuários do sistema é necessário um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional. Neste processo optou-se pelo MySQL, que para acesso e extração de informações do banco de dados em uso, utiliza a linguagem de consulta estruturada SQL (*Structured Query Language*) (MANZANO, 2007).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Investigação da Atual Estrutura da Gestão Pública de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Passo Fundo

A Atual estrutura de gestão pública de RSU no município de Passo Fundo está descrita na figura 10. O organograma demonstra a estrutura administrativa da SMAM, responsável pela gestão de RSU de Passo Fundo; os setores em destaques são os envolvidos com a gestão de resíduos.

Figura 10 - organograma da estrutura administrativa da SMAM na gestão de RSU de Passo Fundo



Fonte: adaptada de Passo Fundo (2013)

A SMAM é a secretaria encarregada de:

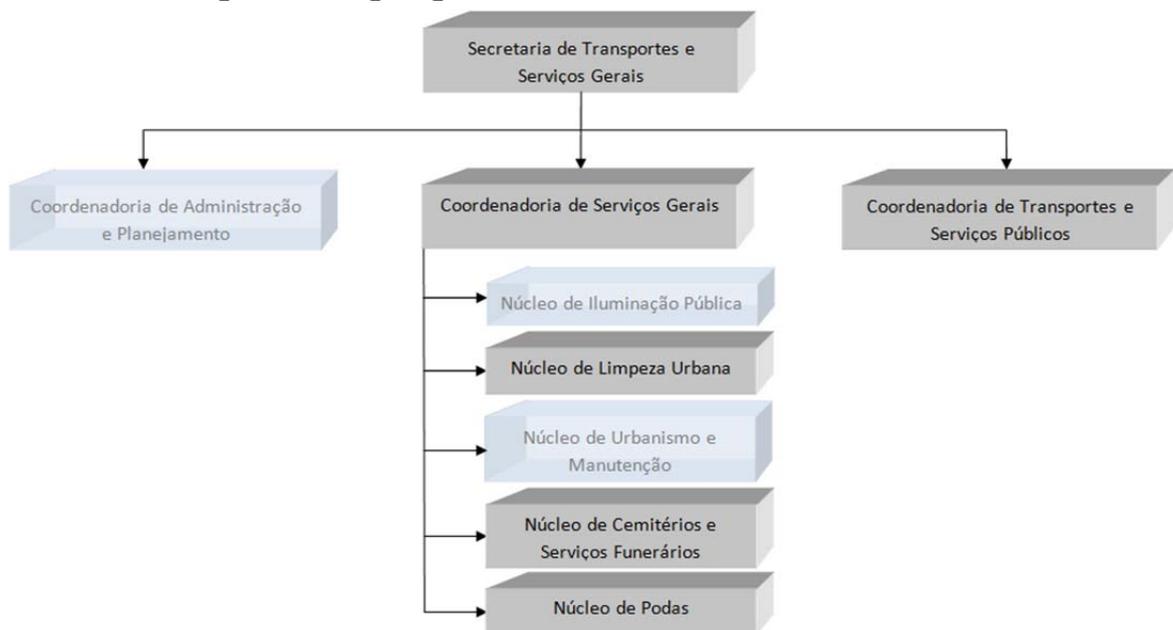
[...] promover a qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável; planejar, implementar, executar e controlar atividades políticas municipais de meio ambiente; disciplinar a ocupação do solo urbano e rural no que concerne à proteção ambiental; controlar e fiscalizar fatores ambientais, promovendo a integração do homem com o meio ambiente e sua reciprocidade em sintonia com as políticas ambientais preconizadas pela União e Estado; fiscalização e execução do licenciamento ambiental local; monitorar a poluição sonora e de todos os tipos de poluição; monitorar a poluição junto à bacia hídrica do Município; projetar e coletar o lixo urbano e rural, além das competências pertinentes à outros órgãos da secretaria. (PASSO FUNDO, 2013a).

A Coordenadoria de Administração e Planejamento subordinada à SMAM é responsável pelo Núcleo de Resíduos Sólidos Urbanos e Núcleo de Educação Ambiental.

O Núcleo de Educação Ambiental visa desenvolver a consciência ecológica, promovendo a educação ambiental na busca de melhorias para o meio ambiente. Entre suas responsabilidades estão o planejamento, desenvolvimento e promoção da educação ambiental; coordenar campanhas, eventos, cursos e programas de educação ambiental; proporcionar educação ambiental em instituições de ensino público, privado, empresas e demais estabelecimentos; criar projetos para angariar recursos que sejam aplicados na educação ambiental envolvendo as esferas municipal, estadual e federal; disponibilizar uma biblioteca com livros e materiais relacionados ao meio ambiente. O Núcleo de Resíduos Sólidos Urbanos tem por função a coleta de resíduos urbanos e rurais (PASSO FUNDO, 2013a).

A figura 11 apresenta um organograma da estrutura administrativa da gestão de RSU sob a responsabilidade da STSG.

Figura 11 - organograma da estrutura administrativa da STSG



Fonte: adaptada de Passo Fundo (2013)

As coordenadorias de Administração e Planejamento, Serviços Gerais e Transportes e Serviços Públicos, estão sob a responsabilidade da STSG. Esta secretaria tem as seguintes atribuições:

[...] ampliação e manutenção da iluminação pública; limpeza das vias públicas; limpeza, manutenção e administração das praças, parques e jardins; regulação e fiscalização do transporte coletivo, táxis, transporte escolar, serviços funerários, cemitérios e demais serviços públicos permitidos ou concedidos; cortes e podas de árvores; administração de cemitérios públicos

e capelas mortuárias; limpeza de pátios das escolas e creches municipais; retirada e aterro de animais mortos; mobilidade urbana e transporte, além das competências pertinentes à outros órgãos da secretaria (PASSO FUNDO, 2013a).

Na gestão de RSU, a Coordenadoria de Serviços Gerais coordena e distribui a prestação de serviços em dois núcleos:

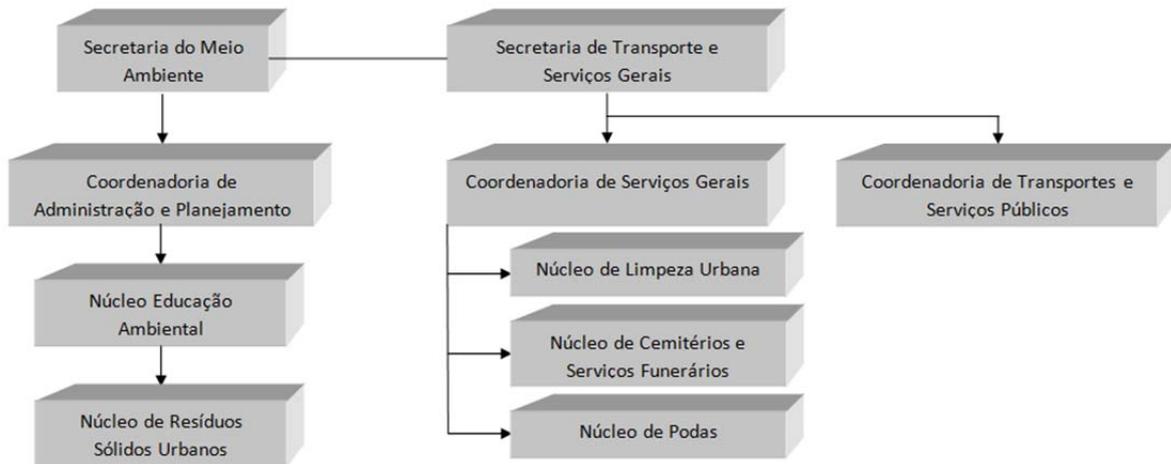
- a) Núcleo de Podas: responsável pela poda e corte de árvores nas vias pública, jardins, parques, praças e canteiros centrais;
- b) Núcleo de Limpeza Urbana: realiza limpeza nas vias públicas; retirada da vegetação em excesso nas ruas, jardins e parques; limpeza, manutenção e administração de jardins, parques e praças; limpeza de pátios das escolas e creches municipais; aterro de animais de pequeno e grande porte.

No processo de identificar a atual estrutura de gestão pública de RSU de Passo Fundo, por meio de contato com os responsáveis e averiguação com dados bibliográficos, constatou-se a alteração de funções entre secretarias e núcleos. Segundo Gomes (2011) a administração de cemitérios públicos e capelas mortuárias estava sob a responsabilidade do Núcleo de Limpeza Urbano; na atual estrutura essa função pertence ao Núcleo de Cemitérios e Serviços Funerários. As atribuições do Núcleo de Podas estavam a cargo do Núcleo de Plantas, subordinado à Coordenadoria de Arborização da SMAM.

A Coordenadoria de Transportes e Serviços Públicos planeja e gerencia o sistema de transporte, em conjunto com a Secretaria de Segurança Pública; regula e controla os serviços públicos concedidos e autorizados pela municipalidade, de modo integrado com outras secretarias, quando necessário.

A figura 12 apresenta um organograma da estrutura administrativa da Prefeitura municipal de Passo Fundo, responsável pela gestão de RSU.

Figura 12 - Organograma da estrutura administrativa de Passo Fundo na gestão de RSU



Fonte: adaptada de Passo Fundo (2013)

Com base no organograma percebe-se a diversidade de setores envolvidos no processo de gestão de resíduos com sua variedade de responsabilidades. Assim, pode-se dizer que aumenta a complexidade do processo de gestão de RSU, evidenciando a necessidade de um sistema de informação computadorizado na gestão integrada de RSU do município de Passo fundo e consequentemente em outros municípios de pequeno e médio porte.

4.1.2 Forma de Gestão de RSU de Passo Fundo

Nos contatos com as secretarias, coordenadorias e núcleos envolvidos na gestão de RSU deste município, foi constatada a inexistência de um sistema de informação para gestão pública integrada de RSU. As informações existentes são mantidas em relatórios, planilhas eletrônicas e em um sistema de controle de pesagem de veículos responsáveis pelo transporte dos resíduos até à área de transbordo dos resíduos.

Na área de transbordo existe um sistema de pesagem eletrônica de caminhões, utilizado para registrar informações sobre os resíduos sólidos destinados à reciclagem. O sistema emite um relatório contendo dados sobre o condutor, caminhão, horários de chegada e saída, e o peso dos resíduos depositados na área de transbordo. Dados referentes às datas, horários e pesos dos veículos são preenchidos automaticamente pelo sistema, as outras informações necessárias são inseridas pelo balanceiro.

O relatório é emitido em três vias, que devem ser assinadas pelo motorista do caminhão e pelo balanceiro. Uma via fica armazenada junto à portaria, outra segue com o

condutor do caminhão, sendo armazenada na CODEPAS, e a terceira via é destinada à Coordenadoria de Administração e Planejamento para armazenamento. Para a obtenção desse relatório, um funcionário da Coordenadoria desloca-se até a área de transbordo diariamente, gerando um custo adicional, considerando tempo e custos para deslocamento. Percebeu-se a importância de um sistema de informação instalado junto à portaria da área de transbordo, integrado a um sistema na SMAM. Porém, segundo relatos da coordenação de resíduos, problemas frequentes referentes à falta de energia elétrica na região em que se localiza a área de transbordo e a deficiência técnica dos vigias para operar um sistema de informação computadorizado dificulta a instalação de um sistema integrado nesse local.

Um dos projetos na área ambiental em vigência no município de Passo Fundo é o *Transformação*, com objetivos relacionados à questão ambiental e social. Este projeto reforça a necessidade de criação de um sistema de informação para gestão integrada de RSU devido a ausência de dados de reciclagem por parte da administração pública. Informações sobre os RSU reciclados podem ser obtidas na sede do Projeto Transformação, que auxilia as cooperativas e associações de recicladores em suas atividades de coleta, seleção e comercialização de materiais recicláveis. O registro de dados referentes a essas atividades acontece por meio de planilhas eletrônicas.

Na STSG não há um cronograma de serviços a serem prestados, nem histórico dos já executados, os trabalhos são realizados em ordem de prioridade e disponibilidade de equipes de trabalho.

Na CODEPAS, empresa responsável pela coleta dos RSU, os dados do transporte são anotados em formulários de controle de quilometragem dos caminhões e registrados em planilhas eletrônicas. Esses dados devem ser coerentes com os relatórios de pesagem dos caminhões obtidos na área de transbordo. O controle da frota de caminhões utilizados na coleta seletiva e dos contêineres também é executado em planilhas eletrônicas. Os veículos de recolhimento de resíduos são monitorados via GPS, validando a rota programada.

4.2 Levantamento de Requisitos

Os dados obtidos durante o processo de identificação da estrutura administrativa dos RSU foram utilizados como requisitos iniciais do sistema, auxiliando no levantamento de requisitos.

O documento de especificação de requisitos do software apresentado nesta etapa é produto da fase de levantamento de requisitos. Segundo Guedes (2011), os requisitos devem

ser classificados em funcionais - que dizem o que o sistema deve fazer na visão do cliente, ou seja, definem as funcionalidades do sistema de informação; e não-funcionais - são as consistências, condições, validações e restrições que devem ser aplicadas sobre suas funcionalidades. Bezerra (2007) conceitua os requisitos não-funcionais como restrições de qualidade que o sistema deve ter, relacionadas aos requisitos funcionais. Os requisitos não-funcionais podem ser ordenados nas seguintes categorias: confiabilidade, segurança, usabilidade, portabilidade e desempenho.

4.2.1 Visão Geral do Sistema

O sistema de informação proposto deve proporcionar a gestão pública integrada de RSU de municípios de médio porte. O sistema deve permitir o registro de dados da coleta, transporte, transbordo e destinação de resíduos; armazenamento de informações sobre varrição, poda e capina; cadastro dos funcionários e equipes prestadoras de serviços de limpeza urbana e o registro dos serviços prestados; cadastros de veículos e registro de sua utilização no gerenciamento de resíduos.

O sistema deve admitir a geração de relatórios envolvendo dados sobre veículos transportadores de resíduos, equipes de trabalho, serviços prestados e reciclagem. Vale ressaltar que os setores envolvidos no processo de gestão de RSU, devem ter acesso ao sistema de informação computadorizado, respeitando as permissões e níveis de acesso.

Para utilização do sistema o usuário deve estar cadastrado, sendo identificado por código e senha.

O sistema deve permitir cadastro da frota de veículos, identificando-os por placa, registrando características específicas dos veículos e área de utilização.

Os serviços de limpeza urbana devem ser registrados, para isso é necessário o cadastro dos serviços, das equipes executoras do serviço e da frota de veículos. No registro dos serviços prestados devem ser identificadas data e hora da execução, tipo de serviço, o servidor ou equipe executora e o veículo utilizado para transporte dos resíduos. Uma funcionalidade importante é a utilização de um cronograma para estruturar os serviços a serem prestados. No momento da execução do serviço, este cronograma pode ser concretizado, transferindo as informações para o registro de serviços. Em caso de execução em outra data as informações podem ser atualizadas no registro de serviços.

É importante o controle dos contêineres utilizados para acondicionamento dos RSU, para isso o sistema deve permitir o cadastro de contêineres e seus pontos de localização.

O sistema de informação computadorizado deve permitir o registro dos dados do sistema de pesagem eletrônica de caminhões, localizado na área de transbordo. Devem ser registrados dados do veículo e empresa responsável, condutor, horários de entrada e saída, peso do caminhão na entrada e na saída. O peso líquido dos resíduos deve ser calculado automaticamente, subtraindo o peso de saída pelo peso de entrada do caminhão. Esses dados devem estar disponíveis para acesso online nas secretarias, coordenadorias e núcleos responsáveis pela coleta, transporte e destinação de resíduos.

A emissão de relatórios também deve estar disponível no sistema, apresentando dados sobre usuários, frotas de veículos, equipes de prestação de serviços, serviços cadastrados, rotas de coleta de resíduos, cronogramas, coleta de resíduos e pesagem de caminhões.

O sistema deve conter um módulo de gestão de reciclagem relacionado aos catadores autônomos, cooperativas e associações de recicladores, materiais recicláveis e não recicláveis, e registro da reciclagem. Esse módulo deve abranger cadastros, registro dos materiais classificados para reciclagem e encaminhados para destinação final, permitindo emissão de relatórios. Nos cadastros deve ser possível registrar os materiais, catadores autônomos, cooperativas, associações e os respectivos cooperados e associados. No sistema os cooperados e associados serão referenciados como associados.

O módulo com indicadores de desempenho apresentará índices sobre a quantidade de RSU coletados no município. Os indicadores da coleta podem ser apresentados conforme seleção, expondo as quantidades totais em ano, mês ou dia; o peso de resíduos coletados por habitante, período e região; as quantidades de resíduos reciclados em toneladas/mês, classificadas por tipo de material; o peso de resíduos separados para compostagem, destinação final em aterro sanitário, aterro controlado e lixão em toneladas/mês. Os requisitos funcionais e não-funcionais referentes ao sistema de informação proposto são apresentados no quadro 4.

Quadro 4: Especificação de requisitos do software

Requisitos Funcionais
<p>1 – Cadastrar usuários: Informações: código, nome do usuário, senha, setor de lotação, e nível de privilégio.</p>
<p>2 – Cadastrar frota: Informações: placa (identificação no sistema), número do chassi, código renavam, ano de fabricação/modelo, marca, tipo do veículo, espécie, cor, veículo próprio ou locado e destinação de uso.</p>
<p>3 – Cadastrar equipes: Informações: código, descrição, número de integrantes.</p>
<p>4 – Cadastrar serviços: É importante a disponibilização de um campo observação para informações complementares. Informações: código, descrição (pode, varrição, capina ou outro), observação.</p>
<p>5 – Registrar Serviço: O sistema deve permitir o registro dos serviços prestados, identificando data e hora de início, o serviço prestado, equipe e veículo utilizados. Informação: código de registro do serviço, data e hora, código do serviço, código da equipe, placa do veículo, local do serviço, ponto de descarte dos resíduos.</p>
<p>6 – Registrar cronograma de prestação de serviço: Quando o serviço for efetivado deve atualizar os dados no registro de serviços. Informação: código, data e hora agendada, código do serviço, código da equipe, placa do veículo, local do serviço, observação, opção para concretizar.</p>
<p>7 – Cadastrar contêineres: Informações: código, tipo (classificado por cor), localização (dividida em: bairro, rua e ponto), data de instalação, observação.</p>
<p>8 – Cadastrar rotas: Informação: código da rota, descrição (rota a ser seguida), número de contêineres, distância em km, observação.</p>
<p>9 – Registrar coleta de resíduos: Identificar o período de execução, a rota, o veículo e a forma de coleta. Informação: código da coleta, data e hora de início, código da rota, placa do veículo, empresa, km inicial, km no transbordo, tipo da coleta.</p>
<p>10 – Registrar pesagem de caminhões: O sistema deve permitir o registro do peso dos resíduos depositados na área de transbordo. O peso líquido dos resíduos deve ser calculado automaticamente pelo sistema. Informação: código da pesagem, placa, código da coleta, região da coleta, condutor, produto, empresa, nome do balanceiro, peso de entrada do caminhão, data e hora de entrada, peso de saída do caminhão, data e hora de saída, peso dos resíduos.</p>
<p>11 – Proibir alteração de dados da pesagem: O sistema não deve permitir a alteração de dados referentes à pesagem de resíduos após o processo ser concretizado.</p>
<p>12 – Emitir relatórios: O sistema deve permitir a emissão de relatórios a partir dos cadastros de usuários, frotas de veículos, equipes, serviços e rotas de coleta de resíduos. Os relatórios devem ser gerados permitidos filtros de dados. Informações necessárias para geração dos relatórios: Usuários: código inicial e final (intervalo de dados a ser apresentado no relatório), setor de lotação. Frota: placa, tipo de veículo e destinação. Equipes: código inicial e final. Serviços: código inicial e final. Contêineres: código inicial e final, tipo, localização, intervalo de data de instalação. Rotas: código inicial e final.</p>
<p>13 – Emitir relatório sobre serviços: Informações: data inicial e final (Intervalo de datas de prestação dos serviços), código do serviço, código da equipe.</p>
<p>14 – Emitir relatório sobre cronogramas de serviços: Podem ser gerados relatórios de cronogramas individuais ou agrupados por categorias. Informações: código inicial e final, data inicial e final, código do serviço, código da equipe, código do veículo.</p>
<p>15 – Emitir relatório sobre a coleta de resíduos: Informações: código inicial e final, data inicial e final, código da rota, placa do veículo, empresa e tipo de coleta.</p>

16 – Emitir relatório sobre a pesagem de caminhões: O sistema deve permitir a emissão de relatórios contendo dados sobre quantidades dos resíduos depositados na área de transbordo e veículos utilizados no transporte. Informações: código inicial e final, data inicial e final, placa, empresa.		
17 – Cadastrar cooperativas e associações: O sistema deve permitir o cadastro das cooperativas e associações de recicladores. Informações: código, descrição, razão social, endereço, responsável, observação;		
18 – Cadastrar catadores e associados: O sistema deve permitir o cadastro de catadores e recicladores. Informações: código, nome, dados pessoais, código da associação (opção para autônomo), observação.		
19 – Cadastrar materiais recicláveis e não recicláveis: Informações: código, descrição do tipo, observação.		
20 – Emitir relatórios dos cadastros do módulo de gestão de reciclagem: O sistema deve permitir a emissão de relatórios a partir dos cadastros de associações, catadores e recicladores, e materiais recicláveis e não recicláveis. Os relatórios devem ser gerados permitindo filtros de dados. Informações necessárias para geração dos relatórios: Cooperativas e associações: código inicial e final. Recicladores: código inicial e final, associação (opção para autônomo). Materiais recicláveis e não recicláveis: código inicial e final.		
21 – Registrar reciclagem: O sistema deve permitir o registro dos materiais classificados para reciclagem, quantidades e associações executoras. Podem ser registrados também valores de venda e dados do comprador. Informações: código, data, código da associação, destinatário, valor total dos materiais. – detalhamento dos materiais: código do tipo do material, peso, preço por kg, valor total item.		
22 – Emitir relatórios sobre reciclagem: O sistema deve permitir a emissão de relatório contendo dados sobre reciclagem, identificando quantidades, matérias, recicladores, e destinação. Informações: código da associação inicial e final, data inicial e final, destinatário, código dos materiais inicial e final.		
23 - Registrar destinação de materiais não recicláveis: O sistema deve permitir o registro da destinação final dos materiais não reciclados. Informações: código, data, código do material, forma de destinação, local de destinação e peso do material.		
24 - Emitir relatórios sobre a destinação de materiais não recicláveis: O sistema deve permitir a emissão de relatório contendo dados sobre a destinação de materiais não reciclados envolvendo data, tipo do material, forma de destinação, local de destinação e peso do material. Informações: data inicial e final, tipo de destinação e destinatário.		
25 – Gerar indicadores de desempenho: O sistema deve disponibilizar índices de desempenho sobre a quantidade de resíduos sólidos coletados, quantidade de resíduos reciclados, separados para compostagem e destinação final. Também deve prever estimativas futuras de resíduos a serem coletados. Quantidade de resíduos coletados: número de habitantes por região de coleta, período (classificar por dia, mês ou ano em um intervalo de datas), região e tipo de resíduo. Quantidade de resíduos classificados para reciclagem: geral ou por tipo de material, período (classificar por dia, mês ou ano em um intervalo de datas). Quantidade de resíduos separados para compostagem e destinação final em aterro sanitário, aterro controlado ou lixão. Período: classificar por dia, mês ou ano em um intervalo de datas.		
Requisitos Não-Funcionais		
Nome	Restrição	Categoria
1– Controle de acesso	Uma funcionalidade pode ser acessada somente por usuário cadastrado com permissão de acesso.	Segurança
2– Backup de dados	O sistema deve disponibilizar facilidades para realização de backup de dados do sistema.	Confiabilidade
3- Tempo de resposta	O tempo de resposta em operações de inserção, alteração e exclusão deve ser menor que três segundos.	Desempenho
4- Compatibilidade com browsers	O sistema de ser compatível com os browsers Internet Explorer, Mozilla Firefox e Chrome.	Portabilidade
5- Facilidade operacional	O sistema deve ser de fácil operação, necessitando conhecimentos de informática de nível básico.	Usabilidade
6- Durabilidade dos dados	O sistema deve manter o histórico dos dados registrados, possibilitando emissão de relatórios e consultas futuras.	Confiabilidade

O documento de especificação de requisitos exposto no quadro 4 apresenta os requisitos funcionais que devem estar contemplados no sistema de informação; entre os principais estão os cadastros, registro de dados e emissão de relatórios. Também são listados os requisitos não-funcionais, tendo a função de prover restrições de qualidade ao sistema proposto, envolvendo segurança, confiabilidade, desempenho, portabilidade e usabilidade.

4.3 Análise e Projeto do Sistema de Informação Computadorizado

Os modelos funcionais apresentados nesta etapa contemplam a análise e o projeto do sistema de informação computadorizado, tendo como base a visão geral do sistema e o documento de requisitos de software expostos no levantamento de requisitos. Inicialmente são delineados os diagramas de casos de uso e diagramas de classes, seguindo com a apresentação do protótipo da ferramenta computacional.

4.3.1 Diagramas de casos de uso

Os diagramas de casos de uso ilustram as funcionalidades do sistema de informação proposto. Na figura 13, o administrador do sistema representado pelo ator Administrador é responsável por cadastrar os usuários com seus níveis de privilégio para que possam operar a ferramenta computacional.

Figura 13 – Diagrama de caso de uso - Cadastro de usuários



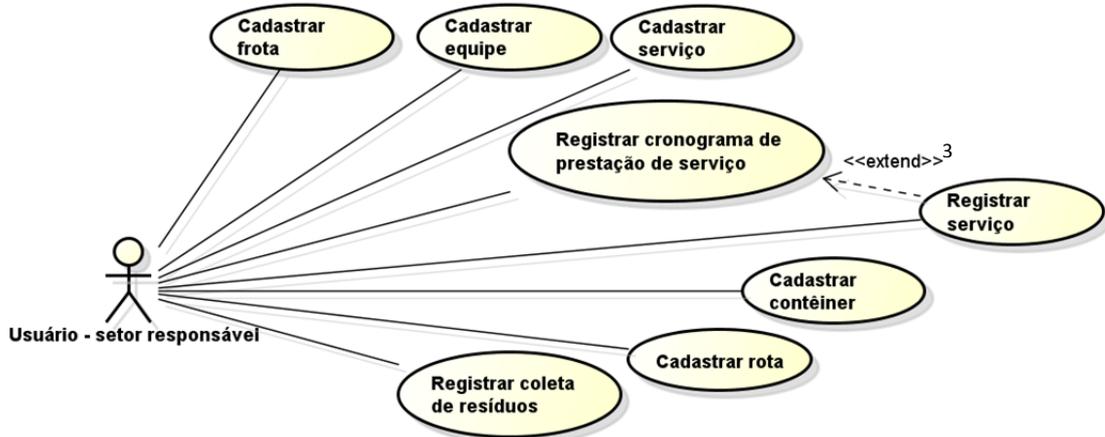
Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os usuários do sistema podem ser adicionados e removidos a qualquer momento, sendo possível também alterar o nível de privilégio de suas contas.

O diagrama de casos de uso detalhado na figura 14 exhibe o ator Usuário – setor responsável, como operador do sistema que executará os cadastros de frota, equipe, serviços, contêineres e rotas. Também está sob sua função registrar a coleta de resíduos, os

cronogramas de serviços a serem prestados e serviços executados. Essas funções são desempenhadas por usuários autorizados locados em seus respectivos setores de abrangência.

Figura 14 – Diagrama de casos de uso - Cadastros gerais e registros de serviços

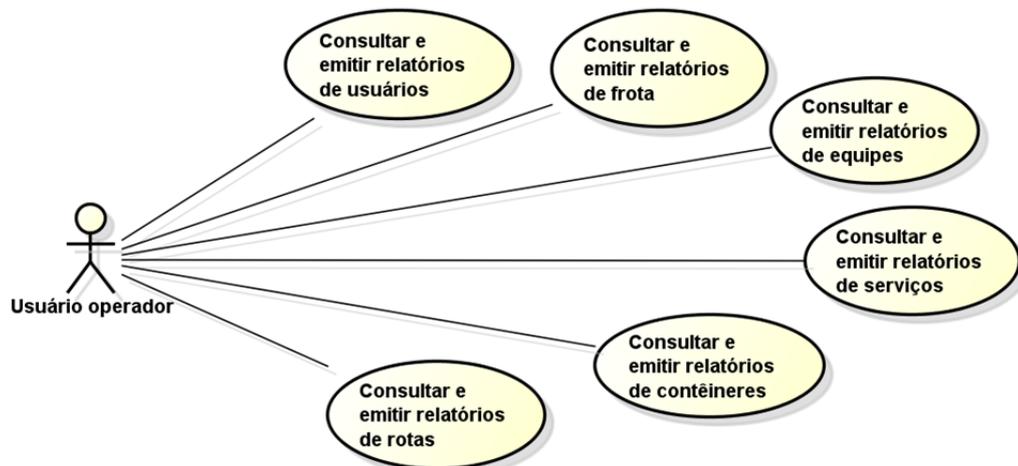


Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os cronogramas de serviços futuros registrados, caso executados, podem ser concretizados, atualizando os serviços como prestados.

O sistema de informação disponibiliza a consulta e emissão de relatórios sobre usuários do sistema, frotas de veículos, equipes prestadoras de serviços, os serviços que podem ser executados, contêineres e rotas da coleta de resíduos sólidos. O diagrama de casos de uso apresentando a emissão desses relatórios pode ser analisado na figura 15.

Figura 15 – Diagrama de casos de uso - Emissão de relatórios

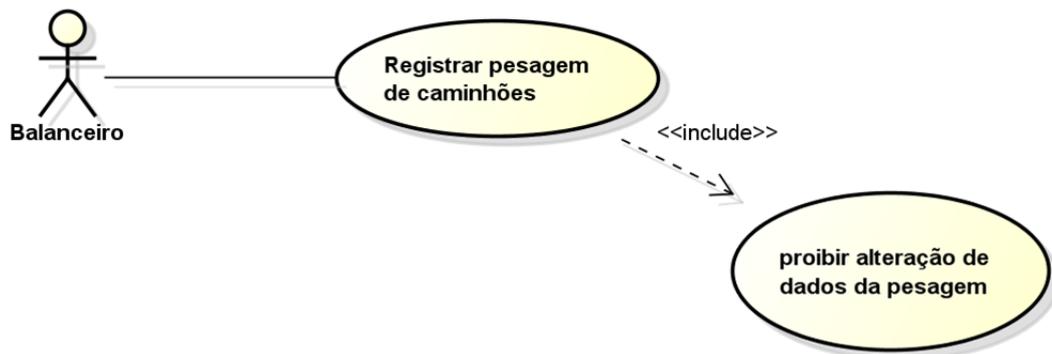


Fonte: elaborado pelo autor (2013)

³ O <<extend>> representa um relacionamento de extensão, em que o caso de uso registrar serviço estende o caso de uso registrar cronograma de prestação de serviço. Isto significa que quando um serviço agendado no cronograma de prestação de serviços for concretizado seus dados são gravados em registrar serviço.

O diagrama de casos de uso do sistema de pesagem eletrônica de caminhões é exposto na figura 16. O operador do sistema representado pelo ator Balanceiro registra os dados e o peso do veículo transportador de resíduos na chegada junto à área de transbordo e na saída após descarga. O sistema encarrega-se de calcular a quantidade de resíduos depositados no local.

Figura 16 – Diagrama de casos de uso - Pesagem de caminhões

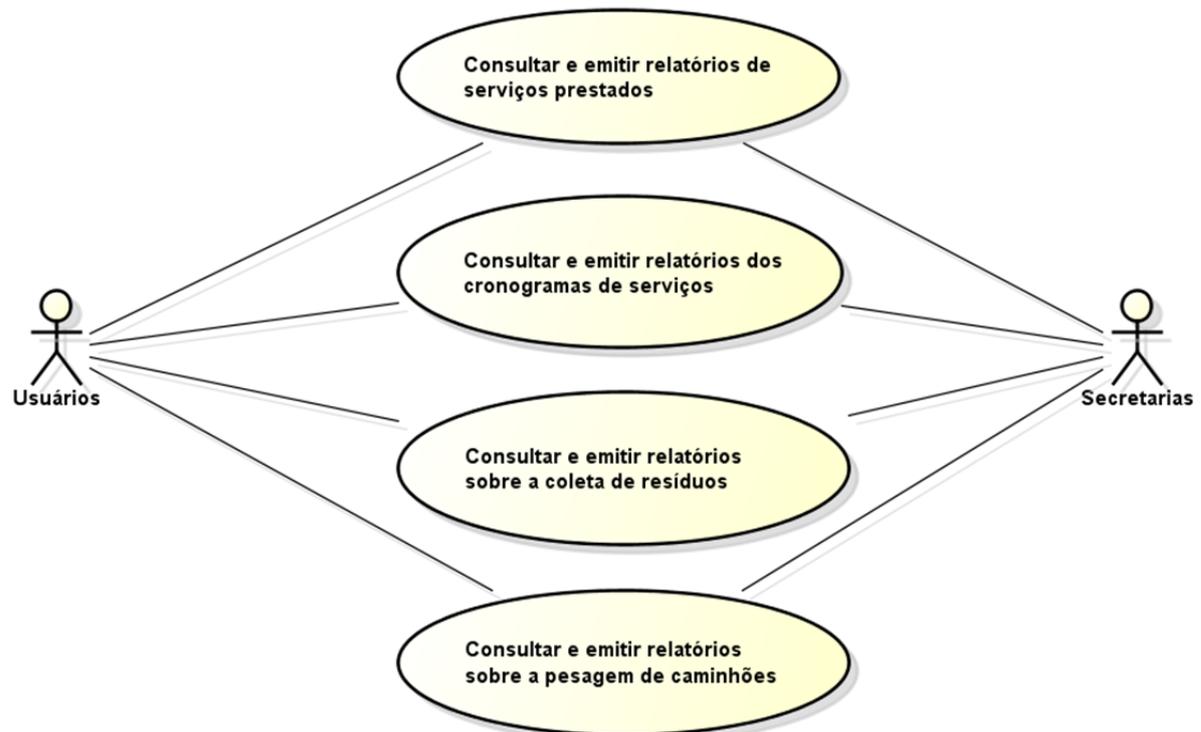


Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Após a pesagem ser concretizada o sistema não permite alteração de dados sobre a pesagem, evitando assim possíveis fraudes. Esse processo está representado pelo estereótipo <<include>>, que representa um relacionamento de inclusão, em que ao executar o caso de uso Registrar pesagem de caminhões, obrigatoriamente proíbe a alteração de dados da pesagem.

As informações existentes no sistema podem ser acessadas por meio de consultas e relatórios. A figura 17 apresenta o diagrama de casos de uso que disponibiliza essas funcionalidades, envolvendo cronogramas de serviços, serviços prestados, pesagem eletrônica de caminhões e coleta de resíduos.

Figura 17 – Diagrama de casos de uso - Relatórios de serviços, coleta de resíduos e pesagem

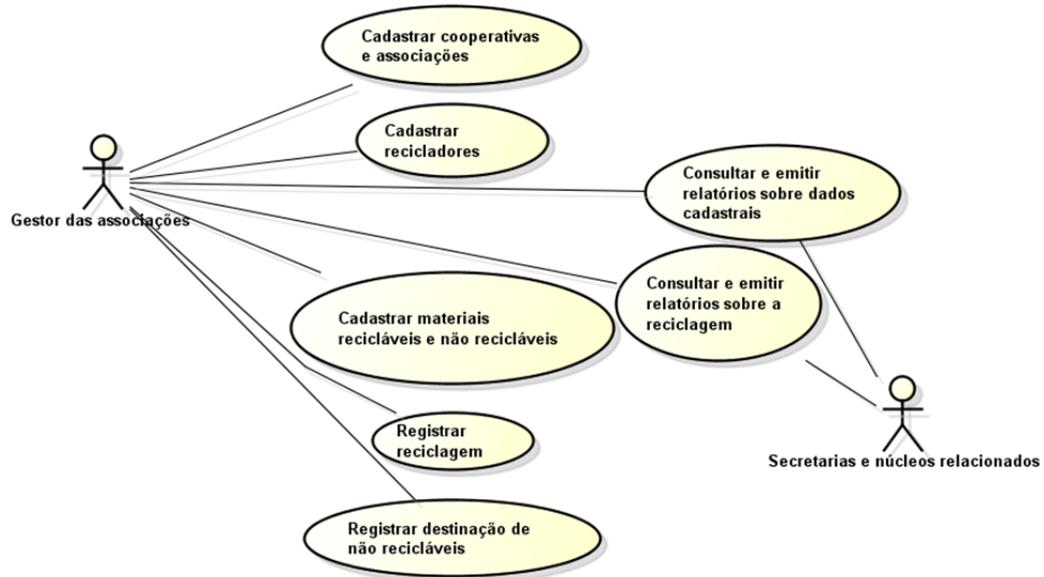


Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os relatórios relacionados na figura 17 estão disponíveis para acesso por seus setores de origem. Conforme o ator Secretarias essas informações também devem estar disponíveis para consulta em suas respectivas secretarias, coordenadorias e núcleos.

O módulo com informações gerenciais sobre associações de recicladores, catadores, materiais recicláveis, não recicláveis e dados sobre reciclagem é exposto na figura 18. O gestor das associações tem sob sua responsabilidade cadastrar as associações e cooperativas de recicladores, registrar os respectivos membros e os catadores autônomos, também tem por função cadastrar os materiais recicláveis e não recicláveis identificando-os por tipo de material. O gestor deve registrar no sistema dados sobre a reciclagem e destinação final de não recicláveis, envolvendo tipo de material, quantidade e associação ou catador responsável.

Figura 18 – Diagrama de casos de uso – Gestão da reciclagem



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Dados cadastrais e sobre a reciclagem podem ser consultados e emitidos em relatórios pelo gestor das associações. Conforme figura 18 essas informações também devem estar disponíveis às secretarias e núcleos relacionados.

O diagrama de casos de uso delineado na figura 19 expõe os indicadores de desempenho propostos para a ferramenta computacional. Os usuários do sistema representados pelo ator Secretarias e Núcleos autorizados podem gerar relatórios de indicadores de desempenho sobre os RSU coletados, resíduos classificados para reciclagem e resíduos separados para compostagem e destinação final.

Figura 19 – Diagrama de casos de uso – Indicadores de desempenho



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os índices de desempenho gerados podem ser impressos em forma de relatório, ou simplesmente consultados na tela do computador.

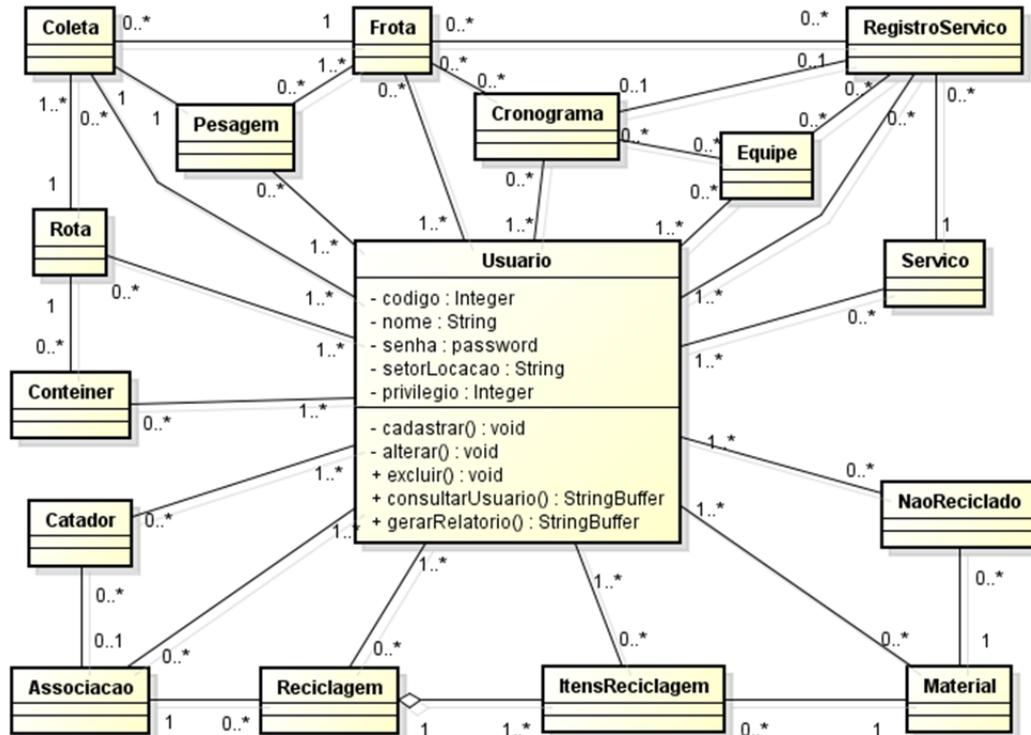
4.3.2 Diagramas de classes

Nesta etapa são apresentadas as modelagens dos diagramas de classes existentes no sistema, com seus respectivos atributos e métodos, e as associações existentes entre as classes.

O diagrama de classes exposto na figura 20 exhibe as classes existentes no sistema de informação e seus relacionamentos, com as referentes multiplicidades⁴. A classe Usuario tem por objetivo armazenar as contas de usuários do sistema e permissões de acesso. Assim, relaciona-se com as demais classes do sistema possibilitando o acesso autorizado aos operadores do sistema. As funcionalidades da ferramenta são executadas por um ou mais usuário do sistema (1..*), por exemplo, no registro da pesagem de veículos, classe Pesagem (0..*), um usuário do sistema pode registrar nenhuma (0) ou muitas pesagem (*), e uma pesagem sempre deve ser executada por um usuário do sistema (1).

⁴ Multiplicidades são informações dos limites inferior e superior da quantidade de objetos aos quais outro objeto pode estar associado (BEZERRA, 2007, p. 114).

Figura 20 - Diagrama de classes – Sistema para gestão pública integrada de RSU



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

A classe Usuario é composta pelos atributos código, nome do usuário, senha, setor de lotação e nível de privilégio do usuário. Por meio dos métodos é possível cadastrar, alterar, excluir, consultar usuários existentes no sistema e emitir relatórios.

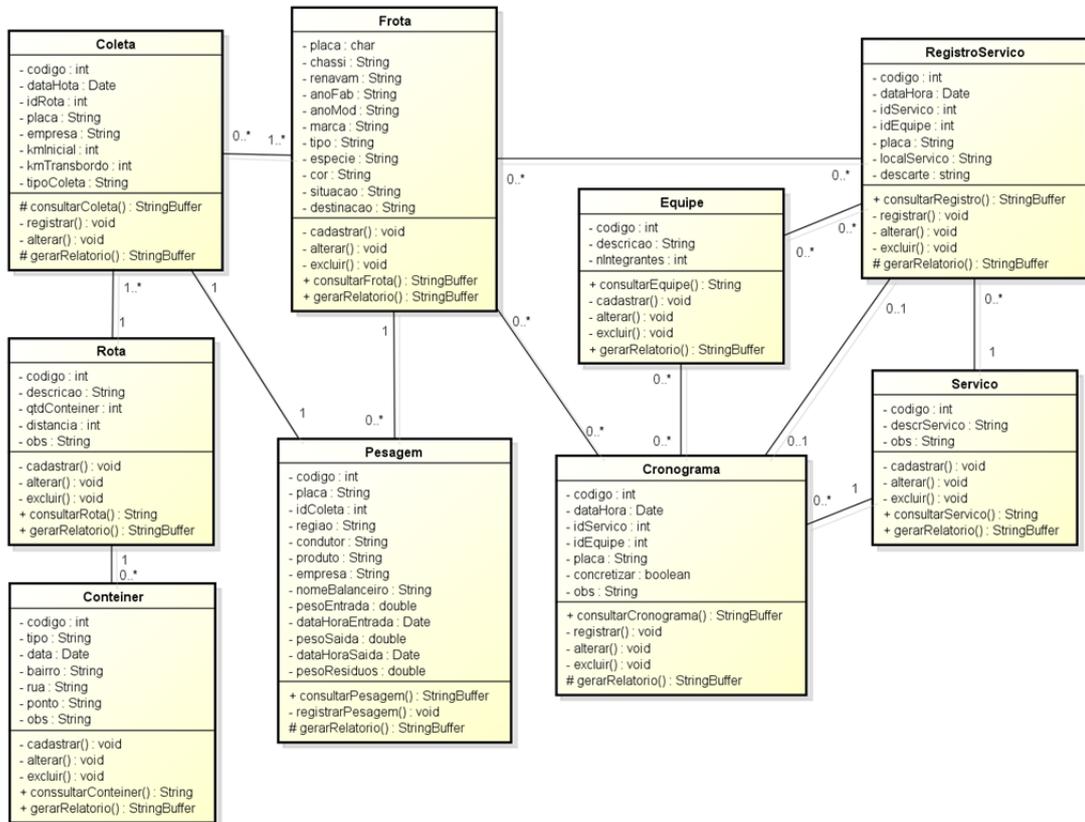
O diagrama de classes apresentado na figura 21 exibe as classes Frota, Equipe, Servico, Container, Rota, Coleta, Pesagem, Cronograma e RegistroServico e seus respectivos relacionamentos. Os dados sobre as equipes prestadoras de serviços são armazenados na classe Equipe. Seus atributos são compostos por código, descrição e número de integrantes da equipe. A classe Servico mantém o cadastro de serviços a serem prestados com os atributos código, descrição do serviço e observação.

As informações relacionadas aos veículos utilizados na coleta de resíduos e prestação de serviços estão registradas na classe Frota. Entre seus atributos estão a placa – identificador do veículo; situação – especifica se o veículo é próprio ou locado; e atributos de identificação e classificação do veículo.

O registro de contêineres está sob a responsabilidade da classe Container, armazenando em seus atributos o código, tipo do contêiner, data de disponibilização na rua, localização, ponto e observação. A classe Rota mantém o cadastro das rotas da coleta de

resíduos, abrangendo os atributos código da rota, descrição, quantidade de contêineres, a distância total da rota e observação.

Figura 21– Diagrama de classes – Serviços e coleta de resíduos



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

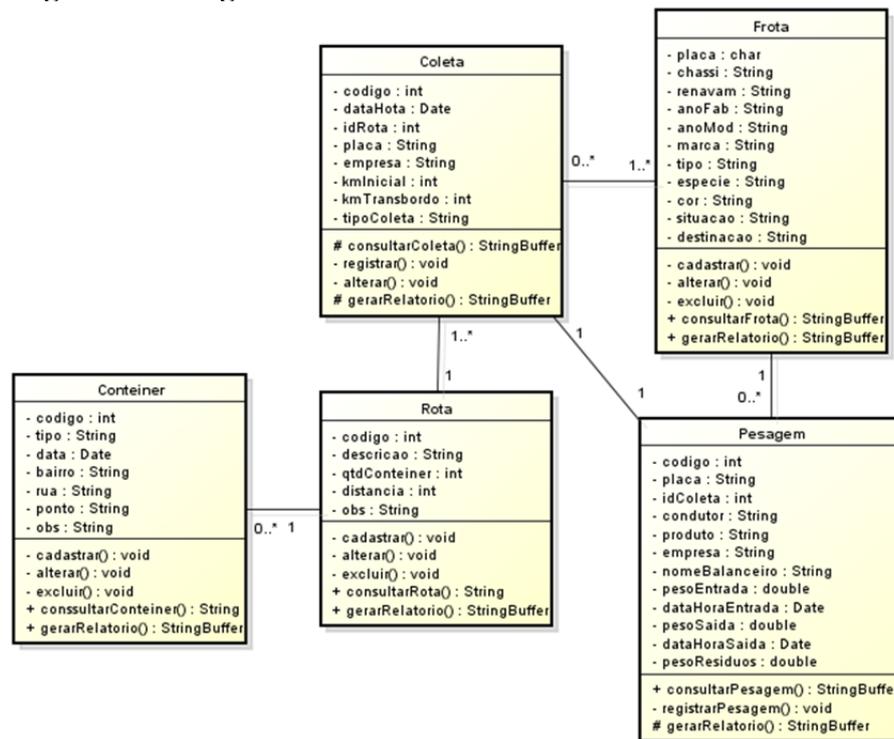
Os métodos referentes às classes Equipe, Servico, Frota, Container e Rota expostas na figura 21 possibilitam o registro, exclusão e alteração de dados, consulta e emissão de relatórios.

Na figura 22 está detalhado o diagrama de classes envolvendo a coleta de resíduos sólidos. Os dados sobre a coleta de resíduos são registrados na classe Coleta, que engloba os atributos código, data e hora inicial da coleta, rota executada, veículo utilizado, empresa responsável, quilometragem inicial e na chegada ao local de descarga no transbordo, e tipo da coleta. A classe Coleta se relaciona com a classe Rota para validar as rotas existentes, e com a classe Frota para identificar o veículo utilizado na execução da coleta. Os métodos pertencentes à classe Coleta permitem registro, alteração de dados, consulta e geração de relatórios sobre as coletas de resíduos.

Na classe Pesagem, exibida na figura 22 são gravados dados sobre a pesagem de resíduos depositados na área de transbordo. Os atributos componentes dessa classe são

código, placa do veículo transportador, identificação da coleta, condutor, produto transportado, empresa, balanceiro responsável por registrar a pesagem, peso de entrada do veículo, data e hora de entrada e saída do veículo, peso do veículo após descarga. O peso dos resíduos depositados na área de transbordo é calculado automaticamente pelo sistema subtraindo o peso de entrada do veículo pelo peso de saída, não sendo permitida sua alteração. Os métodos dessa classe admitem registrar, consultar e gerar relatórios sobre a pesagem.

Figura 22 – Diagrama de classes – Coleta de resíduos sólidos urbanos



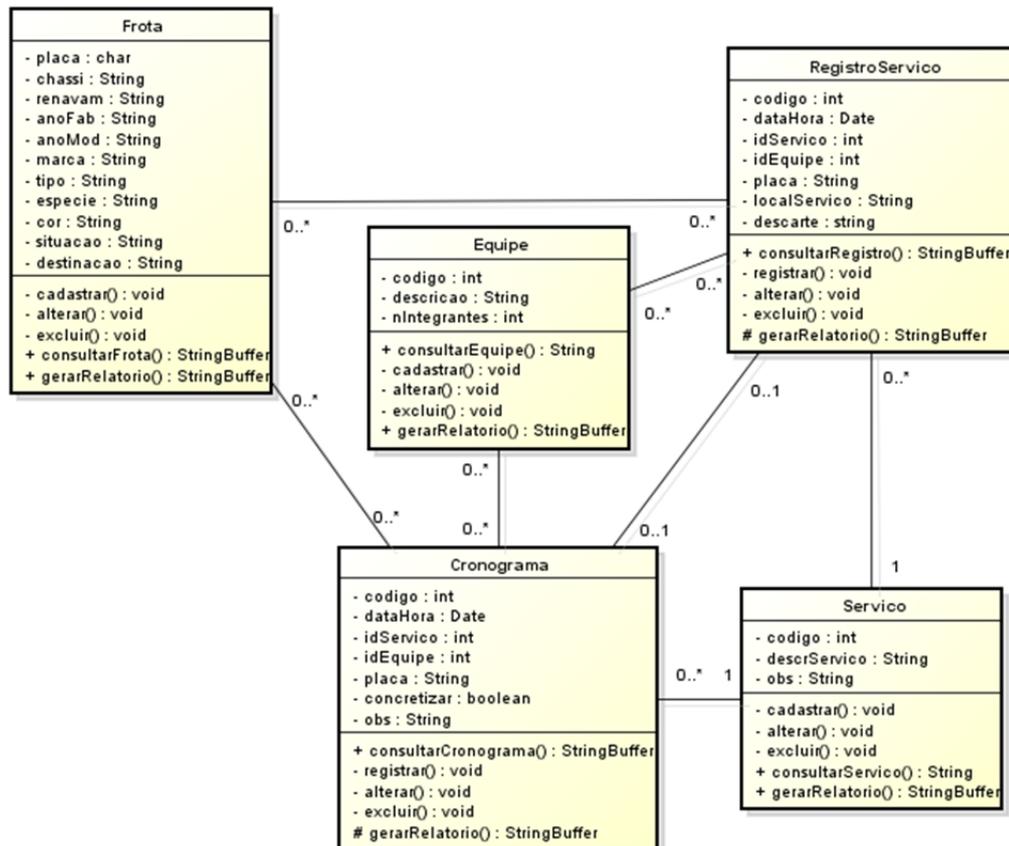
Fonte: elaborado pelo autor (2013)

A relação da classe Pesagem com a classe Coleta tem por função identificar a origem dos resíduos, e a associação com a classe Frota validar o veículo transportador.

O diagrama de classes abrangendo serviços pode ser analisado na figura 23. Informações relacionadas a cronogramas de prestação de serviços são registrados na classe Cronograma, tendo como atributos código, data e hora estimada para prestação do serviço, serviço a ser prestado, equipe responsável, veículo a ser utilizado (caso necessário), opção para concretizar o cronograma e observação. A associação da classe Cronograma com as classes Frota, Equipe e Serviço tem o objeto de validar os atributos em suas respectivas classes. O atributo concretizar pode ser marcado no momento em que um serviço previsto no cronograma foi efetivado, este processo registra o serviço na classe RegistroServico como um serviço efetivado.

Os serviços prestados são gravados na classe RegistroServico, seus atributos são código, data e hora da execução, serviço realizado, equipe prestadora, veículo, local do serviço e local de descarte caso haja resíduos. RegistroServico relaciona-se com as classes Frota, Equipe e Servico visando legitimar os atributos em sua classes correspondentes.

Figura 23 – Diagrama de classes – Serviços



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

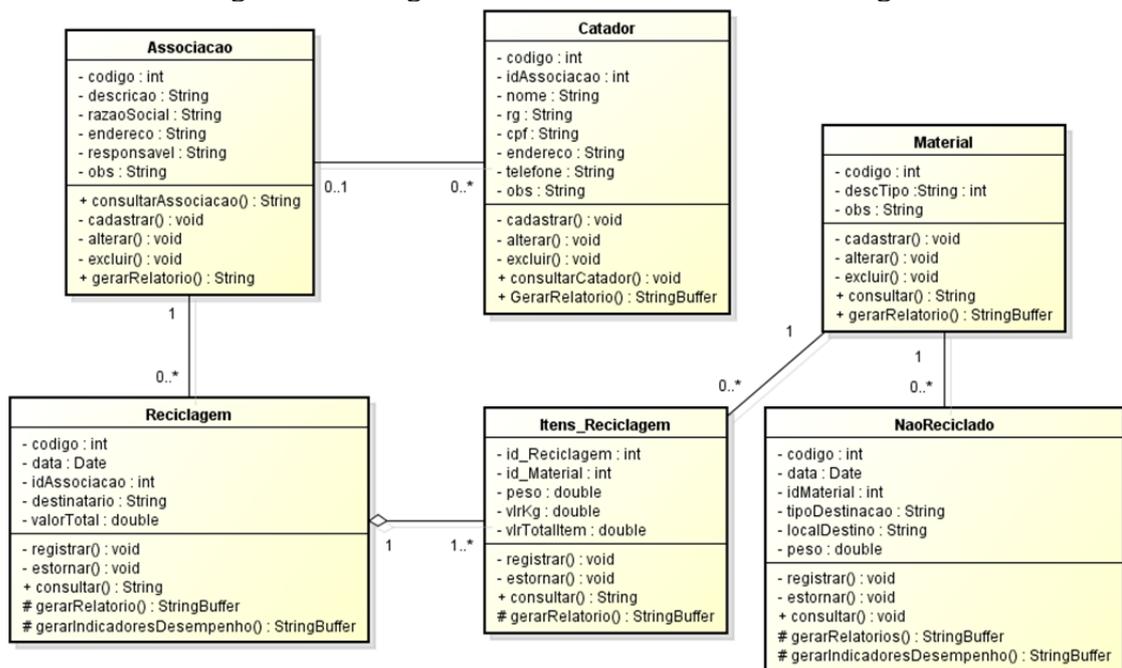
Os métodos registrar, excluir, alterar, consultar e gerar relatórios estão disponíveis para os usuários autorizados nas classes Cronograma e RegistroServico.

O módulo sobre a gestão de reciclagem, envolvendo associações de recicladores e o processo de reciclagem é apresentado no diagrama de classes da figura 24. A classe Associacao registra as associações e cooperativas de recicladores do município em seus atributos código, descrição, razão social, endereço, presidente ou responsável e observação. Essa classe relaciona-se com a classe Catador, a qual tem a função cadastrar catadores e recicladores. Seus atributos registram código, associação que o reciclador pertence ou autônomo, e dados de identificação do reciclador. Os métodos disponíveis nessas classes permitem cadastrar, alterar, consultar dados e gerar relatórios.

A classe Material tem por função cadastrar os tipos de materiais recicláveis e não recicláveis. Seus atributos são código, descrição do tipo do material e observação. Os métodos dessa classe permitem cadastro, exclusão, alteração, consulta e emissão de relatórios.

O registro de produtos reciclados é executado na classe Reciclagem, por meio dos atributos código, data da reciclagem, associação classificadora dos resíduos, destino e valor total. Essa classe está associada à classe Itens_Reciclagem, a qual serve como complemento, pois é utilizada para registrar os itens destinados à reciclagem. Em seus atributos estão código da reciclagem que corresponde ao código em Reciclagem, código do material reciclável referente ao código em Material, peso do material, valor por quilograma, e valor total do item. Os métodos disponíveis nas classes Reciclagem e Item_Reciclagem disponibilizam registro, estorno, consulta e emissão de relatórios. Na classe Reciclagem o método gerarIndicadoresDesempenho possibilita a visualização de índices sobre a reciclagem.

Figura 24 – Diagrama de classes – Gestão de reciclagem



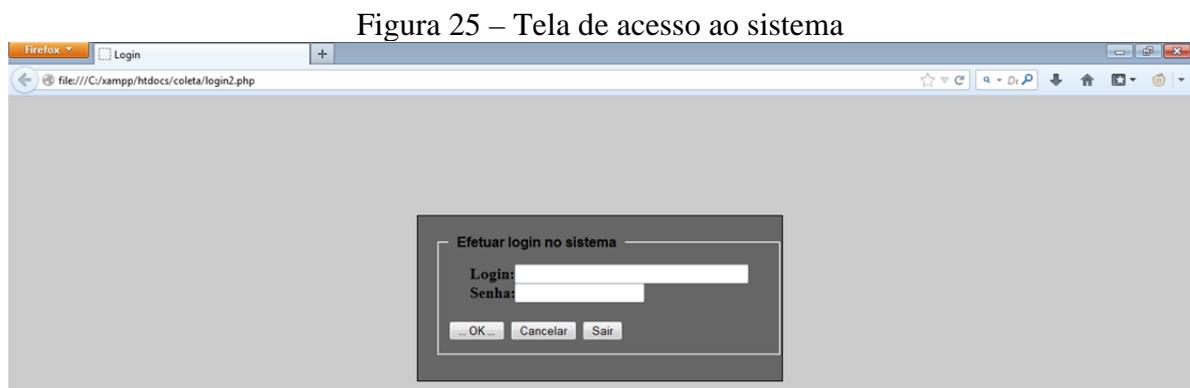
Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os resíduos separados para compostagem e destinação final em aterro sanitário, aterro controlado e lixões são registrados na classe NaoReciclado, por meio dos atributos código, data de destinação, código do material, tipo de destinação, local de descarte e quantidade do material destinado. Os métodos dessa classe possibilitam registrar, estornar, consultar dados, emitir relatórios e gerar indicadores de desempenho sobre resíduos não reciclados.

4.3.3 Protótipo do Sistema de Informação Computacional

O protótipo do sistema apresenta as principais funcionalidades da ferramenta computacional. Para isso, são apresentadas as telas do sistema, com cadastros, registros de dados, relatórios e indicadores de desempenho.

Ao executar o protótipo, é necessário informar login e senha de usuário, conforme mostra figura 25, pois o acesso é liberado somente a usuários previamente cadastrados, respeitando os níveis de privilégio.



Fonte: elaborada pelo autor (2013)

Quando login ou senha não corresponderem aos cadastrados, o sistema exibe uma mensagem informando que os dados são inválidos.

A tela principal do sistema, exposta na figura 26, apresenta os menus Cadastros, Registros, Relatórios, Gestão de Reciclagem e Indicadores de Desempenho. No menu Cadastros podem ser acessados os cadastros de usuários do sistema, equipes prestadoras de serviços, serviços, contêineres, rotas de coleta de resíduos, frota de veículos. No Menu Registros são gravados dados sobre de coleta de resíduos, cronogramas de serviços, serviços prestados e pesagem de veículos transportadores de resíduos. Na opção Relatórios, dividida em Relatórios de Cadastro e de Registros, podem ser consultados dados sobre usuários do sistema, equipes, serviços, contêineres, rotas de coleta, frota de veículos; e emissão de relatórios sobre serviços prestados, cronogramas de serviços a serem executados, coleta de resíduos, pesagem de veículos. O Menu Gestão de Reciclagem possibilita o cadastro de associações de recicladores, catadores e recicladores, materiais recicláveis e para destinação final. Outra funcionalidade deste módulo é o registro da reciclagem e materiais não reciclados. Também disponibiliza relatórios envolvendo os cadastros e o processo de reciclagem.

Figura 26 – Tela principal do sistema de informação

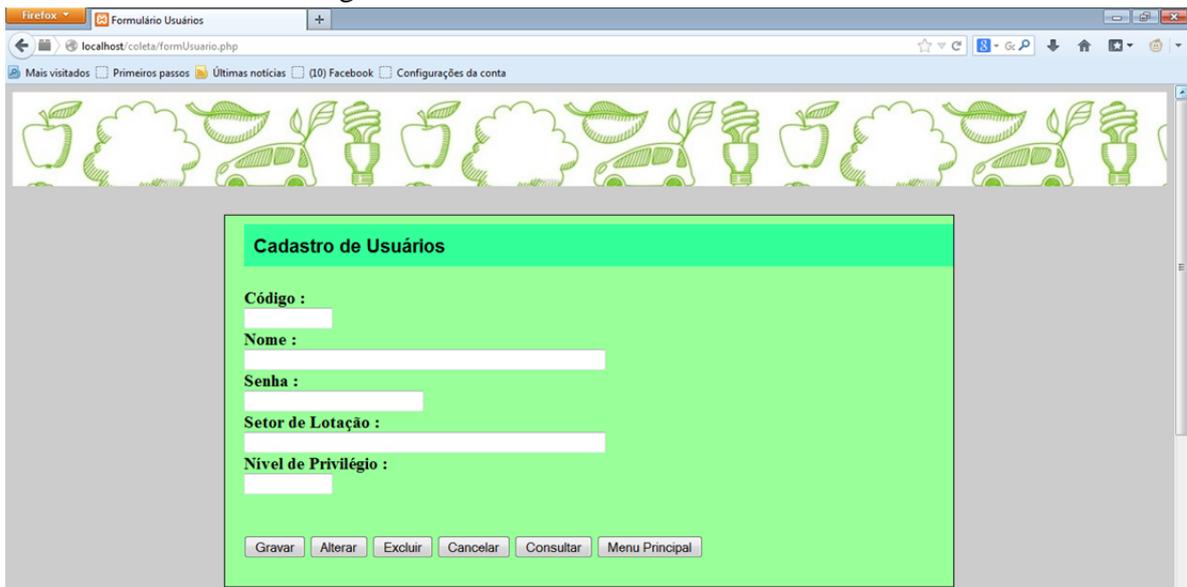


Fonte: elaborada pelo autor (2013)

Nos indicadores de desempenho podem ser consultados índices sobre a quantidade de resíduos coletados, reciclados, separados para compostagem e destinação final.

O Cadastro de Usuários exposto na figura 27 está disponível para operadores do sistema que tem privilégios para esta função. No cadastro deve ser informado o nome de usuário, senha, setor de lotação e o nível de privilégio deste usuário; não é necessário informar o código, que é gerado automaticamente pelo sistema. Com base no setor de lotação e nível de privilégio é liberado a acesso a determinadas funcionalidades do sistema.

Figura 27 – Cadastro de usuários do sistema

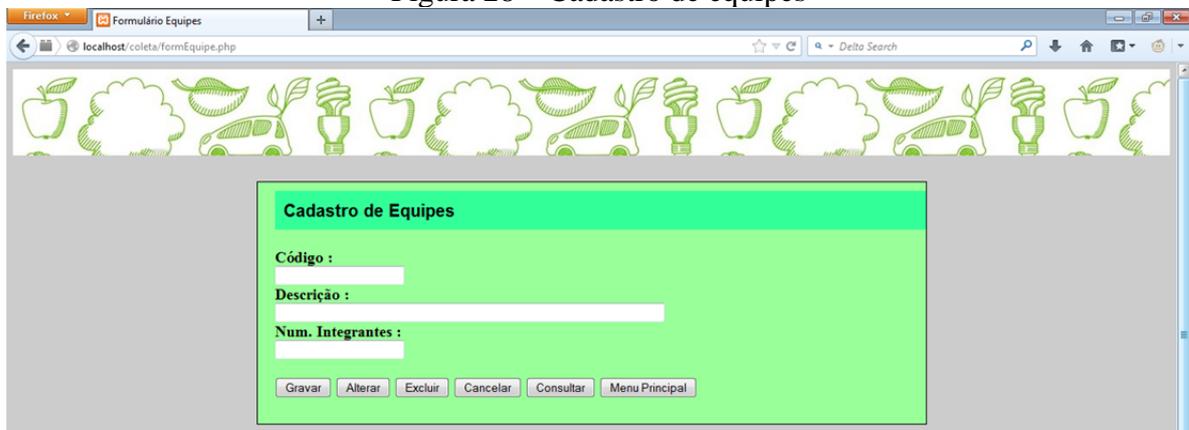


Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O sistema permite consultar, alterar e excluir dados sobre usuários, nesses casos o código identifica o registro, portanto, o campo código deve ser informado. A opção Cancelar presente no Cadastro de Usuários é responsável por cancelar o processo em execução e limpar os campos da tela. Já a opção Menu Principal retorna à tela principal do sistema.

A figura 28 apresenta o Cadastro de Equipes prestadoras de serviço. Neste formulário é possível cadastrar equipes registrando o nome da equipe com o número de integrantes. Por meio dos menus é possível alterar e excluir dados, cancelar o processo e limpar os campos da tela, consultar equipes, e retornar ao Menu Principal.

Figura 28 – Cadastro de equipes

A screenshot of a web browser window showing a form titled "Cadastro de Equipes". The browser's address bar shows "localhost/coleita/formEquipe.php". The form has a green header with the title "Cadastro de Equipes". Below the header, there are three input fields: "Código :", "Descrição :", and "Num. Integrantes :". At the bottom of the form, there are six buttons: "Gravar", "Alterar", "Excluir", "Cancelar", "Consultar", and "Menu Principal". The browser's title bar says "Formulário Equipes".

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os botões Cancelar e Menu Principal estão presentes em todos os formulários do sistema, conforme funcionalidades já citadas.

O Cadastro de Serviços é exposto na figura 29; o item é destinado à descrição do serviço, além de detalhes sobre a tarefa no campo observação.

Figura 29 – Cadastro de serviços

A screenshot of a web browser window showing a form titled "Cadastro de Serviços". The browser's address bar shows "localhost/coleita/formServico.php". The form has a green header with the title "Cadastro de Serviços". Below the header, there are three input fields: "Código :", "Descrição :", and "Observação :". At the bottom of the form, there are six buttons: "Gravar", "Alterar", "Excluir", "Cancelar", "Consultar", and "Menu Principal". The browser's title bar says "Formulário Serviços".

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os serviços cadastrados podem ser consultados e alterados conforme necessidade. Entretanto, a exclusão de registros somente é permitida pelo sistema, caso o serviço não tenha sido relacionado em um cronograma de serviços ou no registro de serviços prestados.

O Cadastro de Contêineres é composto por tipo do contêiner, normalmente identificado pela cor; data de instalação; bairro e rua de localização; ponto em que o contêiner foi disponibilizado. Conforme figura 30, também podem ser adicionados detalhes a esse registro por meio do campo observação.

Figura 30 – Cadastro de contêineres



The image shows a screenshot of a web browser window. The browser's address bar displays 'localhost/coleta/FormContainer.php'. The page features a decorative header with a repeating pattern of green icons representing various waste management elements like trees, recycling symbols, and vehicles. Below the header is a form titled 'Cadastro de Contêineres' with a light green background. The form contains the following fields: 'Código :', 'Tipo :', 'Data Instalação :', 'Bairro :', 'Rua :', 'Ponto :', and 'Observação :'. At the bottom of the form, there are six buttons: 'Gravar', 'Alterar', 'Excluir', 'Cancelar', 'Consultar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Quando houver retirada de contêiner de um ponto ou endereço, o respectivo registro pode ser excluído. Em caso de mudança de localização, o registro pode ser alterado.

Os veículos utilizados na coleta de resíduos seguem rotas predefinidas; esses percursos são transcritos no Cadastro de Rotas, devendo conter a descrição da rota a ser executada, número de contêineres, a distância a ser percorrida pelo veículo coletor dos resíduos e detalhes sobre esse procedimento, conforme formulário exposto na figura 31.

Figura 31 – Cadastro de rotas



The image shows a web browser window with the title 'Formulário Cadastro de Rotas'. The address bar shows the file path 'file:///C:/xampp/htdocs/coleta/formRota.php'. The page features a decorative header with green icons of an apple, a leaf, a car, and a lightbulb. Below the header is a form titled 'Cadastro de Rotas' with a green background. The form contains the following fields and buttons:

- Código :** A text input field.
- Descrição :** A text input field.
- Número de Contêineres :** A text input field.
- Distância em km:** A text input field.
- Observação :** A text area.
- Buttons: Gravar, Alterar, Excluir, Cancelar, Consultar, Menu Principal.

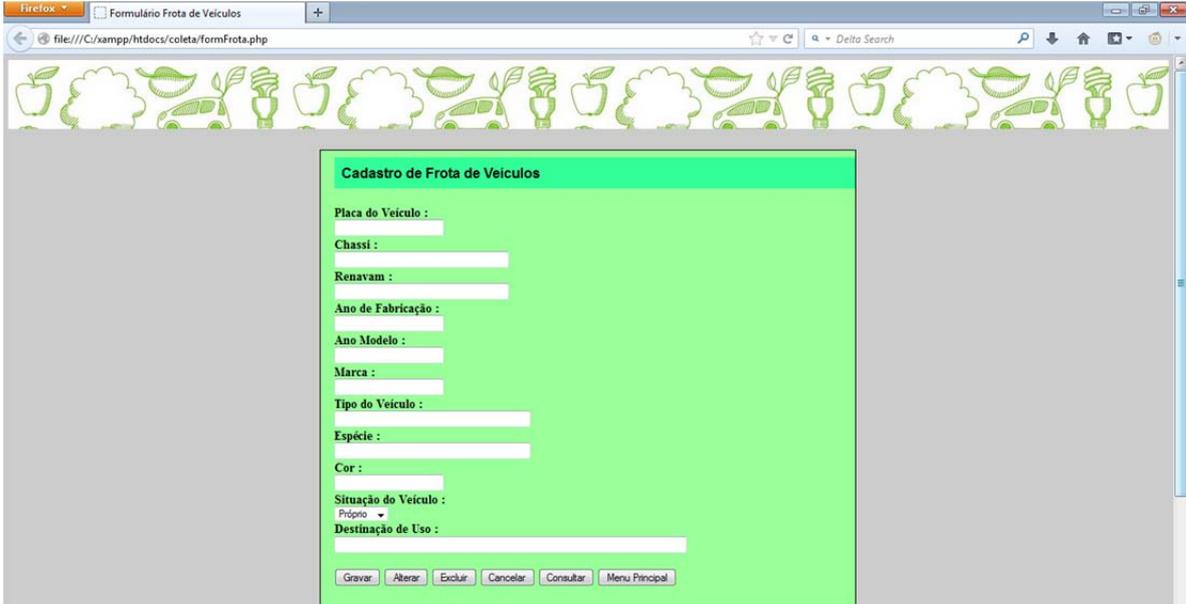
Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Dados sobre determinada rota podem ser modificados por meio da opção Alterar, e consultados pelo botão Consultar. Conforme restrição de integridade referencial⁵ imposta pelo banco de dados, da mesma forma que no Cadastro de Serviços, a opção Excluir do Cadastro de Rotas possibilita a remoção de uma rota, caso ela não esteja indexada a nenhum registro da coleta de resíduos.

O formulário de Cadastro de Frota de Veículos é apresentado na figura 32. Os veículos próprios e terceirizados utilizados na coleta de RSU e prestação de serviços devem estar registrados na frota. Os atributos a serem preenchidos são placa; chassi; renavam; ano de fabricação e modelo; marca; tipo do veículo; espécie; cor – os quais são obtidos junto ao certificado de registro e licenciamento de veículo; situação – locado ou próprio; destinação de uso – a finalidade para qual o veículo será utilizado.

⁵ É especificada entre duas relações e usada para manter a consistência entre tuplas nas duas relações. Informalmente, a restrição de integridade referencial afirma que uma tupla em uma relação que referencia outra relação precisa se referir a uma tupla existente nessa relação (ELMASRI & VAVATHE, 2011. P. 47).

Figura 32 – Cadastro da frota de veículos



The image shows a screenshot of a web browser window displaying a form for vehicle registration. The browser's address bar shows the file path: file:///C:/xampp/htdocs/coleta/formFrota.php. The form is titled "Cadastro de Frota de Veiculos" and contains the following fields:

- Placa do Veículo :
- Chassi :
- Renavam :
- Ano de Fabricação :
- Ano Modelo :
- Marca :
- Tipo do Veículo :
- Especie :
- Cor :
- Situação do Veículo :
Próprio
- Destinação de Uso :

At the bottom of the form, there are several buttons: Gravar, Alterar, Excluir, Cancelar, Consultar, and Menu Principal.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

As alterações em um veículo cadastrado podem ser atualizadas no sistema pela opção Alterar. A exclusão de dados segue as regras de integridade do banco de dados, independente do veículo ser próprio ou terceirizado. A opção Consultar permite visualizar dados da frota ou de determinado veículo.

A coleta de RSU é registrada por meio do formulário Registro de Coleta de Resíduos, acessível no Menu Registros. Os atributos placa do veículo e rota não podem ser digitados, somente selecionados nos respectivos campos; estes atributos devem ser primeiramente cadastrados na frota de veículos e rota, para após serem utilizados no registro da coleta. Esse processo é complementado com data e hora - indicam o início da coleta de resíduos; empresa responsável pela coleta; quilometragem do veículo no início do processo e no momento da chegada ao transbordo; e o tipo da coleta - identificando o produto que está sendo transportado (orgânico, sólido ou misto). O formulário para registro de coleta de resíduos é apresentado na figura 33.

Figura 33 – Registro de coleta de resíduos

The image shows a web browser window with the title 'Formulário Registro de Coleta de Resíduos'. The address bar contains 'localhost/coleta/formColeta.php'. The page features a decorative header with icons of an apple, a leaf, a recycling symbol, and a car. The main content is a form titled 'Registro de Coleta de Resíduos' with the following fields:

- Placa do Veículo :** -- seleccione o veículo --
- Rota :** -- seleccione a rota --
- Data :** [text input]
- Hora :** [text input]
- Empresa :** [text input]
- Quilometragem Inicial :** [text input]
- Quilometragem Transbordo :** [text input]
- Tipo da Coleta:** Resíduo sólido reciclável

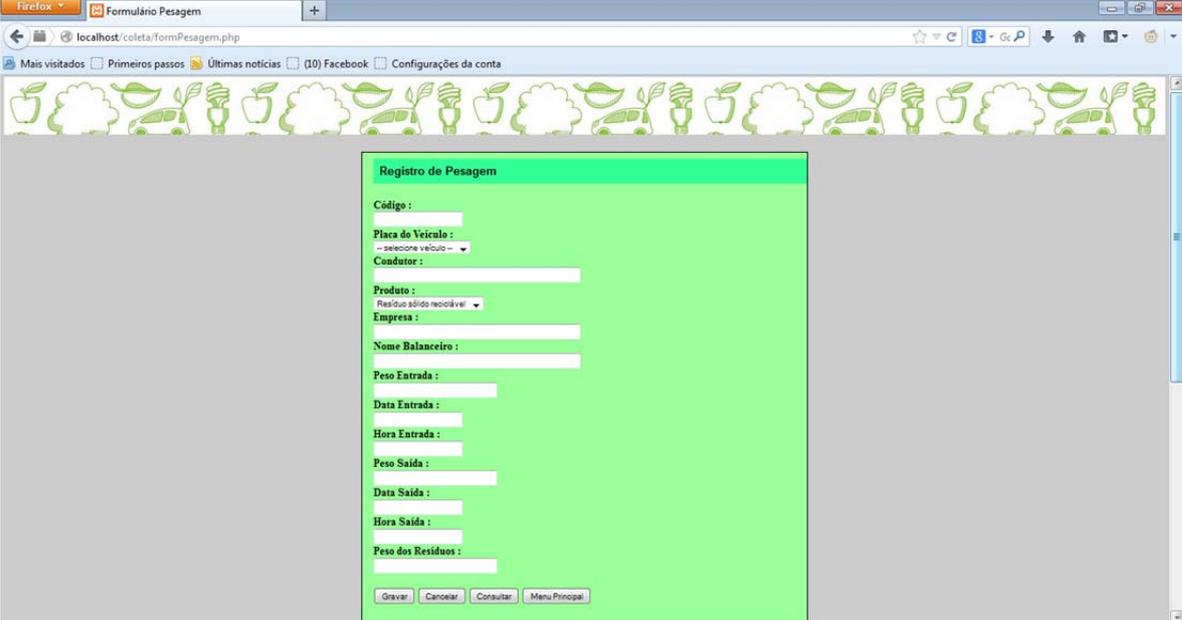
At the bottom of the form are buttons: Gravar, Alterar, Cancelar, Consultar, and Menu Principal.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Dados sobre a coleta podem ser consultados e alterados por pessoas devidamente autorizadas. Entretanto, não é permitida a exclusão de coleta após seu registro.

A pesagem de caminhões transportadores de resíduos sólidos é executada junto à área de transbordo, no momento da descarga. Para registrar esse processo, o sistema gera um código de pesagem, sendo necessário informar a placa do veículo – previamente cadastrado na frota; o condutor do caminhão; o produto a ser descarregado (resíduo sólido reciclável, resíduo sólido orgânico ou misto); empresa responsável pela coleta dos resíduos; nome do balanceiro; peso do veículo na entrada e na saída; data e hora são preenchidas automaticamente pelo sistema. O atributo peso dos resíduos é calculado automaticamente pelo sistema, subtraindo o peso de entrada do veículo pelo peso de saída. A tela para execução desse processo pode ser visualizada na figura 34.

Figura 34 – Registro de pesagem de veículos



The image shows a screenshot of a web browser window titled 'Formulário Pesagem'. The address bar shows 'localhost/coleita/formPesagem.php'. The page has a decorative header with green icons of leaves and fruit. The main content is a form titled 'Registro de Pesagem' with a green background. The form contains the following fields:

- Código :
- Placa do Veículo :
- Condutor :
- Produto :
- Empresa :
- Nome Balanceiro :
- Peso Entrada :
- Data Entrada :
- Hora Entrada :
- Peso Saída :
- Data Saída :
- Hora Saída :
- Peso dos Resíduos :

At the bottom of the form are four buttons: Gravar, Cancelar, Consultar, and Menu Principal.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Vale ressaltar que os registros referentes à pesagem de veículos, após gravados, não podem ser alterados nem excluídos, estando disponíveis apenas para consulta.

Os órgãos responsáveis pela prestação de serviços podem agendar as tarefas utilizando o formulário de Registro de Cronograma de Serviços (figura 35). Este processo inicia com a indicação da equipe para realização da tarefa, que deve estar registrada no Cadastro de Equipes. Caso seja necessário um veículo para auxiliar este procedimento, deve-se informar a sua placa, que deve existir no Cadastro de Frota de Veículos. A mesma regra de integridade referencial vale para indicação do serviço a ser prestado. A data e a hora previstas para início e local da tarefa devem ser informadas, e no atributo observação podem ser relatados detalhes sobre o procedimento.

Figura 35 – Registro de cronograma de serviços



The image shows a screenshot of a web browser window displaying a form titled "Registro de Cronograma". The browser's address bar shows "localhost/coleita/ferm/Crono.php". The form is set against a light green background and features a decorative header with icons of leaves and fruit. The form fields include:

- Código :** A text input field.
- Equipe :** A dropdown menu with the text "--selecione equipe --".
- Placa do Veículo :** A dropdown menu with the text "--selecione veículo --".
- Serviço :** A dropdown menu with the text "--selecione serviço --".
- Data :** A text input field.
- Hora :** A text input field.
- Local do Serviço :** A text input field.
- Concretizado :** A dropdown menu with the text "Não".
- Observação :** A large text area for notes.

At the bottom of the form, there are six buttons: "Gravar", "Alterar", "Excluir", "Cancelar", "Consultar", and "Menu Principal".

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Um cronograma pode ser alterado quando ocorrerem mudanças, e excluído caso o serviço tenha sido cancelado. No momento em que um serviço agendado for executado, deve-se registrar esta operação no sistema, marcando a opção "Concretizado – Sim". Após este processo, o cronograma não pode ser alterado nem excluído. Dados sobre os cronogramas podem ser consultados individualmente ou agrupados em serviços concretizados ou a serem prestados.

Os serviços executados são gravados no Registro de Serviços Prestados, por meio dos atributos equipe executora da tarefa, placa do veículo (caso utilizado), serviço prestado, data e hora inicial do trabalho, local do serviço, local de descarte dos resíduos quando houver, e observações sobre a execução da tarefa. A figura 36 exhibe o formulário para Registro de Serviços Prestados.

Figura 36 – Registro de serviços prestados

The screenshot shows a web browser window with the title 'Formulário Serviço Prestado'. The address bar shows 'localhost/coleta/formServPres.php'. The page has a decorative header with green icons of leaves and flowers. The main content is a green-bordered form titled 'Registro de Serviços Prestados'. The form contains the following fields and controls:

- Código:** A text input field.
- Equipe:** A dropdown menu with the text '-- seleccione a equipe --'.
- Placa do Veículo:** A dropdown menu with the text '-- seleccione o veiculo --'.
- Serviço:** A dropdown menu with the text '-- seleccione o serviço --'.
- Data:** A text input field.
- Hora:** A text input field.
- Local do Serviço:** A text input field.
- Local de Descarte:** A text input field.

At the bottom of the form are six buttons: 'Gravar', 'Alterar', 'Excluir', 'Cancelar', 'Consultar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Após o registro de um serviço prestado, este pode ser alterado ou excluído somente por usuários com nível de privilégio para a função. Na opção Consultar, é possível examinar dados sobre a prestação de serviços.

O Menu Relatórios permite a geração de relatórios sobre os cadastros e registros. É possível emitir relatórios conforme necessidade do usuário. Quando for necessário listar todas as informações de um determinado cadastro, pode-se clicar diretamente no botão Gerar Relatório.

O formulário para emissão de relatórios de usuários do sistema pode ser visto na figura 37. É necessário informar o intervalo de código para o usuário - código inicial e código final, ou seja, serão listados usuários que tenham seu código no intervalo especificado, podendo também ser filtrado por setor de atuação.

Figura 37 – Formulário para emissão de relatórios de usuários do sistema

The screenshot shows a web browser window with the title 'Relatório de Usuários'. The address bar shows 'file:///C:/xampp/htdocs/coleta/formRelUsuario.php'. The page has a decorative header with green icons of leaves and flowers. The main content is a green-bordered form titled 'Relatório de Usuários do Sistema'. The form contains the following fields and controls:

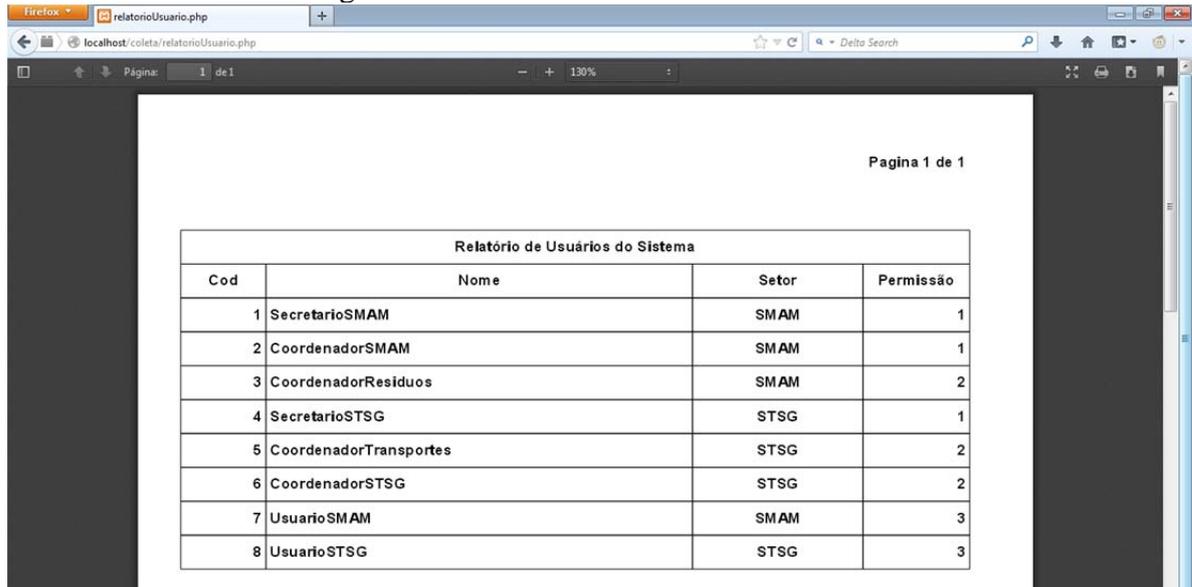
- Código Inicial:** A text input field.
- Código Final:** A text input field.
- Setor Lotação:** A text input field.

At the bottom of the form are three buttons: 'Gerar Relatório', 'Cancelar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Para exibir todos os usuários do sistema pode-se seguir o padrão e deixar os campos em branco, ou inserir “0” para o código inicial e um número maior ou igual ao último usuário para o código final. O setor de lotação deve ficar em branco, caso contrário ele listará somente os setores correspondentes ao informado. Por meio da figura 38 pode ser visto um modelo de relatório de usuários do sistema.

Figura 38 – Relatório de usuários do sistema



Relatório de Usuários do Sistema			
Cod	Nome	Setor	Permissão
1	SecretarioSMAM	SMAM	1
2	CoordenadorSMAM	SMAM	1
3	CoordenadorResiduos	SMAM	2
4	SecretarioSTSG	STSG	1
5	CoordenadorTransportes	STSG	2
6	CoordenadorSTSG	STSG	2
7	UsuarioSMAM	SMAM	3
8	UsuarioSTSG	STSG	3

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O relatório da figura 38 detalha código, nome de usuários do sistema, setor de lotação e nível de privilégio.

A figura 39 apresenta o formulário para geração de relatórios de equipes prestadoras de serviços. Neste processo é necessário informar o código da equipe inicial e código da equipe final; assim, serão listadas todas as equipes neste intervalo, com a descrição e número de integrantes.

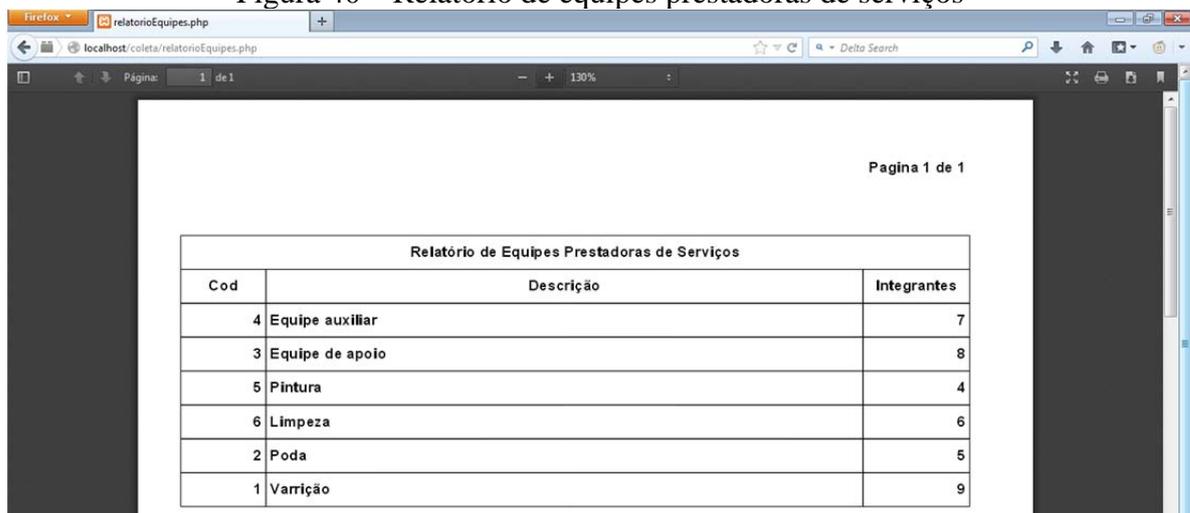
Figura 39 – Formulário para emissão de relatórios de equipes prestadoras de serviços



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Quando for necessário listar uma única equipe deve-se informar o código dessa equipe nos campos correspondentes ao código inicial e código final. Um exemplo de relatório de equipes prestadoras de serviços pode ser visualizado na figura 40.

Figura 40 – Relatório de equipes prestadoras de serviços



Relatório de Equipes Prestadoras de Serviços		
Cod	Descrição	Integrantes
4	Equipe auxiliar	7
3	Equipe de apoio	8
5	Pintura	4
6	Limpeza	6
2	Poda	5
1	Varrição	9

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os atributos código, descrição da equipe e número de integrantes, detalhados no Relatório de Equipes Prestadoras de Serviços (figura 40), representam dados pertencentes à classe Equipe.

Para gerar relatórios sobre os serviços que podem ser prestados, deve-se acessar o formulário de Relatórios de Serviços (figura 41), e preencher os campos código inicial e código final, seguindo o padrão do formulário de Relatórios de Usuários do Sistema.

Figura 41 – Formulário para emissão de relatórios de serviços



Relatório de Serviços

Código Inicial:

Código Final:

Gerar Relatório Cancelar Menu Principal

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Por meio do formulário de Relatórios de Cadastro de Serviços, exposto na figura 41, podem ser visualizados os serviços a serem prestados. A figura 42 exibe um modelo de relatório de cadastro de serviços.

Figura 42 – Relatório de cadastro de serviços



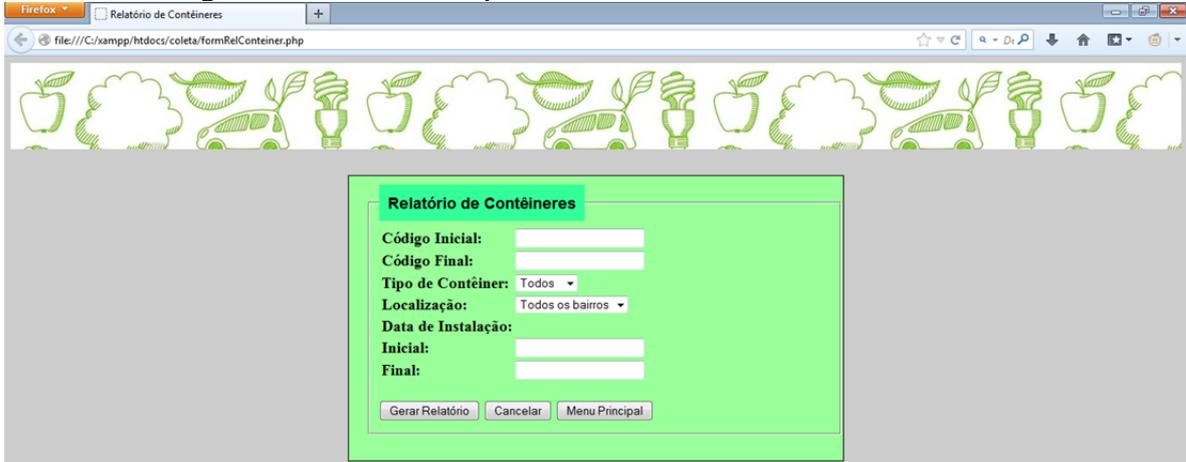
Relatório de Cadastro de Serviços		
Cod	Serviço	Observação
1	Varrição de ruas e avenidas	incluindo canteiros centrais
2	Varrição de praças	
3	Limpeza de terrenos baldios	
5	Poda de árvores	
6	Limpeza de pátios escolares	escolas municipais
7	Pintura do meio fio	
8	Pintura de estabelecimentos	públicos

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O Relatório de Cadastro de Serviços, listado na figura 42, detalha os serviços disponíveis com as respectivas observações em ordem crescente de código.

No formulário Relatórios de Contêineres, conforme exposto na figura 43, devem ser preenchidos os atributos Código Inicial e Código Final; o tipo de contêiner – classificado por cor ou todas as cores; localização – bairro de instalação ou todas as regiões; e intervalo de datas de instalação dos contêineres.

Figura 43 – Formulário para emissão de relatórios de Contêineres



Relatório de Contêineres

Código Inicial:

Código Final:

Tipo de Contêiner: Todos ▾

Localização: Todos os bairros ▾

Data de Instalação:

Inicial:

Final:

Gerar Relatório Cancelar Menu Principal

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Usando o formulário Relatórios de Contêineres (figura 43), obtém-se o Relatório de Contêineres, que lista o código do contêiner, data da instalação, tipo conforme cor, bairro, rua, ponto de instalação, e observações relacionadas ao contêiner. Este relatório pode ser analisado na figura 44.

Figura 44 – Relatório de Contêineres

Relatório de Contêineres						
Cod	Instalação	Tipo	Bairro	Rua	Ponto	Observação
1	2013-08-13	laranja	centro	Av. Brasil	10	novo
2	2012-02-22	azul	Bosque	lateral 1	7	próximo ao mercado
4	2013-05-25	laranja	Bosque	lateral 1	7	próximo ao mercado
5	2013-08-13	azul	centro	Av. Brasil	10	novo
8	2013-09-05	azul	centro	morom	2	novo
9	2013-09-05	laranja	centro	Morom	2	usado

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O Relatório de Contêineres (figura 44) foi gerado listando os registros em ordem crescente de código. Todos os registros existentes na classe Contêiner estão relacionados no relatório, pois não foram aplicados filtros.

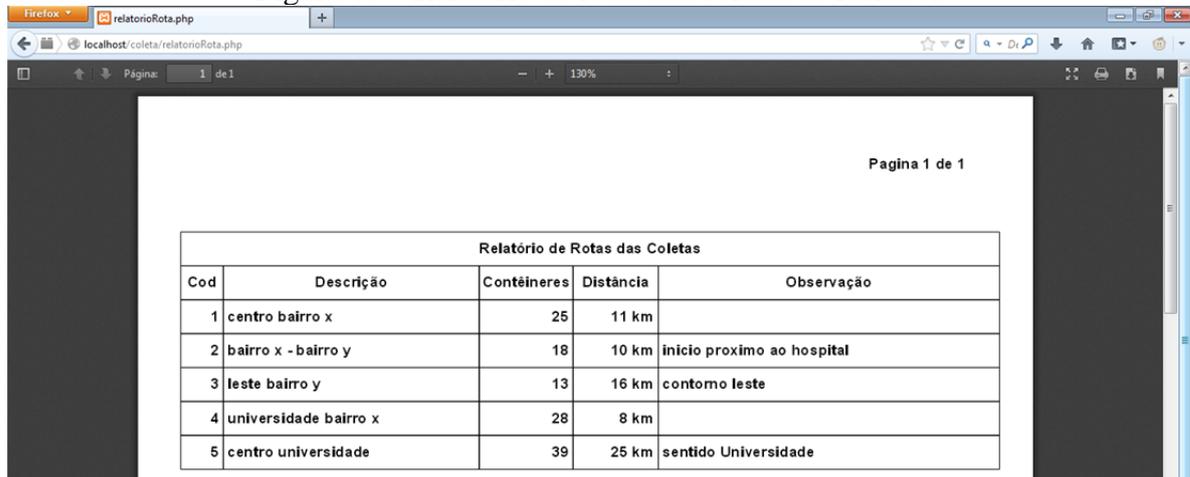
Na emissão de relatórios referentes às rotas, são listados dados como código da rota, descrição da rota – podendo citar o local de início da coleta, caminho percorrido e local de término da coleta; número de contêineres, distância total da rota em quilômetros; e observações sobre a rota. A figura 45 apresenta o formulário para emissão de relatórios de rotas de coleta de RSU.

Figura 45 – Formulário para emissão de relatórios de rotas de coleta de resíduos

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Para emissão dos relatórios referentes às rotas de coleta de resíduos, devem ser preenchidos os campos código inicial e código final. Um relatório de Rotas das Coletas de Resíduos é exposto na figura 46.

Figura 46 – Relatório de rotas das coletas de resíduos



Relatório de Rotas das Coletas				
Cod	Descrição	Contêineres	Distância	Observação
1	centro bairro x	25	11 km	
2	bairro x - bairro y	18	10 km	inicio proximo ao hospital
3	leste bairro y	13	16 km	contorno leste
4	universidade bairro x	28	8 km	
5	centro universidade	39	25 km	sentido Universidade

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os dados apresentados no Relatório de Rotas das Coletas exibem particularidades das rotas, como descrição, número de contêineres e distância do percurso da coleta.

O formulário para emissão de Relatórios de Frota de Veículos é exposto na figura 47. No procedimento de geração de relatório pode ser informada uma placa de veículo específica, tipo do veículo, e destinação de uso do veículo.

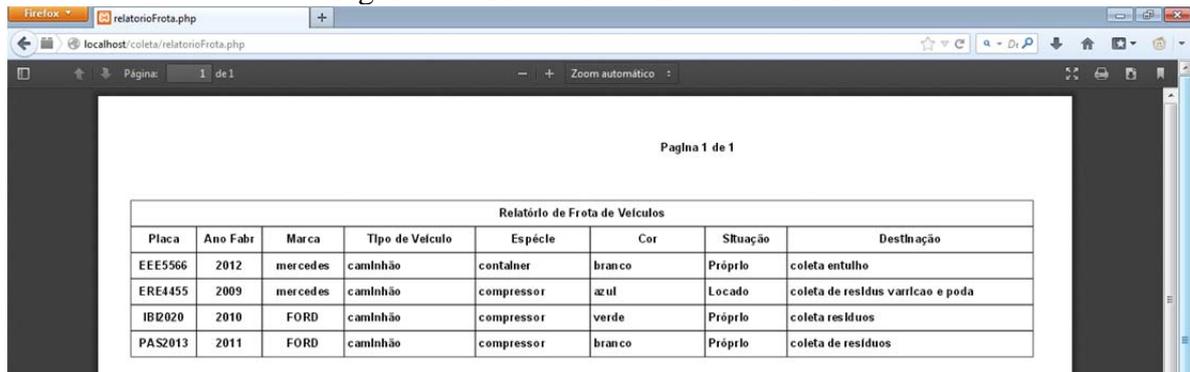
Figura 47 – Formulário para emissão de relatórios de frota de veículos



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Conforme a figura 47, a opção Gerar Relatório permite a emissão do Relatório de Frota de Veículos. Um exemplo deste relatório pode ser analisado na figura 48.

Figura 48 – Relatório de frota de veículos



Página 1 de 1

Relatório de Frota de Veículos							
Placa	Ano Fabr	Marca	Tipo de Veículo	Espécie	Cor	Situação	Destinação
EEE5566	2012	mercedes	caminhão	contalner	branco	Próprio	coleta entulho
ERE4455	2009	mercedes	caminhão	compressor	azul	Locado	coleta de resíduos varricao e poda
IBQ020	2010	FORD	caminhão	compressor	verde	Próprio	coleta resíduos
PAS2013	2011	FORD	caminhão	compressor	branco	Próprio	coleta de resíduos

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os dados sobre a frota de veículos listados no relatório correspondem aos do certificado de registro e licenciamento de veículo, situação do veículo – locado ou próprio, e a destinação de uso, conforme exposto na figura 48.

A figura 49 exhibe o formulário de emissão de relatórios sobre os registros de serviços prestados. Neste processo podem ser apresentados dados respeitando intervalos de datas, ou seja, datas da prestação de serviços entre a data inicial e a data final; um determinado tipo de serviço; e uma equipe.

Figura 49 – Formulário para emissão de relatórios de serviços prestados



Relatório de Serviços Prestados

Data Inicial:

Data Final:

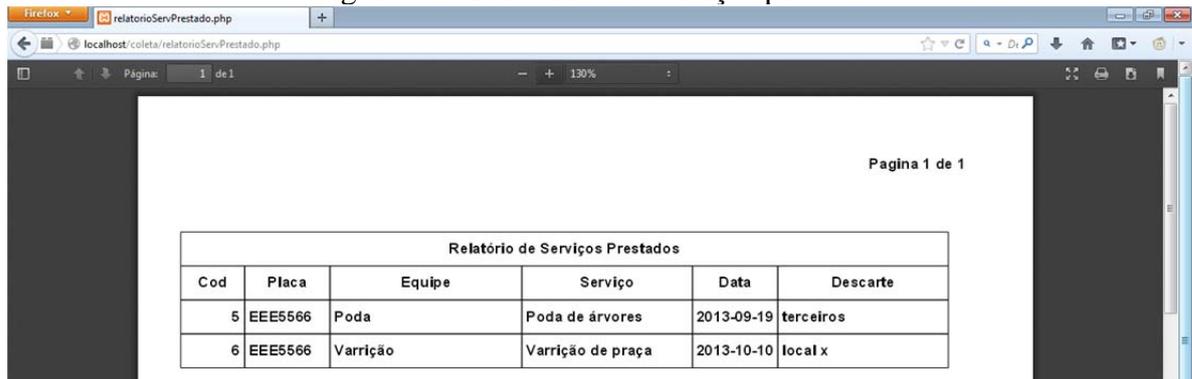
Serviço:

Equipe:

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O Formulário para emissão de relatório de serviços prestados apresentado na figura 49 permite listar somente informações de serviços já prestados. Um modelo de Relatório de Serviços Prestados é exposto na figura 50.

Figura 50 – Relatório dos serviços prestados



Relatório de Serviços Prestados					
Cod	Placa	Equipe	Serviço	Data	Descarte
5	EEE5566	Poda	Poda de árvores	2013-09-19	terceiros
6	EEE5566	Varrição	Varrição de praça	2013-10-10	local x

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Como pode ser visto na figura 50, no relatório de Serviços Prestados são listados código do serviço prestado, data da execução do serviço, descrição do serviço, nome da equipe, veículos utilizados e ponto de descarte de resíduos.

Os serviços agendados podem ser listados com o formulário para emissão de relatórios de cronogramas de serviços (figura 51). Na geração dos relatórios devem ser preenchidos os campos código inicial e final do cronograma, período a ser realizado – intervalo de datas, serviços agendados, equipes e veículos caso utilizados. Podem ser aplicados filtros em apenas um ou mais atributos, dependendo da necessidade do usuário.

Figura 51 – Formulário para emissão de relatórios de cronogramas de serviços



Relatório de Cronogramas de Serviços

Código Inicial:

Código Final:

Data Inicial:

Data Final:

Serviço:

Equipe:

Veiculo:

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Por meio do formulário de relatórios de cronogramas de serviços somente serão listados serviços não concretizados, pois os já efetivados podem ser visualizados pelos relatórios de serviços prestados. O Relatório de Cronogramas de Serviços (figura 52) apresenta os cronogramas de serviços programados para o dia 20/12/2013.

Figura 52 – Relatório de cronogramas de serviços



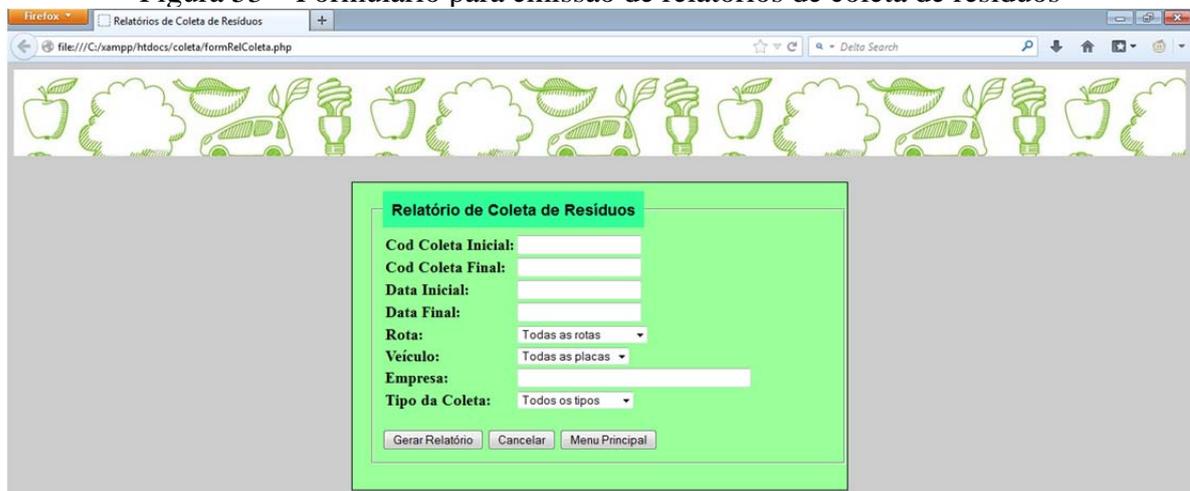
Relatório de Cronograma de Serviços							
Cod	Equipe	placa	Serviço	Data	Hora	Local do Serviço	Obs
3	Varição		Varição de praças	2013-12-20	13:30:00	Praça central x	
4	Limpeza	IBQ20	Limpeza de pátios escolares	2013-12-20	14:31:23	Escola municipal X	caminhão para recolher resíduos
5	Podá	PAS2013	Podá de árvores	2013-12-20	14:00:00	canteiro central rua x n 2222	Caminhão para coleta de galhos
6	Limpeza	EEE5566	Limpeza de pátios escolares	2013-12-20	08:00:00	Escola municipal Y	zelador auxiliará equipe
7	Podá	PAS2013	Podá de árvores	2013-12-20	15:30:00	Pátio da escola Municipal X	Caminhão para coleta de galhos

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Conforme figura 52, no Relatório de Cronograma de Serviços podem ser analisados dados como equipe, placa do veículo, serviço agendado data e hora para execução, local do trabalho e observações.

O formulário de Relatórios de Coleta de Resíduos (figura 53) permite a listagem de dados aplicando filtros nos campos código da coleta – com intervalo de códigos; data da coleta – intervalo de datas; rota da coleta de resíduos; veículo utilizado no transporte; empresa responsável e tipo de coleta.

Figura 53 – Formulário para emissão de relatórios de coleta de resíduos



Relatório de Coleta de Resíduos

Cod Coleta Inicial:

Cod Coleta Final:

Data Inicial:

Data Final:

Rota:

Veículo:

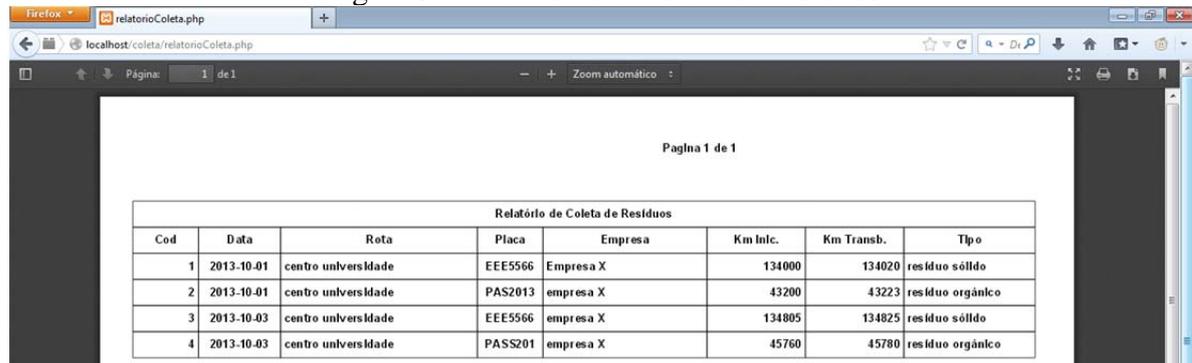
Empresa:

Tipo da Coleta:

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Entre as diversas possibilidades de filtros disponíveis para geração do Relatório de Coleta de Resíduos, conforme mostra a figura 53, ao optar por uma rota e tipo de coleta em um período de tempo, obtém-se a quantidade de resíduos coletados na região em um determinado período. A figura 54 exibe um modelo de Relatório de Coleta de Resíduos.

Figura 54 – Relatório de coleta de resíduos



Relatório de Coleta de Resíduos							
Cod	Data	Rota	Placa	Empresa	Km Inic.	Km Transb.	Tipo
1	2013-10-01	centro unversidade	EEE5566	Empresa X	134000	134020	resíduo sólido
2	2013-10-01	centro unversidade	PAS2013	empresa X	43200	43223	resíduo orgânico
3	2013-10-03	centro unversidade	EEE5566	empresa X	134805	134825	resíduo sólido
4	2013-10-03	centro unversidade	PASS201	empresa X	45760	45780	resíduo orgânico

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O relatório sobre a coleta de resíduos (figura 54) lista o código da coleta, data, rota executada, veículo utilizado, empresa responsável, quilometragem no início da coleta e ao chegar à área de transbordo, e o tipo da coleta.

Os relatórios referentes aos registros de pesagem de caminhões, conforme figura 55, permitem filtros no código – intervalo de códigos; data – intervalo de datas; um determinado veículo que executou o trabalho identificado pela placa, ou todos os veículos; e a empresa responsável pelo transporte.

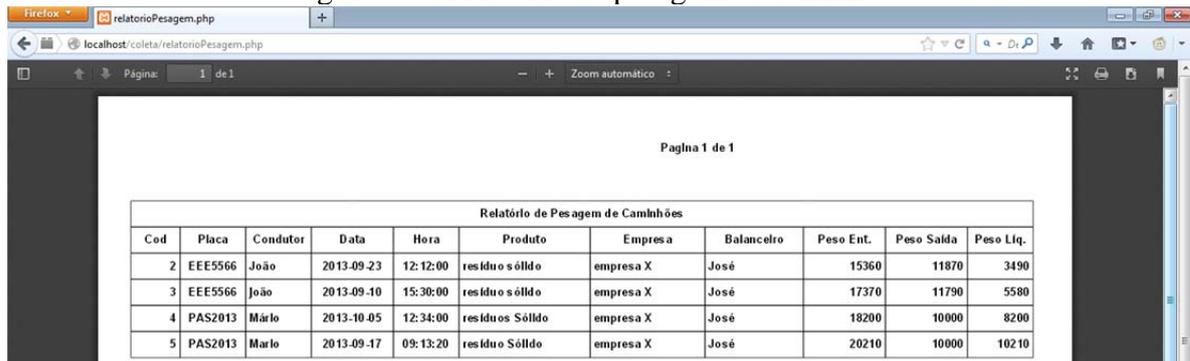
Figura 55 – Formulário para emissão de relatórios de pesagem de caminhões



Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Os relatórios relacionados à pesagem de caminhões permitem diversas combinações de dados em suas listagens, dependendo dos filtros aplicados. Um exemplo de Relatório de Pesagem de Caminhões pode ser visualizado na figura 56.

Figura 56 – Relatório de pesagem de caminhões



Relatório de Pesagem de Caminhões										
Cod	Placa	Condutor	Data	Hora	Produto	Empresa	Balancelro	Peso Ent.	Peso Saída	Peso Líq.
2	EEE5566	João	2013-09-23	12:12:00	resíduo sólido	empresa X	José	15360	11870	3490
3	EEE5566	João	2013-09-10	15:30:00	resíduo sólido	empresa X	José	17370	11790	5580
4	PAS2013	Marlo	2013-10-05	12:34:00	resíduos Sólido	empresa X	José	18200	10000	8200
5	PAS2013	Marlo	2013-09-17	09:13:20	resíduo Sólido	empresa X	José	20210	10000	10210

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O campo peso líquido refere-se à quantidade de resíduos depositados na área de transbordo, como pode ser analisado na figura 56; esse valor é resultante do peso de entrada do veículo na área de transbordo subtraído do peso do veículo após descarga.

O Menu Reciclagem possibilita cadastros, registros e relatórios referentes ao processo de reciclagem de RSU envolvendo associações, recicladores, materiais, classificação e destinação de resíduos e materiais não recicláveis.

Para cadastrar cooperativas e associações de recicladores (figura 57), devem ser preenchidos os atributos descrição - equivalente ao nome fantasia, razão social, endereço, responsável pela associação e observação. Para uma associação já cadastrada há a possibilidade de alteração e consulta de dados, permitindo também exclusão, caso não existam associados ligados a ela.

Figura 57 – Cadastro de cooperativas e associações de recicladores



Cadastro de Cooperativas e Associações

Código :

Descrição :

Razão Social :

Endereço :

Responsáveis :

Observação :

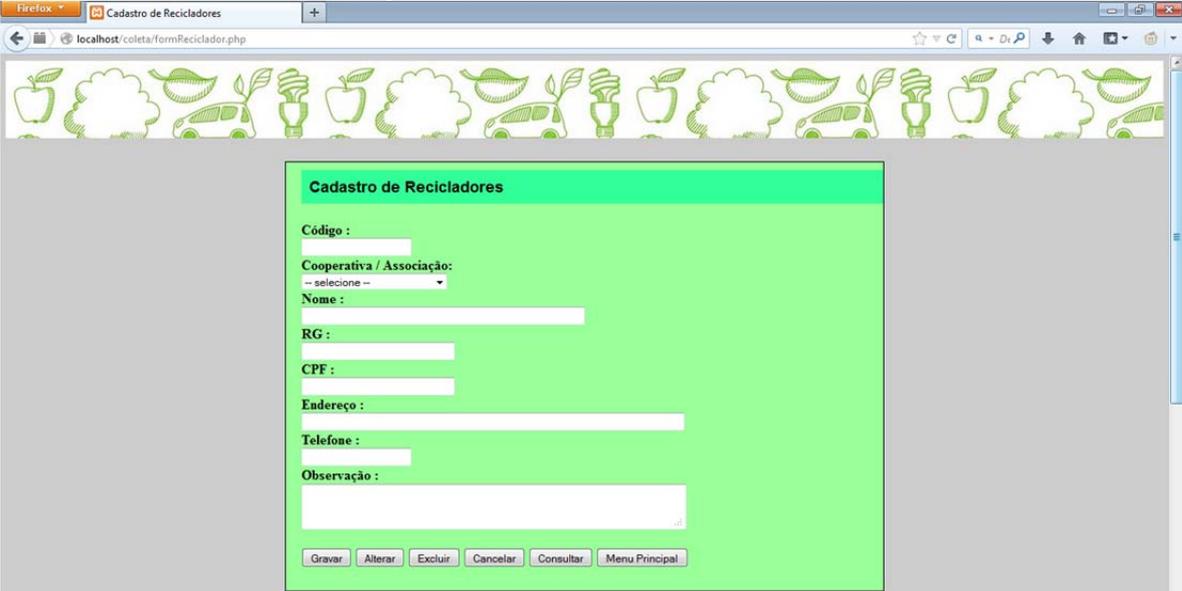
Gravar Alterar Excluir Cancelar Consultar Menu Principal

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Uma associação denominada Autônomo pode ser cadastrada para representar os catadores autônomos, ou seja, para classificar os recicladores não associados ou cooperados em uma categoria de trabalhadores autônomos.

Dados sobre os recicladores associados e autônomos são gravados por meio do cadastro de recicladores. Nesse procedimento é necessário informar a associação a que o reciclador pertence. Para os autônomos seleciona-se a opção Autônomo que deve ter sido registrada anteriormente no Cadastro de Associações. Os atributos nome do reciclador, RG, CPF, endereço, telefone e observação também são necessários. A figura 58 exibe o Cadastro de Recicladores.

Figura 58 – Cadastro de recicladores



The image shows a web browser window with the title 'Cadastro de Recicladores'. The address bar shows 'localhost/coleta/formReciclador.php'. The page has a decorative header with green icons of recycling symbols. The main content is a form with a green background and a white border. The form fields are: 'Código' (text input), 'Cooperativa / Associação' (dropdown menu with '-- seleccione --'), 'Nome' (text input), 'RG' (text input), 'CPF' (text input), 'Endereço' (text input), 'Telefone' (text input), and 'Observação' (text area). At the bottom of the form, there are six buttons: 'Gravar', 'Alterar', 'Excluir', 'Cancelar', 'Consultar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Neste cadastro é possível consultar dados sobre os recicladores e catadores, alterar e excluir os registros.

O Cadastro de Materiais Recicláveis e Não Recicláveis é exibido na figura 59, em que o atributo tipo corresponde ao material classificado a ser reciclado ou designado à destinação final, por exemplo, vidro, alumínio, ferro, plástico, orgânico, etc. Na observação podem ser inseridas informações complementares sobre o material cadastrado.

Figura 59 – Cadastro de materiais recicláveis e não recicláveis



The image shows a web browser window with the title 'Formulário Material'. The address bar shows 'localhost/coleta/formMaterial.php'. The page features a decorative header with green icons of recycling symbols. The main content is a form titled 'Cadastro de Materiais' with a green background. The form contains three input fields: 'Código', 'Tipo', and 'Observação'. Below the fields are six buttons: 'Gravar', 'Alterar', 'Excluir', 'Cancelar', 'Consultar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

A opção Consultar permite visualizar dados sobre os materiais cadastrados; modificações nos registros podem ser feitas pelo botão Alterar. Materiais podem ser excluídos respeitando as restrições de integridade referencial.

O Registro de Reciclagem é executado no momento em que os resíduos classificados são destinados à reciclagem, e os não recicláveis designados à destinação final. O processo é iniciado com a identificação da associação responsável pela classificação dos resíduos, data de envio do material para a reciclagem, destinatário - corresponde ao comprador do material reciclável, e o valor total dos resíduos, preenchido automaticamente pelo sistema no momento em que o registro dos itens da reciclagem for finalizado.

No Registro dos Itens da Reciclagem deve ser informado o material destinado à reciclagem, peso, valor por quilograma. O valor total do item é calculado automaticamente pelo sistema multiplicando o peso do material pelo valor do quilograma. A soma dos valores totais dos itens vai resultar no valor total da reciclagem. O formulário para Registro de Reciclagem é apresentado na figura 60.

Figura 60 – Registro de reciclagem

The image shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/coleta/formReciclagem.php'. The page has a decorative header with green icons of recycling symbols. The main content area features a green-bordered form titled 'Registro de Reciclagem'. The form includes the following fields and controls:

- Código :** Text input field.
- Cooperativa / Associação :** Dropdown menu with '-- seleccione --'.
- Data :** Text input field.
- Destinatário :** Text input field.
- Valor Total :** Text input field.
- Buttons: Gravar, Estornar, Cancelar, Consultar, Menu Principal.

Below this is a second form section with a green header 'Registro de Destinação de Materiais Não Recicláveis':

- Código da Reciclagem :** Text input field.
- Material :** Dropdown menu with '-- seleccione material --'.
- Peso :** Text input field.
- Valor do Kg :** Text input field.
- Total do Item :** Text input field.
- Buttons: Gravar, Estornar, Cancelar.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Dados sobre a reciclagem podem ser consultados, porém, não são permitidas alterações nem exclusões de registros após finalizar o processo; o sistema possibilita apenas estorno de registros.

Os materiais não recicláveis, quando designados à compostagem e à destinação final, devem ter os registros da destinação gravados por meio do formulário de Registro de Destinação de Materiais Não Recicláveis, identificando a data de destinação, tipo do material, forma de destinação, local para onde será designado, e o peso do material. O processo de registro desses materiais é executado utilizando o formulário exposto na figura 61.

Figura 61 – Registro de destinação de materiais não recicláveis

The image shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/coleta/formDestinacao.php'. The page has a decorative header with green icons of recycling symbols. The main content area features a green-bordered form titled 'Registro de Destinação de Materiais Não Recicláveis'. The form includes the following fields and controls:

- Código :** Text input field.
- Data :** Text input field.
- Tipo do Material :** Dropdown menu with '-- seleccione --'.
- Forma de Destinação :** Dropdown menu with 'Compostagem' selected.
- Local de Destinação :** Text input field.
- Peso do Material :** Text input field.
- Buttons: Gravar, Estornar, Cancelar, Consultar, Menu Principal.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Após o procedimento de registro de um material não reciclável ser finalizado, não será possível excluir nem alterar seus dados, as únicas funções permitidas são consulta e estorno do registro.

O módulo destinado à reciclagem de resíduos sólidos disponibiliza a geração de relatórios sobre os dados cadastrados em associações, recicladores, materiais e sobre os registros de materiais recicláveis e não recicláveis.

O formulário para geração de relatórios de associações de recicladores, conforme mostra figura 62, permite listar todas as associações ou escolher uma ou mais associações informando um intervalo de códigos.

Figura 62 – Formulário para emissão de relatórios de associações de recicladores

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Ao gerar relatórios sobre as associações de recicladores são exibidos dados referentes aos campos código da associação, nome fantasia, razão social, endereço, responsável ou presidente da associação e observações. Um exemplo deste relatório é apresentado na figura 63.

Figura 63 – Relatório de associações de recicladores

Relatório de Associações de Recicladores					
Cod	Nome Associação	Razão Social	Endereço	Responsável	OBS
1	Recicladores autônomos	Autônomo	próprio	próprio reciclador	trabalho Individual
27	recicladora x	Tecla LTDA.	rua Joaquim salas	João Pedro Cruz	organizado.
36	recicladora Y	unidos pelo ambiente ltda	balro leste x	Caetano Silveira Martins	

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Como pode ser visto na figura 63, que detalha o Relatório de Associações de Recicladores, uma associação Recicladores Autônomos está cadastrada para representar os trabalhadores autônomos.

Os recicladores podem ser consultados por meio do formulário de emissão de Relatórios de Recicladores. Neste processo podem ser listados dados de um ou vários recicladores respeitando um intervalo de códigos – código inicial e código final. Também podem ser selecionados dados por associações e por recicladores autônomos. A figura 64 apresenta o formulário para emissão de Relatórios de Recicladores.

Figura 64 – Formulário para emissão de relatórios de recicladores

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Um relatório de recicladores, gerado por meio do formulário para emissão de Relatórios de Recicladores (figura 64), exibe dados relacionados aos campos código, nome, telefone, associação a que pertence o reciclador, e observações. A figura 65 exibe um Relatório de Recicladores.

Figura 65 – Relatório de recicladores

Relatório de Recicladores				
Cod	Nome	Telefone	Associação	Observação
1	Mário J. P. Baben	9999-8888	Recicladores Autônomos	autônomo
2	Mariana S.Prata	9999-7777	recicladora X	
4	Otávio Luz	9999-6666	recicladora X	
5	Ramom bach	9999-5555	recicladora y	

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Na figura 65, o reciclador correspondente ao código 1 é considerado um catador autônomo, por não ter relação com as associações.

O formulário para geração de Relatórios de Materiais Recicláveis e Não Recicláveis (figura 66) permite listar um material específico ou diversos materiais, por meio da utilização do intervalo de códigos.

Figura 66 – Formulário para emissão de relatórios de materiais recicláveis e não recicláveis

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Ao gerar relatórios de cadastros de materiais recicláveis e não recicláveis, por meio do formulário exposto na figura 66, obtém-se um relatório equivalente ao apresentado na figura 67.

Figura 67 – Relatório de materiais recicláveis e não recicláveis

Relatório de Materiais Recicláveis e não Recicláveis		
Cod	Tipo	Observação
1	pet branco	
2	pet verde	
3	pet br 2	
4	plástico macio colorido I	
5	plástico macio colorido II	
6	Plástico cristal	
7	papelão	
8	Resina	
9	Bateria	
10	Tubinho	
11	Sucata ferro	
12	Alumínio duro	
13	Lafinha	
14	Panela	
15	Sucata Metal	

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Na listagem de materiais detalhada na figura 67 são apresentados códigos, a descrição dos materiais e observações.

O formulário para emissão de Relatórios de Reciclagem (figura 68), possibilita aplicação de filtros nos atributos associação; data em que foi destinado o material para reciclagem – intervalo de datas; destinatário do material reciclável; e materiais – correspondentes aos gravados nos cadastros de materiais recicláveis e não recicláveis.

Figura 68 – Formulário para emissão de relatórios de reciclagem

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'file:///C:/xampp/htdocs/coleta/formRelReciclagem.php'. The page features a decorative header with green icons of recycling symbols. The main content is a form titled 'Relatório de Reciclagem' with the following fields and controls:

- Associação:** A dropdown menu currently showing 'Todas as Associações'.
- Data Dest. Inicial:** An empty text input field.
- Data Dest. Final:** An empty text input field.
- Destinatário:** An empty text input field.
- Material:** A dropdown menu currently showing 'Todos os Materiais'.
- Buttons: 'Gerar Relatório', 'Cancelar', and 'Menu Principal'.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Usando o formulário para emissão de Relatórios de Reciclagem (figura 68) obtém-se o Relatório de Reciclagem detalhado na figura 69, responsável pela visualização de dados sobre associações responsáveis pela reciclagem, descrição do material, data da venda do material reciclável, comprador identificado como destinatário, peso em quilograma, e o valor total de cada material.

Figura 69 – Relatório de reciclagem

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/coleta/relatorioReciclagem.php'. The page displays a table titled 'Relatório de Reciclagem' with the following data:

Cod	Associação	Material	Data	Destinatário	Peso	Valor Total
1	recicladora x	pet branco	2013-09-09	terceiros	2100	3150,00
3	recicladora x	pet verde	2013-09-09	terceiros	1700	2720,00
4	recicladora x	pet br 2	2013-09-09	terceiros	513	974,70
5	recicladora y	pet branco	2013-09-09	terceiros	3250	4875,00
7	Reciclador autônomo	pet branco	2013-09-09	terceiros	83	124,50
Valor total dos materiais:						11844,20

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Conforme pode ser visto na figura 69, o campo Valor Total corresponde ao valor total de cada material destinado à reciclagem. Na última linha deste relatório é exibida a soma

de todos os valores dos materiais recicláveis. Este somatório é apresentado independentemente do tipo de filtro aplicado na geração do relatório.

Da mesma forma que são emitidos relatórios sobre materiais recicláveis, podem ser gerados relatórios sobre a destinação de materiais não recicláveis, conforme exposto na figura 70. Este processo possibilita a classificação de dados por data de destinação do material não reciclável, tipo de destinação – compostagem, destinação final em aterro sanitário, em aterro controlado ou em lixão; e por local de destinação.

Figura 70 – Formulário para emissão de relatórios de destinação de materiais não recicláveis

The image shows a web browser window with a form titled "Relatório de Destinação de Materiais Não Recicláveis". The form is set against a light green background with a decorative border of icons representing recycling and nature. The form contains the following fields and controls:

- Data Dest. Inicial:** A text input field.
- Data Dest. Final:** A text input field.
- Tipo de Destinação:** A dropdown menu currently showing "Todas as Destinações".
- Local de Destinação:** A text input field.
- Buttons: "Gerar Relatório", "Cancelar", and "Menu Principal".

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Ao utilizar o formulário apresentado na figura 70 para geração de relatórios referentes à destinação de materiais não recicláveis enviados para compostagem e destinação final, podem ser visualizados dados referentes ao código do registro, data de destinação, descrição do material, tipo de destinação, local de destinação e quantidade em quilogramas do material não reciclável. Um exemplo de Relatório de Destinação de Materiais Não Recicláveis é delineado na figura 71.

Figura 71 – Relatório de destinação de materiais não recicláveis

The image shows a web browser window displaying a report titled "Relatório de Destinação de Materiais Não Recicláveis". The report is presented as a table with the following data:

Relatório de Destinação de Materiais Não Recicláveis					
Cod	Data	Material	Tipo	Local Destinação	Peso em Kg
1	2013-09-10	orgânico	compostagem	área x	18200
2	2013-09-13	orgânico	compostagem	área x	13720
3	2013-09-15	orgânico	aterro sanitário	loca x	11340
4	2013-09-16	orgânico	compostagem	área y	14390
Peso total de resíduos em Kg:					57650

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O relatório exposto na figura 71 apresenta um somatório relacionado ao peso total de cada material não reciclável enviado à destinação final. O peso total de resíduos em Kg é apresentado no relatório, independente dos filtros aplicados.

O Módulo de Indicadores de Desempenho disponibiliza opções para geração de indicadores de desempenho sobre resíduos coletados, resíduos classificados e enviados para reciclagem, e resíduos separados para compostagem ou destinação final.

Os índices sobre os resíduos coletados são apresentados pelo formulário Indicadores de Desempenho da Coleta de Resíduos (figura 72). Nesse procedimento pode-se optar por gerar indicadores globais, envolvendo todo o município, ou por regiões de coleta. Um intervalo de datas permite a visualização das quantidades de resíduos coletados em toneladas por determinado período, e em quilogramas por habitante. O período de classificação dos indicadores deve ser informado, estando disponíveis as opções dia, mês e ano. Também é possível gerar índices por tipo de resíduo – resíduo sólido reciclável, resíduo sólido orgânico ou misto.

Figura 72 – Formulário indicadores de desempenho da coleta de resíduos



The image shows a web browser window with a form titled "Indicadores de Desempenho da Coleta de Resíduos". The form is set against a light green background and contains the following fields and controls:

- Número de Habitantes:** A text input field.
- Data Inicial Coleta:** A date selection field.
- Data Final Coleta:** A date selection field.
- Classificar por :** A dropdown menu currently showing "Dia".
- Região :** A dropdown menu currently showing "Todas as regiões".
- Tipo de Resíduo :** A dropdown menu currently showing "Todas os resíduos".

At the bottom of the form, there are three buttons: "Gerar Índices", "Cancelar", and "Menu Principal". The browser's address bar shows the URL: file:///C:/xampp/htdocs/coleta/IDformRelResiduosColetados.php.

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

No módulo de indicadores de desempenho não há um local para registrar o número de habitantes por região ou município, pois esta informação muda constantemente. Portanto, o número de habitantes deve ser informado manualmente pelo usuário do sistema para obter índices de desempenho da coleta per capita, conforme figura 72. Um relatório com os indicadores de desempenho sobre a coleta de resíduos é apresentado na figura 73.

Figura 73 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a coleta de resíduos

Indicadores de Desempenho da Coleta de Resíduos				
Período de Coleta: Início: 2013-01-01 - Fim: 2013-06-30				
Região	N. Habitantes	Produto	RSU Coletados Kg/hab/dia	RSU Coletados t/dia
Centro	87312	Resíduos sólidos	0,856	74,74

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Como pode ser visto na figura 73, o relatório com índices de desempenho apresenta dados referentes à coleta de resíduos sólidos na região central da cidade, no primeiro semestre do ano de 2013, classificando os índices por dia de coleta. Com 87312 habitantes, e uma coleta de 74,74 toneladas ao dia, obteve-se a quantidade de 0,856 quilogramas de RSU coletados por habitante ao dia.

Informações sobre os resíduos classificados e destinados à reciclagem são gravadas no Registro de Reciclagem. Esses dados servem de base para geração de indicadores de desempenho. Nesta etapa pode-se optar por selecionar apenas um tipo de material reciclável ou todos, e aplicar um intervalo de datas relacionadas à reciclagem classificando-os por dia, mês ou ano. Assim, obtêm-se as quantidades ordenadas por tipo de materiais destinados à reciclagem em toneladas / ano, ou em quilograma / dia ou mês. A figura 74 exibe o formulário para geração de Indicadores de Desempenho da Reciclagem de Resíduos.

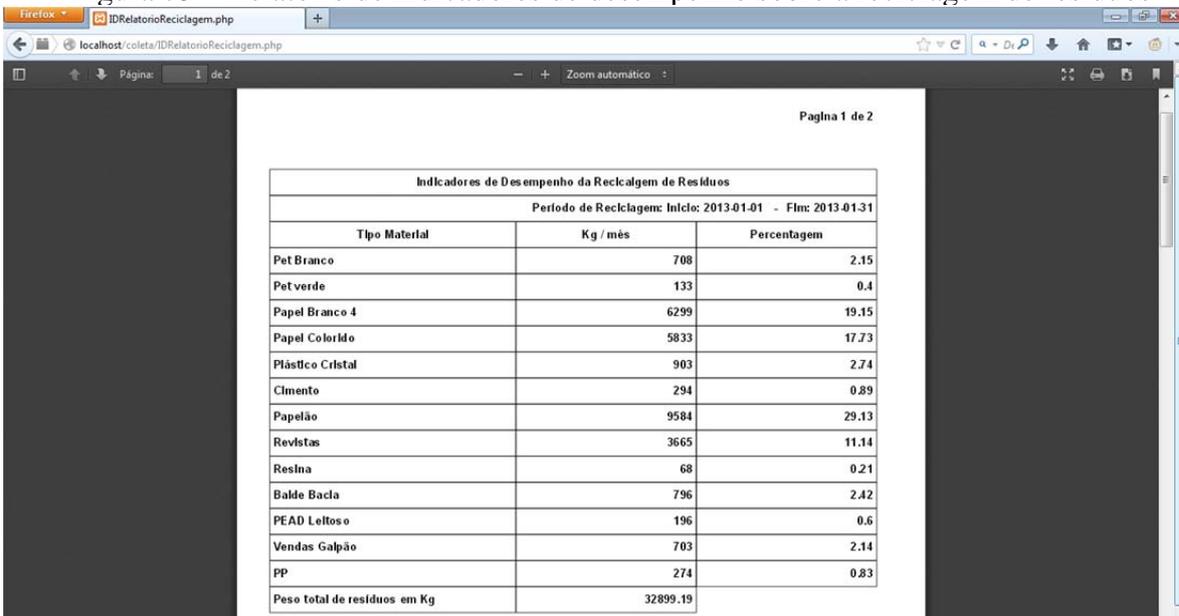
Figura 74 – Formulário indicadores de desempenho da reciclagem de resíduos

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Um exemplo de Relatório de Indicadores de Desempenho da Reciclagem de Resíduos usando o formulário da figura 74 pode ser visualizado na figura 75. Este relatório

lista o tipo de material reciclado, a quantidade de material em quilogramas / mês e o percentual correspondente a cada material.

Figura 75 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a reciclagem de resíduos



Indicadores de Desempenho da Reciclagem de Resíduos		
Período de Reciclagem: Início: 2013-01-01 - Fim: 2013-01-31		
Tipo Material	Kg / mês	Porcentagem
Pet Branco	708	2.15
Pet verde	133	0.4
Papel Branco 4	6299	19.15
Papel Colorido	5833	17.73
Plástico Cristal	903	2.74
Cimento	294	0.89
Papelão	9584	29.13
Revistas	3665	11.14
Resina	68	0.21
Balde Bacla	796	2.42
PEAD Leloso	196	0.6
Vendas Galpão	703	2.14
PP	274	0.83
Peso total de resíduos em Kg	32899.19	

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O peso total de resíduos reciclados em quilogramas apresentado na figura 75, é obtido pelo somatório dos totais de cada material reciclado. Este total geral é necessário para o cálculo dos percentuais de cada item reciclado.

Os materiais não recicláveis também têm sua destinação registrada. Portanto, índices sobre a destinação desses materiais podem ser apresentados por meio do formulário para geração de indicadores de desempenho sobre resíduos separados para compostagem e destinação final, conforme mostra a figura 76.

Figura 76 – Formulário indicadores de desempenho de destinação de resíduos



Indicadores de Desempenho da Destinação de Resíduos

Data Inicial Destinação:

Data Final Destinação:

Classificar por: Dia ▾

Tipo de Destinação: Todas as destinações ▾

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

Na geração de indicadores de desempenho de materiais não recicláveis (figura 76) pode-se optar por gerar indicadores por tipo de destinação, como separados para compostagem, destinação final em aterros sanitários, destinação final em aterros controlados, e destinação final em lixões, e todas as destinações. Também é permitido classificar por período, selecionando dia, mês ou ano. Deste modo, obtêm-se os índices dos materiais não recicláveis encaminhados para compostagem e destinação final em toneladas por período de tempo. Um relatório com esses apontadores é exposto na figura 77.

Figura 77 – Relatório de indicadores de desempenho sobre a destinação de resíduos

Indicadores de Desempenho de Destinação de Resíduos		
Período de Reciclagem: Início: 2013-09-01 - Fim: 2013-09-30		
Tipo de Destinação	t / dia	Porcentagem
Compostagem	3.03	4.2
Aterro Sanitário	39.47	54.6
Aterro Controlado	18	24.9
Lixão	11.78	16.3
Total de resíduos destinados em tonelada	72.3	

Fonte: elaborado pelo autor (2013)

O relatório com indicadores de desempenho delineado na figura 77 detalha a destinação de resíduos no mês de setembro de 2013, em que foi optado por listar todos os tipos de destinação, classificando-os por dia. Portanto, são listados o tipo de destinação de resíduos, o peso em toneladas por dia e o percentual de cada tipo de destinação. O Relatório mostra ainda o peso total de resíduos em toneladas no período informado.

4.3.4 Diretrizes e Condições para Implantação de um Sistema de Informação em Municípios de Pequeno e Médio Porte

A implantação de um sistema de informação para gestão pública integrada de RSU em municípios de pequeno e médio porte demandaria algumas mudanças nos setores e órgãos envolvidos no processo de gestão de resíduos. Constatam abaixo algumas diretrizes que poderiam ser seguidas para o uso correto e eficiente do sistema de informação.

Em um primeiro momento, seria necessário sensibilizar a equipe da necessidade de registro e compartilhamento de informações atuais e precisas sobre a gestão de RSU, gerando um banco de dados conciso e atualizado, permitindo a geração de relatórios e índices sobre este processo.

É preciso enfatizar que o anseio de informatização destes procedimentos deve partir dos níveis administrativos superiores, evidenciando que a utilização apropriada de uma ferramenta computacional pode agregar valor à informação sobre a gestão de RSU, além de gerar benefícios à sociedade como um todo.

Analisar a disponibilidade de recursos humanos e conhecimento tecnológico dos envolvidos na gestão de RSU diz respeito à etapa seguinte. Para tanto, é preciso prever a contratação de operadores para o sistema de informação.

Em seguida, é preciso fazer um levantamento dos recursos físicos existentes e da infraestrutura computacional necessária para a implantação do sistema de informação computacional.

O treinamento para os usuários da ferramenta computacional é uma das últimas fases do processo, envolvendo a capacitação para uso do software nos setores envolvidos com o registro das informações relativas aos RSU.

O uso da ferramenta para gerenciamento de RSU representa inicialmente uma necessidade de mudança organizacional. É preciso realizar um trabalho motivacional envolvendo toda a equipe para que o processo ocorra de forma eficiente. Entre os possíveis problemas a serem enfrentados neste processo, destacam-se:

- a) equipe com baixo conhecimento na área de RSU;
- b) resistência à mudança organizacional;
- c) usuários com nível incipiente de conhecimento em informática;
- d) defasagem tecnológica.

Desta forma, podemos afirmar que a implantação de um sistema de informação de tal porte envolve várias etapas, desde a fase preparatória e de sondagem de materiais e recursos, até o efetivo uso do software. Cabe salientar ainda que o uso da ferramenta no cotidiano possibilita perceber possíveis entraves e modificações necessárias, melhorando o desempenho e a eficácia do sistema.

5 CONCLUSÕES

5.1 Conclusões da Pesquisa

Sistemas de informação computadorizados são necessários na gestão pública integrada de RSU, devido ao grande número de dados envolvidos no processo. Esses dados tratados de forma isolada nos órgãos públicos podem gerar decisões equivocadas, ocasionando sérios problemas administrativos. Portanto, a utilização de uma ferramenta computacional permite acesso a informações atualizadas, de forma rápida e segura, diminuindo custos administrativos e amparando os gestores nas tomadas de decisões.

Em relação ao primeiro objetivo específico - descrever o atual sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos da Prefeitura de Passo Fundo – constatou-se que o processo administrativo relacionado aos RSU está sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, auxiliada pela Secretaria de Transportes e Serviços Gerais e suas respectivas coordenadorias e núcleos. Baseado no organograma da estrutura administrativa de Passo Fundo, identificou-se a complexidade na gestão de resíduos devido à diversidade de setores envolvidos nesse processo.

Averiguou-se a inexistência de um sistema de informação para gestão pública integrada de RSU. Os dados existentes são registrados manualmente e mantidos em relatórios, planilhas eletrônicas e em um sistema de controle de pesagem de veículos transportadores de resíduos. Essas informações ficam restritas às secretarias responsáveis e seus respectivos núcleos.

Em alguns setores, os trabalhos são realizados pontualmente, conforme a disponibilidade de equipes e materiais, não havendo registros dos serviços prestados, nem cronogramas com estimativas de trabalhos futuros. Em relação à reciclagem, os dados existentes podem ser obtidos junto ao projeto Transformação. Conclui-se que faltam dados administrativos sobre a gestão de resíduos sólidos para auxiliar os gestores administrativamente, ocasionando tomadas de decisões pontuais, e a obtenção de relatórios e índices administrativos isolados.

Quanto ao segundo objetivo específico – realizar o levantamento de requisitos para o desenvolvimento de um sistema computacional – evidenciaram-se algumas barreiras já esperadas no processo de levantamento de requisitos junto a órgãos públicos, como dificuldades no agendamento de entrevistas com os secretários e responsáveis por alguns

setores, devido à quantidade de compromissos relacionados à função; a pouca documentação sobre a gestão de RSU encontrada nos setores visitados, sendo que a existente encontra-se em relatórios, planilhas eletrônicas, além de mapas contendo rotas da coleta e transporte de resíduos.

Outro obstáculo no processo de levantamento de requisitos foi a dificuldade de as pessoas envolvidas conseguirem transmitir detalhes do processo administrativo de RSU sob sua responsabilidade. Para isso, foi aplicada a técnica de levantamento de requisitos *role playing*, a qual se mostrou eficaz nesta etapa.

A gestão de RSU executada no Município de Passo Fundo serviu de modelo inicial para o levantamento de requisitos. Porém, constatou-se a necessidade de pesquisas bibliográficas e análise de estudos de caso de gestão de RSU para complementar o levantamento de requisitos, tornando genérico o sistema de informação. Assim, percebeu-se a importância de cadastros, registros e geração de relatórios envolvendo a coleta, transporte, transbordo e destinação de resíduos; varrição, poda e capina; funcionários e equipes prestadoras de serviços de limpeza urbana; serviços prestados; veículos e sua utilização no gerenciamento de resíduos. Também se identificou a necessidade de gerar indicadores de desempenho envolvendo a coleta de RSU, classificação para reciclagem e destinação final de resíduos.

Concluiu-se que os requisitos obtidos nessa etapa são suficientes para análise e projeto de um sistema de informação para gestão integrada de RSU de municípios de pequeno e médio porte.

Em relação ao terceiro objetivo específico - analisar e projetar uma ferramenta computacional para gestão integrada de RSU – foi alcançado satisfatoriamente, resultando em modelos funcionais que refletem a visão geral do sistema e o documento de requisitos de software delineados na etapa de levantamento de requisitos.

Os diagramas de casos de uso elucidaram os requisitos do sistema de informação proposto, apresentando as permissões e tipos de acesso ao sistema pelos usuários, destacando funcionalidades como cadastros, registros, consultas, emissão de relatórios e geração de indicadores de desempenho. Nesse procedimento constatou-se a importância do sistema de informação em sua totalidade, destacando visualmente os requisitos elencados.

Os diagramas de classes ilustraram estaticamente a estrutura organizacional das classes e seus respectivos atributos e métodos. Os diagramas foram classificados por módulos, facilitando o entendimento do arcabouço da ferramenta computacional.

O protótipo do sistema de informação foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação PHP, e a criação do banco de dados com o sistema de gerenciamento de banco de dados relacional MySQL. O modelo desenvolvido apresentou formulários de cadastro, registros, emissão de relatórios e geração de indicadores de desempenho. Também expôs modelos de relatórios gerados, possibilitando a visualização de áreas de maior produção de resíduos, tipos de resíduos coletados e percentagem de população atendida. Portanto, concluiu-se que o protótipo desenvolvido está coerente com a especificação de requisitos, diagrama de casos de uso e o diagrama de classes. Com base nesse modelo computacional, constatou-se a facilidade de uso da ferramenta, sendo necessário apenas noções de informática básica para sua operação.

Concluiu-se por meio desta pesquisa que alguns órgãos públicos municipais dispõem de poucos dados sobre a gestão de RSU, e que as decisões tomadas pela administração devem estar embasadas em dados reais e atualizados, levando em consideração as peculiaridades de cada região do município. Assim, percebeu-se que o sistema de informação para gestão pública integrada de RSU pode ser considerado uma ferramenta útil para auxiliar os administradores na gestão de RSU.

Observa-se que o gerenciamento e gestão de RSU são muito abrangentes, havendo diversas questões a serem discutidas, buscando melhoramentos nessa esfera. Assim, revelam-se novas oportunidades de pesquisa na área de gestão de RSU.

5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

Fundamentado nesta pesquisa, que propôs o desenvolvimento de um sistema de informação para gestão pública integrada de resíduos sólidos urbanos, sugere-se como trabalhos futuros:

- implementar a ferramenta computacional, conforme análise e projeto de sistema proposto nesse trabalho, utilizando o protótipo da ferramenta como base no desenvolvimento do software, e agregar características de um sistema de informação geográfica.
- disponibilizar opções para gerar gráficos relacionados aos indicadores de desempenho sobre a quantidade de resíduos coletados, classificados para reciclagem e separados para compostagem e destinação final.
- adicionar funções ao sistema, para gerar estimativas futuras da quantidade de resíduos a serem coletados *per capita* por região ou geral.

- integrar a obtenção do número de habitantes com dados gerados pelo IBGE.
- implementar sistema de manutenção preventiva – com funcionalidades indicadoras de futuras manutenções, como podas de árvores (indicando períodos do ano de maior necessidade), pinturas de meio-fio, e substituição de contêineres.
- disponibilizar opções via web aos munícipes para relatarem deficiências relacionadas ao processo de gerenciamento de RSU.
- integrar o sistema de informação a um sistema de georreferenciamento e disponibilizar aos munícipes mapas com rotas e horários de coleta de resíduos e cronogramas de serviços públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU NAJM, M.; EL-FADEL, M. Computer-dased interface for an integrated solid waste management optimization model. **Environmental Modelling & Software**. Elsevier. V. 19, p. 1151–1164, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012 – Edição especial de 10 anos**. 2012. 116 p.

ASASE, M. et al. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. **Elsevier**. Waste Management. p. 2779-2786. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT, **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. **NBR 8849: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: 1985.

_____. **NBR 9190: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Classificação**. Rio de Janeiro: 1993a.

_____. **NBR 9191: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Especificação**. Rio de Janeiro: 1993b.

_____. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004a.

_____. **NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004b.

_____. **NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004c.

_____. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004d.

_____. **NBR 11174: Armazenamento de resíduos classe II- não inertes e III- inertes**. Rio de Janeiro: 1990.

_____. **NBR 12980: Coleta de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 1995a.

_____. **NBR 13055: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Determinação da capacidade volumétrica**. Rio de Janeiro: 1993c.

_____. **NBR 13221: Transporte de resíduos - Procedimentos**. Rio de Janeiro: 2003.

_____. **NBR 13463: Coleta de resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: 1995b.

BESSEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. 2011. 275 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2007.

BORZA, S.; SIMION, C.; BANDREA, I. Technical Solution and GIS for Improving the Waste Management in Sibiu Surrounding Area. **Journal of Communication & Computer**. Sibiu. Vol. 9 nº 3, p. 255 - 262, 2012.

BRASIL, **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

_____. **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. Presidência da República. Brasília, DF, 1999a.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 257** de 1999b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>. Acesso em 20 out. 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 275** de 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>. Acesso em 20 out. 2012.

_____. **Decreto Federal nº 5.940** de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 2006.

_____. **Lei nº 11.445 de 05 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; e dá outras providências. Presidência da República. Brasília, DF, 2007.

_____. **Lei nº 12.305** de 02 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República. Brasília, DF, 2010.

BRASILEIRO, L. A.; LACERDA, M. G. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 13, nº. 4. p. 350 - 360. 2008.

CABRAL, A. V. **Análise multicritério em Sistema de Informação Geográfica para a localização de aterros sanitários. O caso da região sul da Ilha de Santiago, Cabo Verde**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território). Universidade Nova Lisboa, Cabo Verde. 2012.

CEMPRE. Compromisso Empresarial pela reciclagem. **Ciclossoft 2012**. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2012.php. Acesso em: 18 dez. 2013.

CHALKIAS, C.; LASARIDI, K. Benefits from GIS Based Modelling for Municipal Solid Waste Management. **integrated waste management**. v. I, p. 417 – 436, 2011. Disponível

em: <http://www.intechopen.com/books/integrated-waste-management-volume-i/benefits-from-gis-based-modelling-for-municipal-solid-waste-management>. Acessado em 26 out. 2012.

CONVERSE, T.; PARK, J. **PHP4: a Bíblia**. Tradução da 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CORNIERI, M. G. **Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Santo André – SP: Um Estudo a Partir do Ciclo da Política (*Policy Cycle*)**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciência – Programa Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

DAMAS, L. **SQL – Structured query language**, 6ª ed. Rio de Janeiro : LTC, 2007.

DIB-FERREIRA, D. R. **As diversas visões do lixo**. 2005, 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2005.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistema de Banco de Dados**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

FURLAN, J.D. **Modelagem de objetos através da UML**. São Paulo: Makron Books, 1998.

GHOSE, M. K.; DIKSHIT, A. K.; SHARMA, S. K. A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality. **Waste Management**. Elsevier. v. 26, p. 1287–1293, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, A. P.; PANDOLFO, A.; PASSINI, A. F. C.; PIETRO, P. D. M.; PORTELA, N. B. Diagnóstico do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Passo Fundo/RS. **DAE**. n.º. 190, p. 44-55, 2012.

GOMES, A. P. **Diagnóstico e preposição para a gestão participativa e integrada dos resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo, RS**. 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

GUEDES, G. T. A. **UML 2: uma abordagem prática**. 2ª ed. São Paulo: Novatec editora, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1. Acesso em: 29 set. 2012.

INFRAGUIDE. National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure. **InfraGuide Best Practice Reports**. 2009.

JACOBI, P. R.. **Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006.

JUCÁ, J. F. T. **Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas.** 10º SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Braga, Portugal. 2002.

KALIL, R. **Redes de Infraestrutura Urbana: gestão de programas e projetos na cidade de Passo Fundo de 2005 a 2007.** 2008. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Passo Fundo - Passo Fundo, 2008.

LEFFINGWELL, D.; WIDRIG, D. **Managing software requirements: A unified Approach.** Addison-Wesley, 2000.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane Price; João Belmiro Nascimento (Rev.). **Sistemas de informação gerenciais.** 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

LOPES, A. A.; **Estudo da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13).** 2007. 370 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MAGNI, A. A. C. **Cooperativas de catadores de resíduos sólidos urbanos: perspectivas de sustentabilidade.** 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MANZANO, J. A. N. G. **MySQL 5.0, interativo: guia básico de orientação e desenvolvimento.** 1ª ed. São Paulo : Érica, 2007.

MARSHALL, R. **A system approach to community engaged solid waste management in Todos Santos Cuchumatán, Guatemala.** 2013. 237 f. Thesis (Master of Applied Science in Environmental Engineering and International Development Studies). University of Guelph, Guelph, 2013.

MASSUKADO, L. M. **Sistema de Apoio à decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares.** 2004. 230 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MASSUKADO, L. M.; ZANTA, V. M. Software para Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** v. 2, nº. 2, abr/jun, p. 133-142, 2006.

McDOUGALL, F. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. **Integrated solid waste management: a life cycle inventory.** 2ª ed. Malden: Backwell Science, 2001.

MELO, T. F. **Gestão de resíduos sólidos: um estudo sobre grupos de influência no Município de Piracicaba – SP.** 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MESQUITA JÚNIOR, J.M. **Gestão integrada de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

NAGASHIMA, L. A.; BARROS JÚNIOR. C.; ANDRADE, C. C.; SILVA, E. T.; HOSHIKA, C. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – uma proposta para o município de**

Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 39-47, 2011.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégicas Táticas Operacionais**. 12ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

OLIVEIRA, F. de O. **Sistemas de Informação: Um enfoque gerencial inserido no contexto empresarial e tecnológico**. 3ª ed. São Paulo: Érica, 2002.

OPEN SOURCE. **Open Source Initiative**. The open source definition. Disponível em: <http://opensource.org/osd>. Acesso em 25 jul. 2013.

ORNELLAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2011, 101 f. Dissertação (Mestrado em análise e modelagem em sistemas ambientais), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PASSO FUNDO. **Lei Nº 4.969** de 03 de janeiro de 2013. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo e dá outras providências. Passo Fundo, 2013.

_____. **Prefeitura Municipal. Cidade**. Disponível em: www.pmpf.rs.gov.br. Acesso em: 03 mai. 2013a.

_____. Prefeitura Municipal de Passo Fundo/Fundação universidade de Passo Fundo. **Sistema de informações socioeconômicas do município de Passo Fundo**. Passo Fundo, 2008. Disponível em: <http://www.pfinfo.com.br/>. Acesso em 19 out. 2012.

_____. **Decreto Municipal nº 32** de 24 de fevereiro de 2010. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis de Passo Fundo.

_____. **Lei Complementar nº 170** de 09 de outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - PDDI do município de Passo Fundo.

_____. **Lei Orgânica do Município** de 3 de abril de 1990. Disponível em: <http://www.pmpf.rs.gov.br/index.php?p=1145&a=1&pm=1&if=1>. Acesso em 05 out. 2012.

PINHO, P. M. **Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia brasileira**. 2011. 249 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. 3º ed. São Paulo: Pearson Makron books, 1995.

RATHI, S. Alternative approaches for better municipal solid waste management in Mumbai, India. **ScienceDirect**. v. 26, nº 10, p. 1192 – 1200, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 9921** de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Assembleia Legislativa, Porto Alegre, 1993.

_____. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução **CONSEMA Nº 017** de 07 de dezembro de 2001. Estabelece diretrizes para a elaboração e apresentação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/consema/Res_0017-01_An.asp. Acesso em 20 out. 2012.

RIVERA, M. F. M.; FLORES, R. Z.; FRONTANA, D. C.; MENDONZA, C. G. A Semantic Environmental GIS for Solid Waste Management. **SEMAYRO 2012: The Sixth International Conference on Advances in Semantic Processing**. Mexico City, 2012.

ROMANI, A. P. de. **O poder público municipal e as organizações de catadores: Formas de diálogo e articulação**. Rio de Janeiro: IBAM./DUMA/CAIXA, 2004.

SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; NUNES, J.O.R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**. Nº 60/01, p. 43 - 55, 2008.

SEADON, J. K.. Integrated waste management-looking beyond the solid waste horizon. **Waste Management**. Ed. Elsevier Ltd. p. 1327-1336, 2006.

SOARES, W. **PHP5: Conceitos, Programação e Integração com Banco de Dados**. 6ª ed. Ver., atual. São Paulo: Érica, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informações**. 9º ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TAGUCHI, R. L. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares com uso do *Balanced Scorecard***. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2010;

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. Boston: McGraw-Hill, 1993.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

VILHENA, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: CERPPE, 2010.

WANI, M. A.; AHMAD, S. Challenges, Issues of Solid Waste Management in Himalayas: A Case Study of Srinagar City. **African Journal of Basic & Applied Sciences**. v. 5, nº. 1, p. 25-29, 2013.

WAZLAWICK, R. S. **Análise e Projeto de Sistemas de Informação Orientados a Objetos**. 3ª reimp, Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

WILLIAMS, P. T. **Waste treatment and disposal.** England: John Wiley & Sons, 2005.

APÊNDICE A

Questionário

- Quais setores estão envolvidos na gestão de RSU?
- Quantos funcionários estão envolvidos no processo administrativo dos RSU?
- Qual a formação dos funcionários envolvidos na gestão dos RSU? Esses funcionários estão capacitados para operar um sistema de informação computacional?
- Qual forma de gestão dos RSU está sendo executada atualmente (anotações, planilhas eletrônicas, software gerencial)?
- Caso exista um sistema de informação gerencial, destacar as funcionalidades existentes.
 - Os sistemas se relacionarão ou serão executados separadamente?
 - Haverá migração de dados? Qual a estrutura desses dados?
 - Como está estruturada a equipe de TI?
- Quais são os ambientes existentes na prefeitura (Desenvolvimento, Testes, Produção, etc.);
- Quais os resultados esperados com a implantação de um Sistema de Informação?
- O que o sistema deverá contemplar (as principais funcionalidades)?
- Qual é a abrangência geográfica e número de usuários que estarão utilizando o Sistema de Informação?
- Como é o parque tecnológico existente (Servidores, Desktops, Topologia da Rede, Internet)?