

Proposta de um sistema de informação como instrumento de gerenciamento de resíduos sólidos

**André Lopes Tocchetto
Eugênio de Oliveira Simonetto
Marta Regina Lopes Tocchetto
Lauro Charlet Pereira**

Introdução

O Sistema de Informação de Gerenciamento de Resíduos Sólidos– **SIGRS**, foi desenvolvido a partir das informações fornecidas pela FEPAM - RS (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler), Decisão da Comissão Europeia e NBR 10.004. Trata-se de um sistema que permite o gerenciamento, via internet, de uma base de dados referentes à produção, viabilidade econômica do tratamento, cuidados especiais no armazenamento, transporte e impacto ambiental dos resíduos sólidos.

A importância do sistema decorre fundamentalmente da carência de um banco de dados com informações que possibilite o manejo seguro dos resíduos sólidos. Além disso, possibilita também que as próprias empresas, estados e municípios promovam a atualização *on line* de dados referentes à: geração, destino, transporte, armazenamento e disposição de seus resíduos, resultando em um gerenciamento com maior agilidade operacional, eficácia e segurança organizacional.

Problemas Ambientais e Resíduos Sólidos

Grande parte dos problemas ambientais que vem ocorrendo nas diferentes regiões do Brasil se deve a geração descontrolada e má destinação de resíduos sólidos. Anterior a visão de sustentabilidade ambiental, os resíduos sólidos eram considerados como material sem utilidade, tendo seus descartes realizados de forma indiscriminada, de preferência bem distante da fonte geradora, sem preocupações com as consequências sócioambientais.

A crescente exigência da legislação ambiental responsabiliza, cada dia mais, o gerador a tratar e/ou destinar adequadamente os resíduos sólidos. O grande desafio das indústrias é gerenciar estes resíduos, com menores prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública (FEPAM, 2003). Resíduo significa ineficiência de produção e matérias primas com baixo aproveitamento.

Dada a necessidade de maior cuidado ambiental, as empresas passaram a ter maiores custos econômicos com o gerenciamento dos resíduos. Assim, na busca de cumprir a legislação, reduzir custos de produção e melhorar a imagem perante a comunidade, tanto interna quanto externa, as empresas começaram a implantar estratégias para eliminar ou reduzir a geração de resíduos (Tocchetto et al, 2003).

Redução, reuso e reciclagem são algumas das opções mais recomendadas para a gestão ambiental dos resíduos (Grippi, 2001; Pereira e Tocchetto, 2004). Tais opções, além de minimizar os problemas de disposição, da conservação dos recursos naturais, da redução do consumo de energia e do impacto negativo ao ambiente, permitem a valorização socioeconômica e ambiental dos resíduos. As estratégias, contudo, tornam-se economicamente viáveis quando estes se apresentam livres de contaminação, segregados, classificados e acondicionados corretamente.

As transações de mercado com resíduos estão crescendo, gradativamente, ao nível mundial, pois as empresas se deram conta que os benefícios obtidos são maiores do que os

esperados inicialmente (FEPAM, 2003). O reaproveitamento diminui os problemas de contaminação ambiental, além de possibilitar o uso de matérias-primas de menor custo, reduzindo a demanda de recursos naturais, que tornam-se cada vez mais escassos.

Reciclagem

Conceitualmente, reciclagem é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os resíduos e reutilizá-los em um novo ciclo de produção. De alguns anos para cá, reciclar deixou de ser apenas um conceito para tornar-se uma prática.

O grande problema de espaço físico para o armazenamento e disposição, fez com que a reciclagem se tornasse uma alternativa para o seu reaproveitamento. Cada resíduo tem seu ciclo de vida diferenciado e por isso necessita de técnicas distintas para o seu reaproveitamento. Dentre as inúmeras vantagens e motivações para implementação do processo de reciclagem, algumas são mais consideradas, como:

- redução da quantidade de resíduos, bem como os tratamentos a ser efetuados e o volume a ser disposto em aterros;
- preservação do meio ambiente, a partir da economia do uso de recursos naturais, tais como, água, solo e energia;
- melhoria da qualidade ambiental;
- geração de empregos, tanto diretos quanto indiretos;
- valorização de materiais que *a priori* não apresentam potencial de aproveitamento;
- redução dos custos operacionais referente a tratamento e disposição;
- obtenção de receita com um produto que, aparentemente, não detém valor econômico.

A reciclagem de qualquer resíduo sólido compreende diferentes fases, tais como: coleta, seleção, valorização, revalorização e transformação. Um exemplo clássico de resíduos produzido, tanto nas indústrias quanto nos lares é o plástico. As características, como alta resistência e leveza favoreceram o uso generalizado, culminando com grande geração de resíduos. Este fato que desencadeou a forte necessidade de se encontrar uma solução sustentável para o seu gerenciamento, como a reciclagem.

O plástico é utilizado em quase todos os setores da economia, como, por exemplo, construção civil, lazer, telecomunicações, comércio e indústria eletroeletrônica, automobilística, além de hospitais, dentre outros. Segundo Grippi (2001), existem três formas de reaproveitamento do plástico:

- **Reciclagem Mecânica:** é a conversão dos resíduos plásticos em grânulos para a produção de outros materiais, por exemplo, sacos e sacolas plásticas, fibras e componentes de automóveis;
- **Reciclagem Energética:** é o reaproveitamento da energia gerada pela queima o do plástico. A queima do resíduo gera energia, gás e vapor que podem ser reaproveitados;
- **Reciclagem Química:** é o reaproveitamento do óleo e dos gases originados, a partir da pirólise (quebra das moléculas por aquecimento, transformado o plástico em óleo e gases) para a fabricação de outros produtos da indústria petroquímica.

No tocante ao reaproveitamento dos resíduos sólidos industriais admite-se que informações precisas e confiáveis sobre as suas características físico-químicas, quantidades geradas, destinação dada e tratamentos recomendados, são fundamentais para obtenção de ganhos socioeconômicos, antropológicos e ambientais, sobretudo para as empresas, estados e municípios. Este foi o grande fator motivador para o desenvolvimento do **SIGRS**.

Sistema de Informação de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – SIGRS

Gestão Ambiental é um tópico que vem atraindo a atenção de pesquisadores em modelagem de sistemas nos últimos anos (Denzer, 2001; Huang, 1998). A carência de dados organizados, referentes à informações ambientais constitui-se em lacuna que dificulta o planejamento e a tomada de decisão dos gestores responsáveis pelo setor de meio ambiente público ou privado. Pode-se tomar como exemplo, a organização de dados, a utilização de arquivos, planilhas, banco de dados, dentre outros.

Dentre os inúmeros trabalhos publicados na área cita-se a alocação de veículos para a coleta dos resíduos sólidos (Bhat, 1996; Everett, 1997) e a construção de sistemas de informação para avaliação de impacto ambiental provocado pela disposição final de produtos químicos tóxicos (Booty, 2001).

Diversos artigos de periódicos científicos foram analisados buscando dados e informações relevantes para a elaboração e desenvolvimento do presente sistema de informação proposto (Bhat, 1996 ; Huang, 1998 ; Tung, 2000 ; Chang, 2000). Segundo Piper (2000) um sistema de informação ambiental deve subsidiar uma tomada de decisão ambiental, além de incentivar uma comunicação entre atores ambientais envolvidos nas discussões relativas ao Meio Ambiente e a comunidade em geral.

Muitos fatores causam incerteza no planejamento e na gestão de resíduos sólidos, podendo influenciar, inclusive, a definição do fluxo dos mesmos. Os principais aspectos a serem considerados no desenvolvimento do sistema de informação são, armazenamento, viabilidade econômica, impactos ambientais, composição e manejo.

Os dados armazenados permitem gerar um grande número de informações, que auxilia a tomada de decisão, considerando os diversos processos envolvidos, como, por exemplo, a coleta seletiva.

SIGRS – O Sistema de Informação Proposto

A base de dados descrita pelo **SIGRS** foi construída, a partir das informações publicadas no Relatório sobre Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM, 2003). Ainda, utilizou-se para a construção desta base de dados, a Decisão de Comissão (EC, 2001). Completando as informações necessárias para esta etapa da pesquisa, inter-relacionou-se as fontes informativas, anteriormente, citadas, com Norma Técnica, NBR 10.004 (ABNT, 1987).

Especialistas da área de gestão ambiental realizaram a validação da versão inicial do modelo de dados. Houve a sugestão para a inclusão de novos atributos, como: imagens dos resíduos, tipos de disposição e um mapa do Estado do Rio Grande do Sul, onde foram localizados os diferentes tipos e quantidades de resíduos, considerando a região onde foram gerados. Os objetivos do sistema de informação proposto foram

- disponibilizar informações sobre os resíduos sólidos gerados no Estado do Rio Grande do Sul;

- conscientizar os geradores, pessoas físicas ou jurídicas, com relação à necessidade do estabelecimento de estratégias de manejo seguro para cada tipo de resíduo;
- manter uma base de dados atualizada, *on line* e pela própria empresa, sobre os resíduos sólidos, considerando a possibilidade e a viabilidade econômica de reaproveitamento dos mesmos;
- integrar em uma base única de dados, informações referentes a natureza dos resíduos, armazenamento, tratamento, disposição e alternativas de reaproveitamento;
- auxiliar no processo de tomada de decisões, pois o sistema possibilita o armazenamento, manipulação, análise e a exibição de dados e imagens capazes de gerar novas informações;

O modelo de dados do sistema de informação (SIGRS) é representado pelo diagrama Entidade-Relacionamento, Figura 1. Para o desenvolvimento do modelo e da estrutura de dados do sistema foi utilizada a ferramenta DB-Main CASE (DB-Main, 2004). O sistema desenvolvido é composto por quatro módulos principais: Módulo Cadastro, Módulo Consulta e Módulo Relatório.

O Módulo Mapa foi desenvolvido para disponibilizar dados referentes ao tipo de resíduo gerado pelas empresas do Rio Grande do Sul, bem como a quantidade por regiões, Figura 2. Apresenta-se a tela inicial do SIGRS (Figura 3). A seguir, descreve-se, resumidamente, cada módulo.

a) Módulo Cadastro

O módulo cadastro tem por objetivo a inserção dos dados para o funcionamento do sistema. O sistema é constituído pelo cadastro de resíduos, viabilidade econômica, tratamento, impacto ambiental, empresas, usuários do sistema, armazenamento, destino dos resíduos e dados históricos referentes aos resíduos gerados no Estado, Figura 4.

b) Módulo Consulta

Neste módulo são realizadas consultas, a partir da base de dados, disponibilizando para gestores e todos interessados, informações, tais como quantidade e classificação dos resíduos gerados pela empresa, num período específico; formas de reciclagem; viabilidade econômica para o reaproveitamento, bem como o impacto ambiental ocasionado pela má destinação, dentre outras (Figura 5). A justificativa da implementação deste módulo dá-se pela possibilidade das informações não serem impressas em papel, como é o caso do módulo relatório. As consultas foram implementadas utilizando a linguagem SQL.

c) Módulo Relatório

Neste módulo foram implementados os relatórios emitidos pelo **SIGRSI**. O relatório gera um arquivo texto contendo informações para consulta e/ou impressão em folha. Dentre alguns relatórios gerados pelo sistema, podemos mencionar: relatório dos resíduos com maior periculosidade ambiental (Figura 6). À medida que houver necessidade de novas informações, por parte dos usuários do sistema, novos relatórios podem ser desenvolvidos e/ou gerados.

d) Módulo Mapa

O módulo mapa, proposto por especialistas em gestão ambiental, tem como objetivo disponibilizar informações referentes aos resíduos gerados, permitindo analisar a

concentração de resíduos em determinada região no Estado, bem como a qualidade ambiental de cada uma delas (Figura 2). Em cada região pode-se acessar informações referentes aos tipos de resíduos, bem como as quantidades geradas e, informações sobre os resíduos gerados pelas empresas da região selecionada, tais como tratamento, viabilidade econômica e, impacto ambiental do resíduo.

Potencial e Perspectiva de Uso do Sistema de informação

A proposta do Sistema de Informação apresentada tem como objetivo auxiliar gestores da área ambiental na tomada de decisões, bem como oferecer uma base de informações sobre periculosidade, armazenamento, transporte, tratamento e disposição dos resíduos sólidos, dentre outros atributos.

O sistema possibilitará que as empresas forneçam dados que irão balizar o gerenciamento, conciliando o desenvolvimento socioeconômico com a qualidade ambiental. O sistema permitirá também consultas e trocas de informações entre empresas, estados e municípios sobre as diferentes formas de manejo dos resíduos sólidos.

O **SIGRS** – Sistema de Informação de Gerenciamento de Resíduos Sólidos foi implementado utilizando-se a linguagem de programação PHP e o banco de dados MYSQL. O sistema atualmente está em fase de experimentação, porém algumas informações sobre os resíduos podem ser consultadas e analisadas.

Ao mesmo tempo, ressalta-se que o sistema proposto possui potencial para aplicação em trabalhos regionais e nacionais propiciando, assim, uma visão ampla sobre a situação dos resíduos sólidos nesta escala de trabalho. Dentre outras potencialidades de uso, o sistema permite a interatividade com outras bases de dados, originando um *DataWarehouse* para análise e tomada de decisão mais eficazes.

Referências Bibliográficas

- ABNT (1997). **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Resíduos Sólidos – Classificação: NBR 10004. São Paulo, 1987.
- BHAT, V.N. (1996). **A model for the optimal allocation of trucks for the solid waste management**. Waste Management & Research, 14, pp.87-96, 1996.
- BOOTY, W.G.; et al. (2001). **Design and implementations of an environmental decision support system**. Environmental Modelling & Software, 16, pp. 453-458, 2001.
- CHANG, N.; WEI, Y. **Siting recycling drop-off in urban area by genetic algorithm-based fuzzy multiobjective nonlinear integer programming modeling**. Fuzzy Sets and Systems, 114, p.133-149, 2000.
- DBMain, (2004). Disponível em: <http://www.dbmain.com>. Acesso em 27/01/2004.
- DENZER, R. (2001). **Integrating heterogeneous systems using meta information networks**. Environmental Modelling & Software, 16, pp. 427-431, 2001.
- EVERETT, J.W.; SHAHI, S.(1997). **Vehicle and labor requirements for yard waste collection**. Waste Management & Research, 15, pp.627-640, 1997.
- FEPAM (2003). Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em 23/12/2003.
- GRIPPI, SIDNEY (2001). **Reciclagem e sua História**. 1a Edição. Rio de Janeiro.
- HUANG, G.H.; BAETZ, B.W.; PATRY, G.G. (1998). **Trash-Flow Allocation: Planning Under Uncertainty**. Interfaces, Vol. 28, No. 6, pp. 36-55, Nov-Dec, 1998.
- EC (2001). The European Parliament and of the Council of The European Union. Directive 2001/EC of 16 January of 2001 that modifies Directive 2000/532/EC on the List of

- Residues. Disponível em
http://www.biosafe.pt/eng/legislacao/catalogo_europeu_do_residuo.pdf. Acesso em 12/11/2003.
- PEREIRA, C.L.; TOCCHETTO, M.R.L. (2004). **Resíduos: É Preciso Inverter a Pirâmide e Reduzir a Geração**. Disponível em:
<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra.php3?id=78>. Acesso em 06/06/2004.
- PIPER, Sieglinde; AGUDELO, Líbia Patrícia Peralta; SOUZA, Marcelo S. de Lima, (2000) - **Premissas para o design conceitual de um Sistema de Informação Ambiental a partir da Teoria Social do Aprendizado**. Disponível em
www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/comunicacoes/premissas_para_pdf. Acesso em 22 maio 2004.
- PROJETOVIDA (2004). Disponível em: www.projetovida.org. Acesso em 25/03/04.
- RECICLAGEM.NET, Portal da Reciclagem e do Meio Ambiente. <http://www.compam.com.br>. Acesso em 15/01/04.
- TOCCHETTO, M. R. L. *et al* (2003). A Gestão Ambiental nas Maiores Galvânicas do RS. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7, 2003, São Paulo. Anais: **VII ENGEMA**, p. 1465, São Paulo, 2003. 1 CD-ROM.
- TUNG, D.V.; PINNOI, A. (2000). **Vehicle routing-scheduling for waste collection in Hanoi**. European Journal of Operational Research, 125, pp.449-468, 2000.

Resenha Biográfica

André Lopes Tocchetto, Residente na Rua Eng. Rogério Tocchetto, 180. Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil. Telefone residencial: (55) 222-6859. Correio Eletrônico: andre@tocchetto.com. Página Pessoal: www.andre.tocchetto.com.

Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) Santa Maria. Atualmente trabalho na empresa Teksul Sistemas Ltda na área de suporte. Minhas linhas de pesquisas seguem sistemas de informações, sistemas de apoio à decisão, engenharia de software, qualidade de software e sistemas web.

Quadros, Tabelas e Figuras

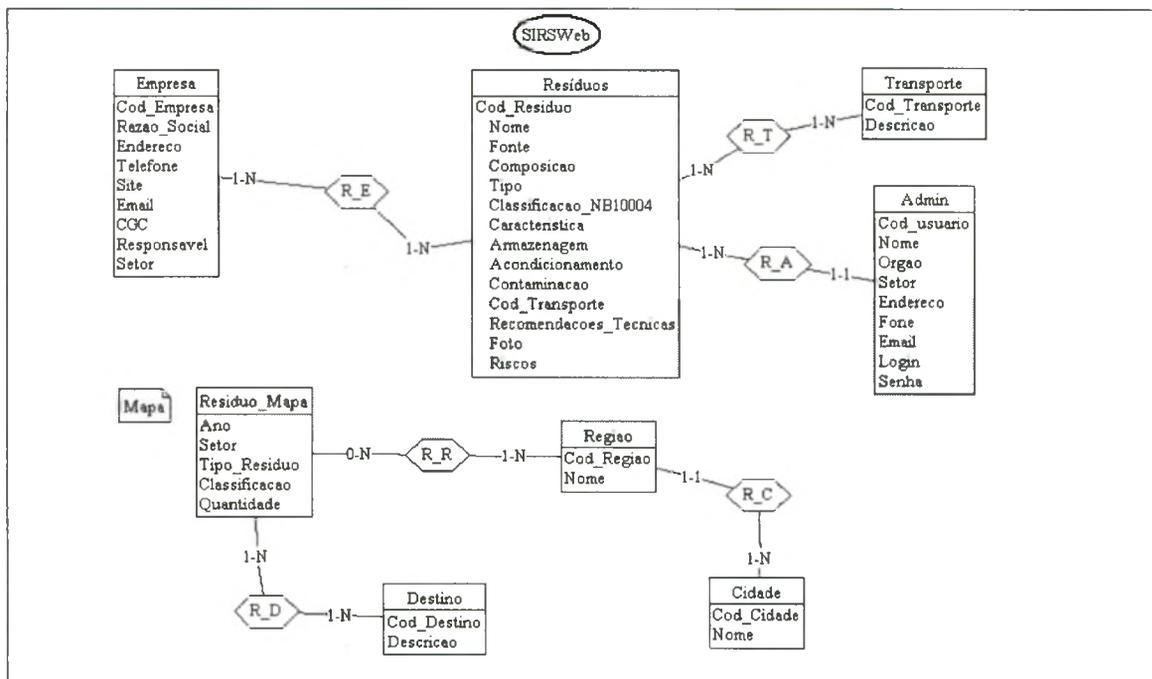


Figura 1 – Diagrama Entidade-Relacionamento do sistema

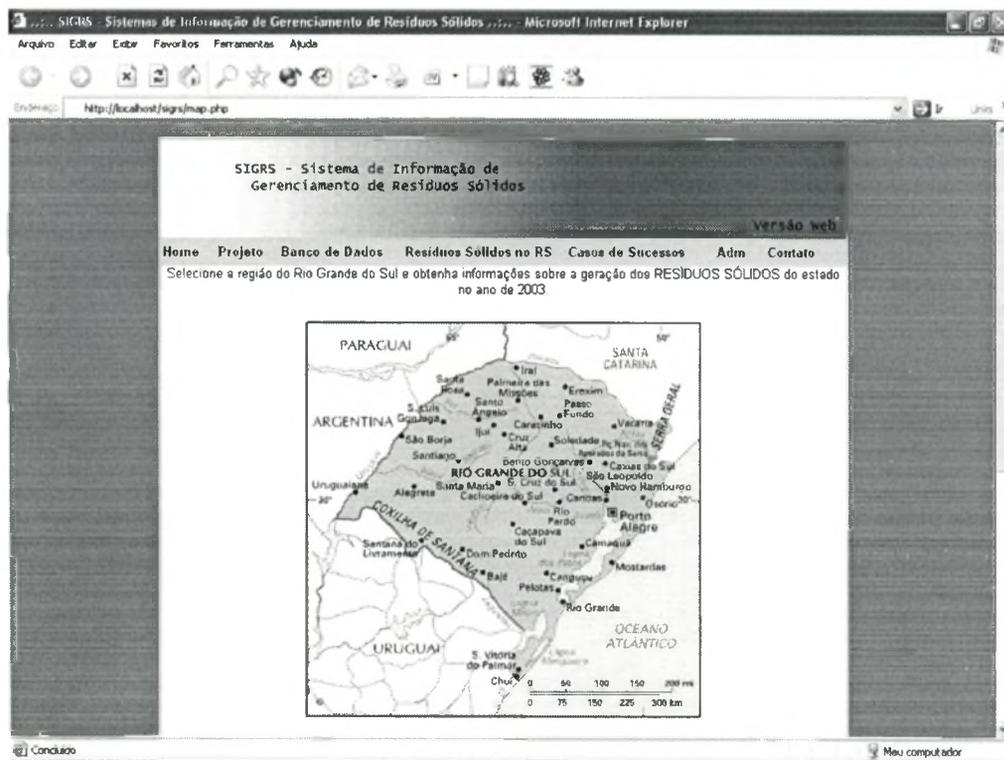


Figura 2 – Interface relativa ao módulo Mapa

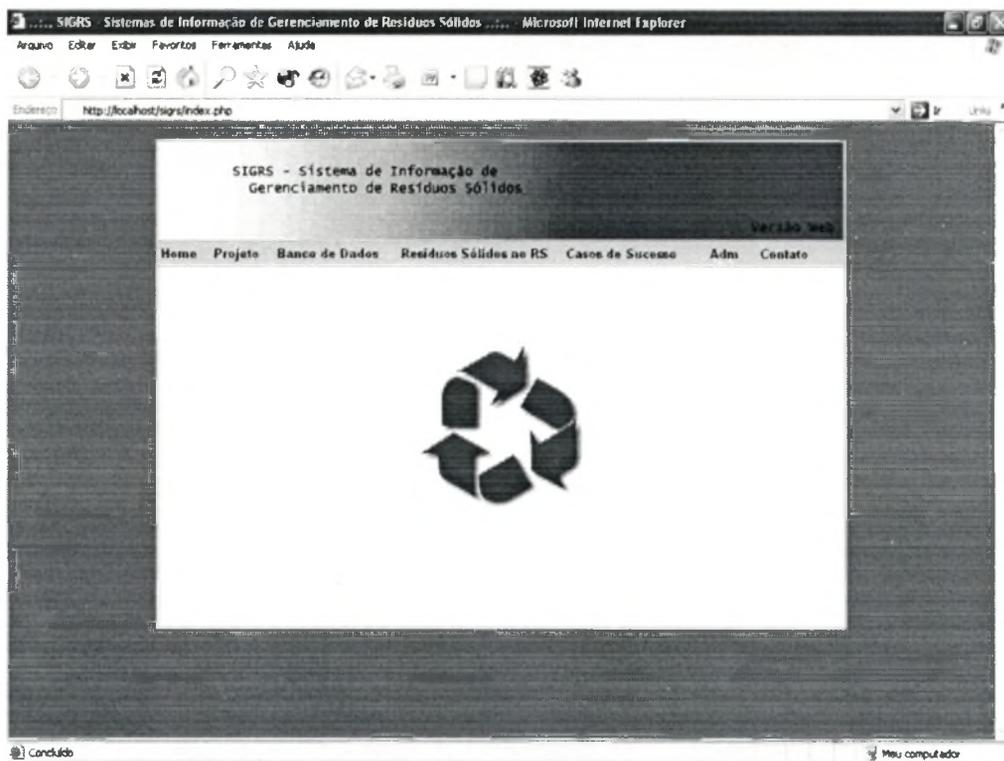


Figura 3 – Tela Inicial do Sistema

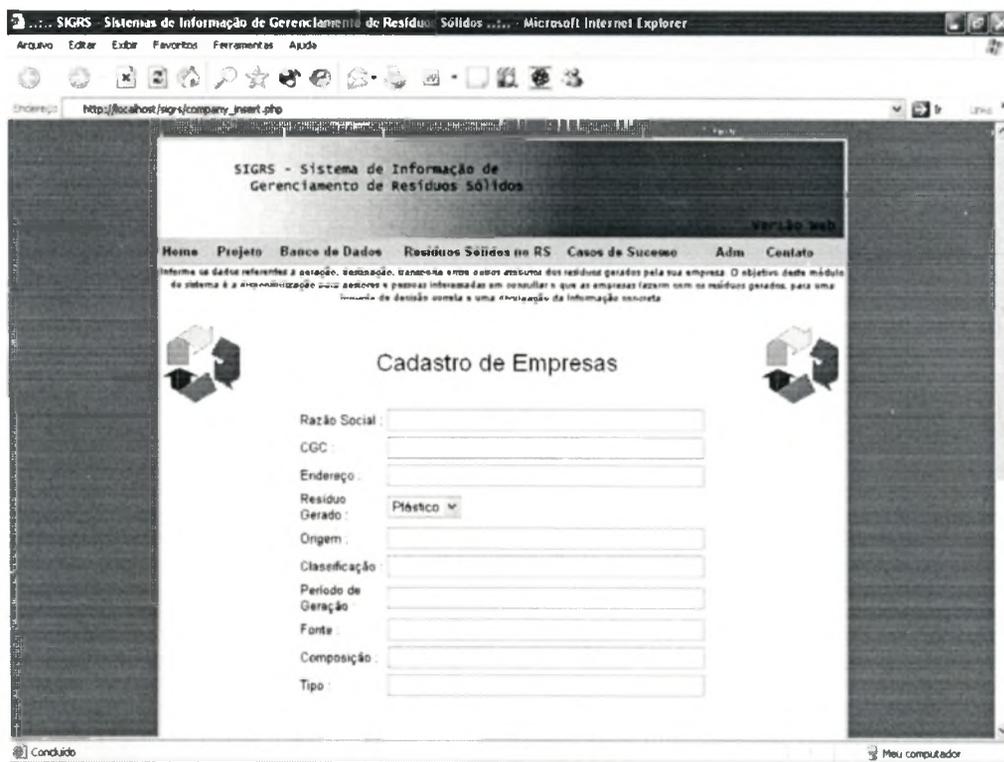


Figura 4 – Interface para inserção de dados por parte das empresas

```
SELECT Residuos_Gerados.Ano, Residuos_Gerados.Quantidade,  
Residuos_Gerados.Cod_Empresa AS Residuos_Gerados_Cod_Empresa,  
Residuos_Descricao, Residuos.Classificacao_NBR10004, Empresa.Nome  
FROM Residuos INNER JOIN (Empresa INNER JOIN Residuos_Gerados ON  
Empresa.Cod_Empresa = Residuos_Gerados.Cod_Empresa) ON Residuos.Cod_Residuo =  
Residuos_Gerados.Cod_Residuo;
```

Figura 5 – Exemplo de Consulta desenvolvida no sistema.


SIGRS – Sistema de Informação de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

**Relatório – Resíduos PERIGOSOS Gerados pela Empresa Teste INC. no mês
de MARÇO de 2004**

Residuo	Quantidade	Periculosidade
Tetracloroetileno	0,001 mg/L	Tóxico
Triclorpetileno	0,002 mg/L	Tóxico
Cloreto de Metileno	0,001 mg/L	Tóxico
Tricloroetano	0,001 mg/L	Tóxico
Tetracloroeto de carbono	0,001 mg/L	Tóxico

Figura 6 – Fragmento de relatório emitido pelo sistema de informação