

SIMGERE – SOFTWARE PARA AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

SIMGERE – SOFTWARE TO ASSESS SCENARIOS OF INTEGRATED HOUSEHOLD SOLID WASTE MANAGEMENT

LUCIANA MIYOKO MASSUKADO

Engenheira Civil (DECiv/UFSCar). Especialista em Educação Ambiental (CRHEA/EESC-USP). Mestre em Engenharia Urbana (DECiv/UFSCar). Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental (CRHEA/EESC-USP)

VIVIANA MARIA ZANTA

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora Doutora do Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica - Universidade Federal da Bahia – UFBA

Recebido: 16/02/05 Aceito: 11/11/05

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão como ferramenta para analisar diferentes cenários de gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares. O SIMGERE, nome do software, foi desenvolvido para auxiliar as Administrações Públicas Municipais na gestão dos resíduos sólidos domiciliares por meio da simulação de cenários, mostrando os efeitos que poderão ocorrer a partir de possíveis mudanças nas estratégias da gestão. Para tanto, foi definido e delimitado o campo de trabalho do sistema de apoio à decisão seguindo-se para a construção do modelo conceitual com base no conhecimento adquirido na literatura pertinente, para depois traduzi-lo em telas de ação e fluxogramas de decisão. Terminados estes procedimentos iniciou-se a codificação do modelo em linguagem de programação (Delphi 6.0). Paralelamente foram realizados testes de validação do sistema quanto a usabilidade e coerência, sendo os erros ajustados. Finalmente, foram gerados os arquivos executáveis do sistema para sua instalação e posterior disponibilização.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos sólidos, sistema de apoio à decisão, simulação de cenários, SIMGERE.

ABSTRACT

This paper presents a development of decision support system tool to analyze household solid waste management scenarios. SIMGERE, software's name, was developed to aid Municipal Administration in the management of their household solid waste through the simulation of scenarios, showing the effects that can happen if some targets were changed in the management. The development of the method consisted in defining and delimiting the work field of decision support system, followed by the construction of a conceptual model based on the acquired knowledge. The model was then translated in action screens and decision workflows, which were programmed in Delphi 6.0. At the same time tests of system validation were accomplished in two ways – first on program's usability and second on the coherence of results, being the adjusted mistakes. Finally, the executable files of the system were generated for installation and distribution.

KEYWORDS: Solid waste management, decision support system, scenarios simulation, SIMGERE.

INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos sólidos gerada pela atividade humana aliada a diminuição de locais adequados para a disposição final tem se apresentado como um dos grandes desafios a serem enfrentados não só pelas administrações municipais, como também, por toda a comunidade geradora de resíduos.

Até recentemente acreditava-se que os impactos provenientes das atividades humanas tinham repercussão somente no âmbito local, e em alguns casos no regional, e que estes problemas poderiam ser facilmente resolvidos.

Entretanto, hoje, caminha-se para a visão de que a ação antrópica pode ser tão extensa e complexa que é capaz de gerar uma série de eventos não planejados e, portanto, difíceis de serem administrados.

Uma vez gerado, o resíduo sólido demanda por soluções adequadas de forma a alterar o mínimo possível o meio ambiente e todos os elementos que fazem parte dele. Sabe-se, porém, que o manejo dos resíduos sólidos é uma tarefa complexa em virtude da quantidade e heterogeneidade de seus componentes, do crescente desenvolvimento das áreas urbanas, das limitações

dos recursos humanos, financeiros e econômicos disponíveis e da falta de políticas públicas que regulem as atividades deste setor.

Porém, hoje, a gestão integrada dos resíduos sólidos domiciliares se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, situações nada promissoras. O enfoque dado ao problema dos resíduos no Brasil é, em sua maioria, sob o ponto de vista exclusivo da coleta e do transporte do resíduo sólido, destinando-o em áreas afastadas dos centros urbanos, longe da visão de seus geradores (IBAM, 2001).

Motta (1995), indicou que a gestão integrada dos resíduos sólidos no Brasil, “apresenta indicadores que mostram um baixo desempenho dos serviços de coleta e, principalmente, na disposição final do lixo urbano. Adicionalmente, os gastos necessários para melhorar este cenário são expressivos e enfrentam problemas institucionais e de jurisdição de competência do poder público”.

Identificam-se outros dois problemas relacionados com o modelo atual de gestão dos resíduos sólidos domiciliares. A primeira é a descontinuidade política, evidenciada pela ruptura dos programas e planos, quando se esgota o período de gestão e outro grupo assume o poder. O segundo problema refere-se ao aspecto legal, que mesmo considerando ser eminentemente municipal a competência para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, este componente do saneamento ambiental ressent-se da ausência de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Infere-se, então, que o problema das administrações municipais é a visão extremamente segmentada e setorializada que a maioria delas tem com relação à gestão dos resíduos sólidos. Este ponto de vista leva a conflitos e divergências operacionais que minimizam a resultante das ações.

Estas ações isoladas encontradas no modelo atual de gestão dos resíduos sólidos domiciliares, constituem uma visão mecanicista, reductionista ou analítica da questão. A fragmentação das partes resulta num afastamento e isolamento do todo, subestimando desta forma sua importância.

Neste ínterim, torna-se interessante conceber a gestão integrada dos resíduos sólidos domiciliares de forma sistêmica, integrada e holística, que possibilite visualizar as relações e conexões existentes entre todas as partes do sistema de resíduos sólidos e delas com o seu meio ambiente externo.

Acrescenta-se ainda que a presente proposta vem ao encontro das diretrizes estabelecidas pela Agenda 21, nos capítulos 4 e 21, que sugerem novos caminhos de desenvolvimento pela propagação de hábitos sustentáveis.

CONCEITOS BÁSICOS

A tomada de decisão está envolta de incertezas e imprevistos que são resultantes tanto da inabilidade de conhecer

o futuro e trabalhar com o inesperado quanto da complexidade existente nos mais diversos fenômenos estudados. Tendo em vista esta afirmação, a utilização de cenários torna-se um importante instrumento de gestão para auxiliar nas tomadas de decisão.

Segundo Doll, Mediondo e Fuhr (2000), os cenários são importantes ferramentas para o planejamento, pois eles combinam grande quantidade de conhecimento quantitativo e qualitativo, e transmitem os resultados de forma transparente e compreensível.

Além dos cenários é importante também dispor de algum tipo de sistema de apoio à decisão para otimizar o processo de tomada de decisão. De acordo com Bonczek, Holsapple e Whinston citado por Rafaeli Neto (2000), “o sistema de apoio à decisão tem seu foco no gerenciamento com ênfase na flexibilidade e capacidade de fornecer respostas rápidas, podendo ser iniciado e controlado pelo responsável da tomada de decisões. Seus objetivos gerais são melhorar a eficácia, ou qualidade, da decisão e eficiência do processo de tomada de decisão em nível de planejamento e gerência”.

Com relação à gestão integrada de resíduos sólidos, Morrissey e Browne (2004), afirmaram que a modelagem de sistemas de apoio à decisão neste segmento não é uma idéia recente. Os primeiros trabalhos remontam à década de 1970 quando os primeiros modelos de otimização de rotas de veículos para a coleta foram desenvolvidos. Mac Donald (1996) afirmou que os trabalhos realizados na década de 1970 tratavam da aplicação e refinamento de várias técnicas de otimização para prover uma representação mais realista das práticas de gestão de resíduos. Neste início a ênfase era dada para a coleta e transporte dos resíduos.

Os modelos mais atuais caracterizam-se por incluir as relações existentes entre as etapas do sistema de resíduos sólidos e o seu meio ambiente, ao invés de somente analisá-las isoladamente. Neste âmbito, verificaram-se alguns trabalhos (ETSU, 1998; EPIC e CSR, 2000; Fiorucci et al, 2002; Lupatini, 2002; Costi et al, 2003; entre outros) que têm abordado em modelos aspectos multi-disciplinares integrando, principalmente, assuntos operacionais, econômicos, tecnológicos, legislativos e ambientais dos resíduos sólidos.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do software foi dividido em três etapas: concepção e projeto do sistema, codificação e finalização.

A fase de concepção e projeto do sistema abrangeu as atividades: estabelecimento dos requisitos e diretrizes essenciais para o funcionamento do software, projeto de interface e modelagem das informações.

Para realizar a segunda e terceira etapas, respectivamente, codificação e finalização, foi utilizada a metodologia *Extreme Programming (XP)*, que é um processo de desenvolvimento que possibilita a criação de software de maneira ágil, econômica e flexível.

A codificação do modelo de simulação foi realizada utilizando-se a linguagem de programação Delphi 6.0, escolhida em virtude de sua funcionalidade, praticidade e tradição no mercado.

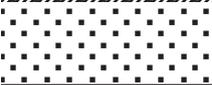
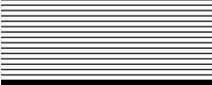
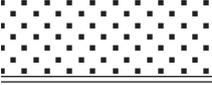
A validação do sistema proposto foi verificada por meio da avaliação de uma ou mais aplicações, pela própria autora, de situações hipotéticas de gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares. A validação ocorreu em dois momentos: primeiro com relação à dificuldade de se entrar com os dados e segundo com relação à correspondência entre o protótipo informatizado e o modelo conceitual estruturado. O segundo momento foi realizado durante e após a codificação do modelo.

Para validar o programa utilizou-se o procedimento adotado por Lupatini (2002), que consiste numa planilha para relatar os erros do sistema. Este procedimento é mostrado na Tabela 1.

A coluna “dificuldade” na Tabela 1 refere-se ao trabalho que o programador teve em corrigir cada um dos erros relatados. O grau de dificuldade varia de 0 a 3 e visa fazer uma correspondência com o tipo de problema, que varia de crítico a sem importância. A relação entre tipo e dificuldade é interessante para perceber que nem sempre o que é considerado fácil ou simples para se corrigir, na opinião do agente cognitivo, é também para o programador.

Finalmente, são gerados os arquivos executáveis do sistema para sua instalação e disponibilização para os usuários finais.

Tabela 1 - Modelo da planilha de erros e alterações utilizada na validação do sistema

Módulo	Descrição	Tipo	Situação	Dificuldade
Cadastrar município	O somatório dos componentes não está dando 100%.		Corrigido	3
Cadastrar município	Criar um campo específico para matéria orgânica		Corrigido	2
Composição gravimétrica	Organizar a diagramação. As informações estão muito próximas.		Pendente	
Alterar cadastro	Região norte não está disponível		Corrigido	1
Alterar cadastro	Matéria orgânica não pode ser excluída e está sendo.		Pendente	
Valor de referência	3ª tela. Mudar título para “composição da cidade de referência”		Corrigido	1
Alterar cadastro	Deve permitir que o número de habitantes (população) seja alterada.		Pendente	

Fonte: Massukado, 2004.

Legenda:

Crítico  Muito importante  Importante  Sem importância 

RESULTADOS

O SIMGERE fornece informações desde projeção do crescimento da população e da produção de resíduos e volume anual ocupado no aterro sanitário até a estimativa da vida útil do aterro sanitário, dos custos operacionais e da receita obtida com a venda dos resíduos recicláveis.

Para tanto o usuário deverá entrar com alguns dados como produção atual de resíduos, existência ou não de coleta seletiva, custo para coleta e transporte dos resíduos, custo para disposição, entre outros.

Os eventuais beneficiários do software podem ser engenheiros, técnicos, administradores que sejam responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos de municípios de pequeno e médio porte como também professores, alunos, pesquisadores, que queiram utilizar o software como forma de aprendizagem ou então, como objeto de novos estudos.

Definição do sistema

A Tabela 2 mostra as combinações que podem ser analisadas pelo SIMGERE.

O cenário atual corresponde à forma como os resíduos sólidos domi-

Tabela 2 - Combinações possíveis

Módulo	Cenário Atual	Nova alternativa	Cenário futuro (sub módulo)
1	CC + AS	- não	a) CC + AS
		- CTB	b) CC + CTB + AS
		- CTB + UC	c) CC + CTB + UC + AS
		- CS + CTB	d) CC + CS + CTB + AS
		- CS + CTB + UC	e) CC + CS + CTB + UC + AS

Legenda: CC – Coleta convencional; AS – aterro sanitário; CTB – central de triagem e beneficiamento; UC – usina de compostagem; CS – coleta seletiva.

ciliares são gerenciados no município. Já o cenário futuro corresponde ao cenário para o qual se deseja evoluir mediante a introdução ou não de uma nova alternativa de gestão.

O módulo 1 cujo cenário atual é CC+AS (coleta convencional + aterro sanitário) corresponde a situação em que todo o resíduo sólido domiciliar é recolhido pela coleta convencional (misturada) e encaminhado para o aterro sanitário. As novas alternativas referem-se a introdução ou não de um novo componente na gestão dos resíduos sólidos domiciliares. Caso for escolhida a opção “não”, significa dizer que todo o resíduo continuará sendo

recolhido misturado e encaminhado para o aterro. Outras alternativas são:

- CTB (Central de Triagem e Beneficiamento): neste caso há um desvio na rota do caminhão coletor, que ao invés de encaminhar o resíduo coletado para o aterro, leva-o para a central de triagem e beneficiamento. Nesta situação, ocorre o desvio de parte dos resíduos secos.

- CTB+UC (Central de Triagem e Beneficiamento + Usina de compostagem): neste caso a central de triagem e beneficiamento coexiste com a usina de compostagem, provocando um desvio na rota do caminhão coletor, que ao invés de encaminhar o resíduo

coletado para o aterro, leva-o para a central de triagem e beneficiamento, e posteriormente a fração orgânica para a usina de compostagem.

- CS+CTB (Coleta seletiva + Central de Triagem e Beneficiamento): neste caso, a coleta seletiva é introduzida com o objetivo de melhorar o desempenho da central de triagem e beneficiamento. A coleta convencional continua e os resíduos são encaminhados para o aterro. Os resíduos provenientes da coleta seletiva são levados para a central de triagem e beneficiamento.

- CS+CTB+UC (Coleta seletiva + Central de Triagem e Beneficiamento + Usina de compostagem): Neste caso, a coleta seletiva é introduzida com o objetivo de melhorar o desempenho da central de triagem e beneficiamento. A coleta convencional continua e os resíduos são encaminhados para a usina de compostagem. Os rejeitos são encaminhados para o aterro sanitário.

Existe uma outra possibilidade de simulação que o usuário pode testar indiretamente. Esta possibilidade corresponde à situação em que o cenário atual do município seja CC+CS+CTB+AS (coleta convencional + coleta seletiva + central de triagem e beneficiamento + aterro sanitário) que representa a situação em que os resíduos da coleta seletiva são encaminhados para a central de triagem e beneficiamento e os recolhidos pela coleta convencional vão para o aterro sanitário. Este cenário poderá ser testado selecionando o módulo 1 (CC+AS) e acrescentando como alternativa a opção CS+CTB. Mas para que se torne correspondente ao cenário atual é necessário estabelecer o início imediato desta alternativa, ou seja, digitar o valor zero no campo em que é requerido inserir a informação sobre após quantos anos será introduzida a nova alternativa.

Limitações do software

- O SIMGERE considera somente os resíduos sólidos domiciliares, porém podem ser desenvolvidos novos módulos complementares para outros tipos de resíduos;

- O SIMGERE não considera todas as tecnologias de tratamento, tais como a incineração (devido à inviabilidade econômica principalmente para os pequenos municípios) e a vermicompostagem (por ser ainda aplicada em pequena escala e não ser um método tão

divulgado quanto a compostagem);

- O SIMGERE não contabiliza a redução do resíduo e atividades de reutilização, pois são etapas que ocorrem antes do resíduo ser descartado e, portanto, torna-se muito difícil o controle quantitativo destas ações.

- O SIMGERE não avalia a energia e emissões associadas com os diferentes tipos de tratamento e finalmente,

- O SIMGERE não foi desenvolvido para prescrever a melhor alternativa, mas sim para fornecer uma orientação inicial aos gestores quanto às consequências relativas a cada cenário simulado.

Funcionamento do sistema

O SIMGERE está dividido em quatro blocos: Composição Gravimétrica, Cenário, Relatório e Ajuda como mostra a Figura 1.

O Bloco Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos do município é essencial para o programa uma vez que esta entrada de dados representa duas funções: a primeira é cadastrar uma nova composição e a segunda é alterar a composição já existente.

Para cadastrar uma nova composição o sistema requer que sejam fornecidas as seguintes informações: região, estado, município, população, ano da caracterização e os valores da composição gravimétrica dos resíduos.

Se o município não dispuser da composição gravimétrica de seus resíduos, o programa permite empregar a composição gravimétrica de outro município que apresente população semelhante, ou que se localize próximo geograficamente.

A segunda opção da Composição Gravimétrica, de alterar os dados refere-se à atualização dos valores da população ou da composição gravimétrica do município, seja por conter dados errados ou por existir uma composição mais recente.

Criando e simulando um cenário

Para criar um cenário é necessário clicar em Cenário – Novo Cenário. A Figura 2 mostra a tela inicial do programa e a tela que irá aparecer depois de clicado a opção “Novo cenário”.

O usuário deverá preencher todas as telas, que estão indicadas por abas. O botão Finalizar só irá funcionar quando todas as telas indicadas nas abas tiverem sido preenchidas. A primeira aba corresponde a tela dos Dados Gerais que pede informações tais como região, estado e município para o qual se deseja criar um cenário.

A próxima aba corresponde ao atual Cenário de Gestão do RSD, que nesta versão disponibiliza apenas a situação coleta convencional mais aterro sanitário (CC+AS). Outra aba corresponde a Produção e Composição Gravimétrica dos resíduos do município. O usuário deve fornecer o valor da quantidade de resíduos produzidos por mês. A composição gravimétrica virá automaticamente do banco de dados do sistema.

A última aba refere-se aos dados do aterro sanitário tais como: volume disponível do aterro sanitário, volume de compactação e volume de cobertura. Caso o usuário desconheça os dois últimos itens há um botão de informa-

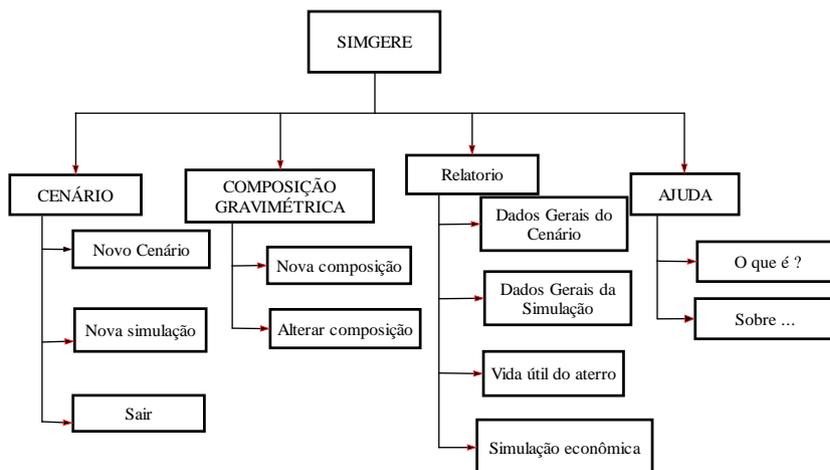


Figura 1 - Esquema do modelo conceitual do SIMGERE

ção que mostra os valores comumente adotados pela literatura e que podem ser utilizados como referência.

Concluído o preenchimento das abas o usuário deverá iniciar as simulações em Cenário - Nova simulação. Para cada cenário o usuário poderá testar n simulações. A Figura 3 mostra a tela correspondente a uma nova simulação.

Como pode ser observado na Figura 3, o usuário deve selecionar a região, estado, cidade e cenário que deseja realizar uma nova simulação. Portanto, a premissa inicial para que uma nova simulação seja feita é que já exista um cenário cadastrado para este município.

Feita a seleção solicitada o usuário deve clicar em Continuar para dar continuidade a simulação. Nas próximas telas são requeridos os critérios de

simulação, ou seja, os valores que serão utilizados para esta simulação. A Figura 4 mostra as duas telas da seqüência de simulação.

Dentre as informações solicitadas deverá ser fornecido: um nome para a simulação, o período em anos em que a simulação irá ocorrer, a taxa de crescimento da população, e o comportamento da produção per capita (se constante ou variável no tempo). Por último, é perguntado ao usuário se ele deseja introduzir nova alternativa de gestão no sistema. Existem cinco opções: não (permanece o cenário atual), CTB, CTB+UC, CS+CTB ou CS+CTB+UC. Dependendo da escolha o programa seguirá por um caminho.

A próxima tela está dividida em duas abas: Dados da alternativa e Simulação econômica simplificada. A primeira aba corresponde às informações requeridas

sobre a nova alternativa (em que ano será introduzida e qual a sua eficiência no sistema). A segunda aba refere-se aos dados relativos aos custos de operação do sistema de resíduos sólidos.

Preenchidos estes valores o usuário deve clicar no botão Simular. Neste momento o programa irá iniciar as rotinas necessárias para se calcular a vida útil do aterro sanitário e realizar também a simulação econômica simplificada. Ao final a tela ilustrada na Figura será apresentada.

Nesta tela o usuário poderá optar por selecionar uma das quatro alternativas. Se ele não quiser ver os relatórios poderá optar por sair e depois acessar estes relatórios pelo Menu Principal – Relatório.

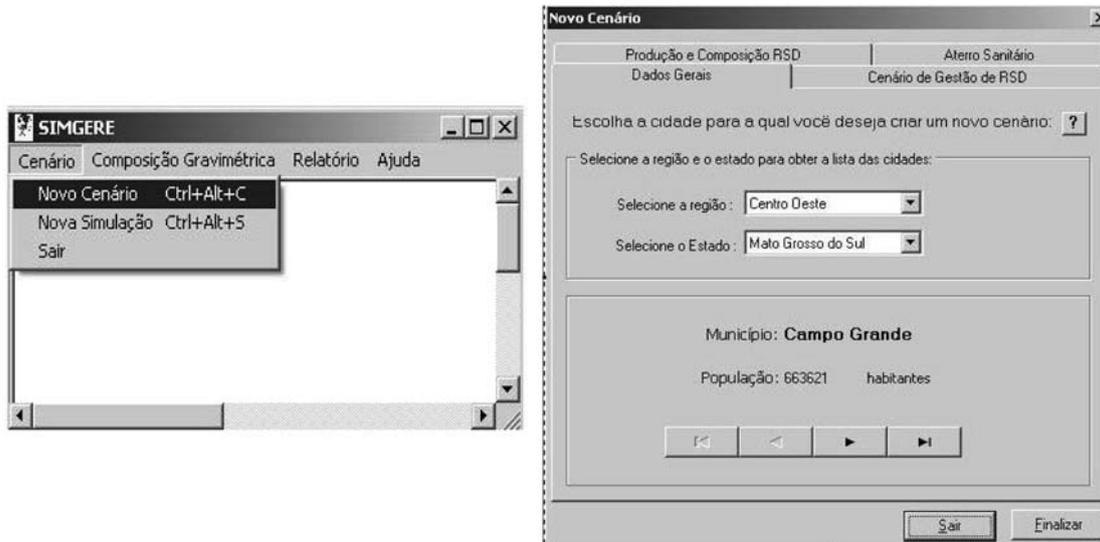


Figura 2 - Tela principal e tela referente à escolha “novo cenário”

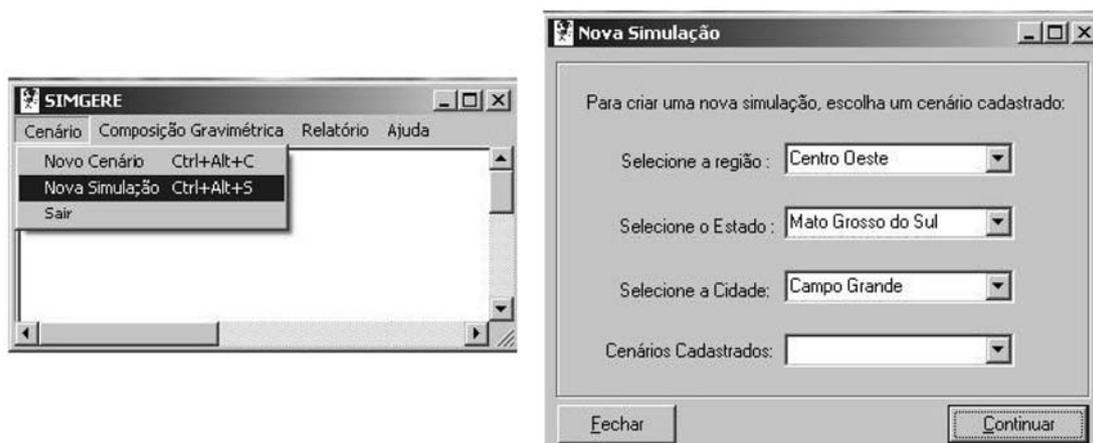


Figura 3 - Tela principal e tela referente à escolha “nova simulação”

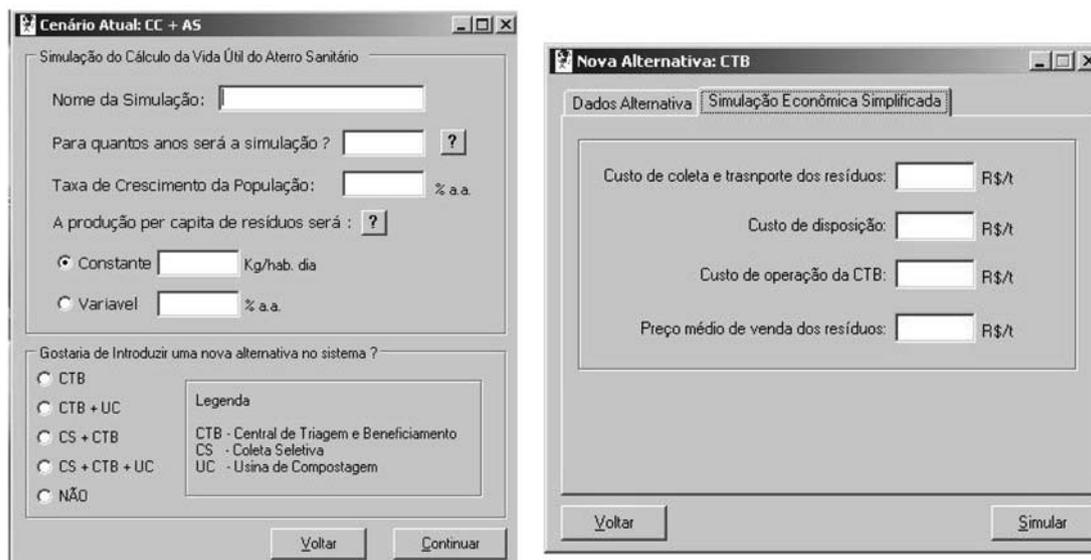


Figura 4 - Seqüência de telas referentes à opção “nova simulação”

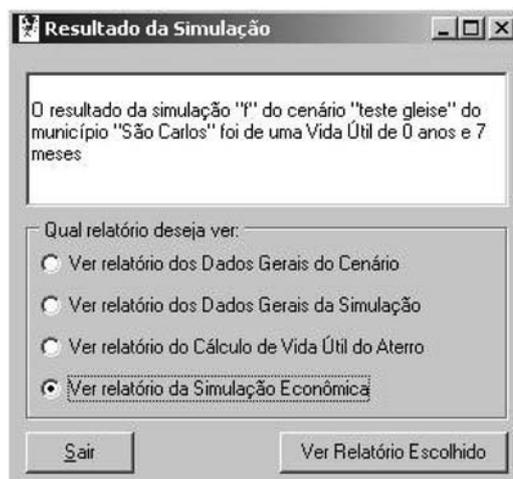


Figura 5 - Tela mostrando o resultado da simulação

Visualizando relatórios

O relatório é dividido em quatro partes: a primeira referente aos dados gerais, ou seja, à caracterização do município e dados sobre a GIRSUD; a segunda referente aos critérios de simulação do cenário; e, as duas últimas que se referem às planilhas de cálculo, uma com relação à vida útil do aterro sanitário e a outra referente à simulação econômica simplificada.

Para acessar o relatório é necessário que haja pelo menos um cenário simulado. Para o usuário visualizar qualquer um dos quatro relatórios é preciso preencher a tela que irá indicar o cenário e a simulação cujos relatórios deseja-se conhecer.

As Figuras 6, 7 e 8 mostram os quatro relatórios mencionados.

CONCLUSÕES

A principal vantagem deste sistema de apoio à decisão (SIMGERE) não é a simulação exata do problema, mas a possibilidade de avaliar os padrões de comportamento do sistema.

Dentro do sistema de apoio à decisão, o processo de simulação acontece com a simples mudança nos valores das variáveis e a repetição do processamento do sistema, verificando-se ao final as conseqüências dessas alterações.

Entretanto, essa mudança nos valores das variáveis deve vir em decorrência de decisões tomadas no processo

de planejamento, no qual o decisor escolhe novo objetivo e estratégia, e a partir delas verifica quais dados precisavam ser alterados.

O processo de simulação permite experimentar e testar mudanças nos cenários, nas estratégias e táticas, e verificar suas conseqüências mais prováveis em um ambiente virtual. Desta forma, o sistema de apoio à decisão pode ser uma ferramenta bastante útil e eficaz para subsidiar as tomadas de decisão quanto à gestão dos RSD do município.

É imperativo ressaltar que o processo de simulação fornece os resultados das estratégias adotadas, mas é o decisor quem analisa e avalia os resultados selecionando aquele que considere mais adequado para a realidade do município.

Portanto, apesar do subsídio proporcionado pelo SAD desenvolvido os gestores não devem subestimar sua experiência profissional, pois esta auxilia o gestor na seleção das informações relevantes, na proposição de cenários a serem estudados, na validação do modelo e na análise dos dados.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de mestrado.

Data	Pag	
Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares		
Dados do município e cenário da gestão dos RSD		
Município	<input type="text"/>	
População	<input type="text"/>	
Destino dos RSD	<input type="text"/>	
Ano atual	<input type="text"/>	
Nome do cenário	<input type="text"/>	
Descrição	<input type="text"/>	
Cenário atual de gestão	<input type="text" value="CC + AS"/>	
Produção e composição gravimétrica dos resíduos		
Produção atual de resíduos	<input type="text"/>	t/mês
Produção per capita atual	<input type="text"/>	kg/hab.dia
Composição gravimétrica em peso		
Ano	<input type="text"/>	
Papel/Papelão	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Vidro	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Plástico	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Metal	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Matéria Orgânica	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Outros	<input type="text"/> %	<input type="text"/> t/mês
Aterro Sanitário		
Volume disponível	<input type="text"/>	m ³
Índice de compactação	<input type="text"/>	t/m ³
Volume de cobertura	<input type="text"/>	%

Figura 6 - Relatório referente aos dados gerais do cenário

Data	Pag
Relatório GIRSUD - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares	
Simulação do Cálculo da vida útil	
Cenário CC + AS	
Simulação	<input type="text"/> anos
Produção per capita de resíduos	<input type="text"/>
Nova alternativa	<input type="text" value="CS + CTB"/>
Após quantos anos será introduzida a nova alternativa	<input type="text"/>
CS	
Porcentagem de resíduo recolhido pela CS	<input type="text"/> %
Restrição da porcentagem	<input type="text"/> %
Taxa de crescimento da coleta seletiva	<input type="text"/> % a.a
Restrição Evolução	<input type="text"/> % a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
CTB	
Eficiência inicial da CTB	<input type="text"/> %
A evolução da eficiência da CTB será de	<input type="text"/> %
Restrição Evolução	<input type="text"/> % a.a
Para esta evolução a eficiência final será	<input type="text"/> %
Simulação Econômica Simplificada	
Custo coleta e transporte	<input type="text"/> R\$/t
Custo disposição	<input type="text"/> R\$/t
Custo operação CS + CTB	<input type="text"/> R\$/t
Preço médio de venda dos resíduos	<input type="text"/> R\$/t

Figura 7 - Relatório referente aos dados da simulação do cenário cuja nova alternativa é CS+CTB

SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

VIDA ÚTIL Anos meses Término entre e

n	Ano	Pop	PPC	Produção		CC	CS	CTB t/mês		Resíduo aterrado	Volume		Volume total		
				t/d	t/mês			qdd enviada	res. Reci		rejeito	t/mês	m3/mês	m3/mês	m3/ano

SIMULAÇÃO ECONOMICA SIMPLIFICADA

Gasto médio por ano com a operação do sistema considerando o tempo de vida útil do aterro

Gasto R\$/t

n	Ano	Pop	Qdd CC	Qdd CS	Qdd CTB enviada	CTB qdd Resíduos recicláveis	Aterro t/ano	Custo			Receita		Custo		
								Coleta + transporte	CS + CTB	Dispor	Operação	Venda	Cust. Evitado disposição	Total	Mensal

Figura 8- Relatório cálculo da vida útil e simulação econômica simplificada – Nova alternativa: CS+CTB

REFERÊNCIAS

- COSTI, P. et al. *An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. Waste Management*, v. 24, p.277-295, 2004.
- DÖLL, P.E.; MEDIONDO, M.; FUHR, D. *Desenvolvimento de cenários como uma ferramenta para o planejamento regional*. In: Workshop SRH –WAVES (Water Availability, Vulnerability of Ecosystems and Society in the Northeast of Brazil), Anais...Fortaleza, 2000.
- ENVIRONMENT AND PLASTICS INDUSTRY COUNCIL – EPIC e CORPORATIONS SUPPORTING RECYCLING - CSR. *Integrated solid waste management tools: Measuring the environmental performance of waste management systems*. Canadá, 22 p. 2000.
- ETSU for the Department of Trade and Industry. *An introduction to household waste management*. Oxfordshire, UK, 55 p. 1998.
- FIORUCCI, P. et al. *Solid Waste Management in Urban Areas Development and Application of a Decision Support System*. Resources, Conservation and Recycling, v. 01, p. 1-28, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: 197 p. 2001.
- LUPATINI, G. *Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterro sanitário*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2002.
- MAC DONALD, M. *Solid Waste Management models: a state of the art review*. Journal of solid waste technology and management, v. 23, n.2, p.73-83, 1996.
- MASSUKADO, L.M. *Sistema de Apoio à Decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 2004.
- MORRISEY, A.J.; BROWNE, J. *Waste Management models and their application to sustainable waste management*. Waste Management, v.24, p. 297-308, 2004.
- MOTTA, R. S. *Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil*. Rio de Janeiro: 1995.
- RAFAELI NETO, L. S. *Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para a gestão de desastres por inundações*. Dissertação (Doutorado em Transportes) - Departamento de transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

Endereço para correspondência:

Luciana Miyoko Massukado
Rua Sete de Setembro, 2053
13560-180 São Carlos - SP -
Brasil
Tel.: (16) 3376 1535
E-mail: lumassukado@yahoo.com.br

REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

REPIDISCA - REDE PANAMERICANA DE INFORMACIONES EN SALUD AMBIENTAL

HTTP://WWW.CEPIS.ORG.PE



SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE

HTTP://WWW.SCIELO.ORG