

## USO DE GEOTECNOLOGIA NA DELIMITAÇÃO DE MACROÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS DOS CONSÓRCIOS DE SANEAMENTO NO ESTADO DE SERGIPE

A. C. A. J. Cruz (PQ)<sup>1</sup>; C. M. C. Galvão (PQ)<sup>1</sup>; F. M. C. Melo (PQ)<sup>1</sup>; J. C. A. Cardoso Júnior (PQ)<sup>1</sup>; L. Melo (PQ)<sup>1</sup>; V. G. O. Almeida (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Sergipe (IFS) - Campus Estância

Praça Jackson de Figueiredo, 49 - Centro - Estância/SE - CEP: 49.200-000

e-mail: annacjesus@bol.com.br; carolinamchaves@gmail.com; fernanda.melo.ifs@gmail.com;

jcacjr2@yahoo.com.br; lucianomelo.se@gmail.com; vanessa.gentil@hotmail.com

(PQ) Pesquisador

### RESUMO

Implantar soluções para a destinação final dos resíduos sólidos que ofereçam segurança ambiental e sobretudo à saúde da população, constitui um desafio para a sociedade organizada. Nos últimos anos os gestores públicos de Sergipe vem investindo na formação de uma estrutura que envolve informação e aperfeiçoamento de pessoal, objetivando dar suporte à tomada de decisão na base desse problema. Nesse sentido, o uso de geotecnologias vêm sendo utilizadas como apoio no desenvolvimento do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe (PERS/SE), iniciativa do governo do estado mediante a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Com o objetivo de atender aos

Consórcios de Saneamento em Sergipe, essa pesquisa delimitou macroáreas favoráveis à implantação dos aterros sanitários previstos para cada Arranjo Institucional. Por fim, fazendo uso de critérios técnicos e científicos, esse trabalho chega ao resultado final, tendo em vista contribuir para o planejamento da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios sergipanos, aproximando as gestões municipais de ferramentas que facilitem o planejamento estratégico do setor de resíduos, na busca da desprecarização da sobrevivência humana, da proteção e preservação do meio ambiente, da sustentabilidade do planeta, e, sobretudo no cumprimento da PNRS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotecnologia, Aterro Sanitário, Resíduos Sólidos, Macroáreas, Consórcio de Saneamento.

## USE OF THE GEOTECHNOLOGY FOR DELIMITATION OF MACRO AREAS FOR DEPLOYMENT OF LANDFILL OF THE SANITATION CONSORTIUM IN STATE OF SERGIPE

### ABSTRACT

Deploy solutions for the disposal of solid waste that offer environmental safety and especially the health of the population is a challenge for organized society. In recent years public managers Sergipe has invested in the formation of a structure involving personal information and improvement, aiming to support decision making on the basis of this problem. In this sense, the use of geotechnology have been used to support the development of the State Plan for Solid Waste of Sergipe (SPSW/SE), an initiative of the state government through the implementation of the National Policy on Solid Waste (NPSW). Aiming to meet the Sanitation

Consortium in Sergipe, this research delimited favorable to the implementation of landfills planned for each Institutional Arrangement macro areas. Finally, making use of technical and scientific criteria, this work reaches the final result, in order to contribute to the planning of municipal solid waste management in municipalities in Sergipe, approaching municipal management tools that facilitate the strategic planning of the waste sector in search of not precarious of human survival, protection and preservation of the environment, the sustainability of the planet, and especially in fulfilling NPSW.

**KEY-WORDS:** Geotechnology, Landfill, Solid Waste, Macro Areas, Sanitation Consortium.

## USO DE GEOTECNOLOGIA NA DELIMITAÇÃO DE MACROÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS DOS CONSÓRCIOS DE SANEAMENTO EM SERGIPE

### INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados pela sociedade vem aumentando dramaticamente nas últimas décadas e têm causado preocupação especial. O aumento da urbanização e o avanço na produção industrial, atrelados ao crescente hábito de consumo da população, recai como ônus ao meio ambiente, inexoravelmente, gerando degradação à natureza. A disposição inadequada do lixo pode causar diversos problemas ao homem e ao meio ambiente, principalmente se ocorrer a céu aberto, poluindo o solo, a água e o ar (REICHERT, 1999).

A procura por espaços adequados à destinação correta destes resíduos ainda constitui uma das principais questões discutidas no Brasil, considerando que os aterros sanitários são adotados como principal solução para a destinação correta dos resíduos sólidos na maioria dos municípios. Essa problemática torna iminente a necessidade de identificação e qualificação de áreas adequadas à implantação desse tipo de equipamento.

Na visão de Fonseca (1999), o principal objetivo do aterro sanitário é dispor os resíduos sólidos no solo, de forma segura e controlada, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde pública. A técnica basicamente consiste na compactação dos resíduos no solo, dispondo-os em camadas que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte, formando células, de modo a ter-se uma alternância entre os resíduos e o material de cobertura.

É fato que durante muitos anos a sociedade procurou resolver o problema dos resíduos sólidos urbanos atribuindo responsabilidades ao poder público que sempre se deparou com questões de diversas ordens, sejam elas, técnicas, sócioeconômicas, culturais ou políticas. Contudo, toda tentativa foi vã, até que, posta em discussão por vinte anos no Congresso Nacional, foi aprovada no ano de 2010 a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010) - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Implantar soluções que ofereçam segurança ambiental e sobretudo à saúde da população, torna-se agora, parte de um desafio para a sociedade organizada. Nos últimos quatro anos, tanto o governo de Sergipe como o governo federal vem investindo na formação de uma estrutura que envolve informação e aperfeiçoamento de pessoal, propiciando facilitar a tomada de decisão na base do problema, sobretudo no sentido de elaborar o plano estadual e planos municipais de gestão e manejo de resíduos sólidos.

Nesse sentido, a implementação de políticas direcionadas ao setor de saneamento como um todo, também recebeu especial atenção das autoridades, a exemplo da elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe (PERS/SE), iniciativa do governo do estado.

Com o advento da implantação da PNRS, o estado de Sergipe tomou a iniciativa de se adequar às exigências dessa nova lei desde o ano de 2010, quando esta imputou prazo de quatro anos, contados de sua homologação, para a erradicação total dos lixões a céu aberto. Desse modo, como fruto dessa preparação, o governo de Sergipe está criando o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe - PERS/SE (2013), sob supervisão da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), além de outros investimentos feitos ao longo dos últimos anos, a exemplo do Plano de Regionalização da Gestão dos Resíduos Sólidos (PRGRS/SE), do Atlas Digital de Recursos Hídricos (ADRHS), e, da geração da Base Cartográfica Digital do

Estado, fundamentada em aerofotogrametria e restituição com escalas de 1:10.000 em zonas rurais e 1:2.000 em sedes municipais. Como reflexo desse esforço, já foram criados quatro Consórcios de Saneamento (CS) no estado de Sergipe, formados por vinte e oito Arranjos Institucionais (AI), onde deverá ser instalado um aterro sanitário para cada arranjo, tudo isso objetivando a criação de uma estrutura de gestão que dê suporte ao atendimento da PNRS, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Arranjos Institucionais dos Aterros Sanitários nos CS em Sergipe.

Fonte: Plano de Regionalização da Gestão dos Resíduos Sólidos de Sergipe/2010.

É mister afirmar que atualmente com a difusão e desenvolvimento das geotecnologias, pode-se estabelecer com relativa facilidade, estudos dessa natureza. Porém, ainda há que se avançar na utilização dessa área de conhecimento, principalmente quando se trata de municípios de pequeno e médio portes. Em sua exploração sobre o tema, Xavier (2001) usa o geoprocessamento de modo indispensável como ferramenta de trabalho para desenvolver estudos mais aprofundados dessa natureza.

A consideração dos aspectos técnicos e ambientais na procura por áreas propícias à implantação de um aterro sanitário é condição *"sine qua non"* na obtenção de alternativas locais. Todavia, a avaliação criteriosa dessas áreas é de extrema importância para garantir a minimização dos impactos desse tipo de equipamento, o que geralmente não ocorre em municípios menores, que acabam lançando seus resíduos a céu aberto, abdicando de quaisquer critérios (MASSUNARI, 2000).

O problema tende a se agravar na medida em que a gestão municipal infringe o modo como se deve tratar os resíduos sólidos gerados em seu território, sonhando o tratamento adequado para posterior destinação final, gerando os chamados lixões. Por sua vez, a população

menos assistida, tende a se acomodar desenvolvendo práticas incorretas de descarte dos resíduos gerados no interior de seus domicílios, quando estes deveriam ser gerenciados de modo integrado, desde sua origem até o final do processo (CALLADO, 2005).

Em Sergipe, a maioria de seus setenta e cinco municípios corrobora com o universo das práticas incorretas, posto que o principal objetivo desse trabalho é apontar macroáreas favoráveis a possíveis implantações de aterros sanitários, para quatro consórcios de saneamento, formados com a finalidade de viabilizar a gestão dos resíduos sólidos em todo o Estado.

Para Gomes et. al. (2001), na escolha de uma área para essa finalidade, devem ser definidos critérios ambientais seguidos de critérios de restrições legais e outras restrições, e por fim, devem ser observadas as características operacionais prevalecentes que viabilizem o empreendimento.

Seguindo esse raciocínio, ainda com base nos estudos de Gomes et al. (2001), a idéia principal é fazer um apanhado dos dados disponíveis e determinar macroáreas favoráveis para implantação de unidades de disposição final de resíduos sólidos no Estado de Sergipe, de acordo com o PERS/SE.

Evidentemente, a escolha definitiva da área onde serão implantados os aterros sanitários, passa inevitavelmente por suas aptidões naturais, o que não exclui a obrigatoriedade de indicações mitigatórias acerca de seus aspectos desfavoráveis (MASSUNARI, 2000). Tais aspectos, certamente serão elucidados quando da elaboração dos projetos de concepção, básico e executivo, o que dá a essa pesquisa um caráter primário, servido de base para um estudo inicial que será aprofundado por áreas especializadas da engenharia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

É mandatório afirmar que estudar áreas para disposição de resíduos sólidos através de geotecnologias é ir ao encontro de uma zona ainda pouco explorada. No entanto, não se pode mais negar a existência de inúmeras facilidades ligadas a esta esfera de conhecimento. Destarte, o uso de material digitalmente processado tornou-se comum ao desenvolvimento dessa pesquisa, cuja metodologia apresenta-se no decorrer dessa seção.

A pesquisa aqui apresentada utilizou-se de três fases em sua execução, a saber:

Inicialmente foi feita uma coleção de todo material produzido pelo governo do estado durante os últimos anos, os quais foram incorporados ao estado da arte nesse trabalho. Tal material refere-se a: planos, levantamentos, publicações e produções digitais, bem como as leis e normas pertinentes. Desse modo, pode-se fazer um estudo mais aproximado das necessidades de identificação das macroáreas, objeto desse trabalho.

Em segunda instância, iniciou-se uma exploração cartográfica laboratorial acerca dos temas que definidos como de maior relevância, e, mediante disponibilidade do material supramencionado, teve como norte o estabelecimento de critérios. Esse procedimento serviu de base para a validação dos aspectos fisiográficos das áreas em foco, através das ortofotocartas disponíveis.

Segundo Anderson & Ribeiro (1982) em seu trabalho de introdução a fotointerpretação, os aspectos observados em uma seção fotogramétrica temática, deve, sempre que possível seguir uma dinâmica de constatação, isso atribui maior valor as informações originadas.

Na fase final da pesquisa, procedeu-se a produção de mapas de acordo com a validação dos temas, observando-se aspectos e critérios técnicos e de normalização, cujo resultado foi a indicação de macroáreas restritas e favoráveis à instalação dos aterros sanitários dos Consórcios de Saneamento em Sergipe.

Resultante da primeira fase metodológica, foram selecionados alguns materiais a serem utilizados, conforme Tabela 1, apresentada a seguir.

**Tabela 1 – Material sobre resíduos sólidos prospectado no estado de Sergipe.**

Origem dos Dados	Descrição do Material	Ano de Publicação	Identificação
Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH)	Atlas Digital de Recursos Hídricos de Sergipe.	2012	ADRHS
Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH)	Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe.	2013	PERS/SE
Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH)	Plano de Regionalização da Gestão dos Resíduos Sólidos de Sergipe.	2010	PRGRS/SE
Secretaria Estadual de Planejamento, Orçamento e Gestão (SEPLAG)	Base Cartográfica Digital do Estado de Sergipe (Restituição). Escala 1:2.000 e 1:10.000	2010	Base Digital
Secretaria Estadual de Planejamento, Orçamento e Gestão (SEPLAG)	Levantamento Aerofotogramétrico do Litoral e Sedes Municipais.	2004/2010	Ortofotocarta

Fonte: Próprio autor.

Em exploração do material encontrado, notou-se que o ADRHS usa elementos gráficos construídos vetorialmente, com padrão .SHP (shape file), em razão disso foi adotado o software AutoCad Map 2014, que importou as feições características de cada tema, almejando delimitar as macroáreas investigadas com base no PERS/SE. Essas feições foram validadas com o uso das ortofotocartas produzidas pela SEPLAG (2010).

Em sua pesquisa, Brollo (2001) define uma metodologia específica para seleção de áreas na implantação de aterro sanitário, servindo de base para se estabelecer critérios concretos de restrição ou favorecimento. Em construção contígua, dentro dessa linha metodológica efetuou-se o reconhecimento das regiões estudadas, possibilitando assim iniciar a discretização das áreas cujas condicionantes serviram de fator relevante.

Nesse sentido, corroborando a concepção de WEBER e HASENACK (2002), a partir da adoção de critérios operacionais e ambientais, confrontados com feições características dos mapas exibidos pelo ADRHS, e recuperados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), houve

a possibilidade de se indicar zonas de maior aptidão, de modo a permitir acomodar os vinte e sete equipamentos previstos no PRGRS/SE.

De acordo com Melo (2008), as variáveis a serem consideradas em um estudo dessa natureza estão atreladas a critérios e grandezas de avaliação, sempre com parâmetros definidos, devendo-se restringir as áreas de maior para menor.

O trabalho seguiu tomando como base os critérios apresentados, que aplicados e comparados com a realidade das macroáreas preconizadas no PERS/SE, resultou numa avaliação de maior criticidade. Todo esse processo passou pela construção de mapas temáticos e resultou em um mapa final apontando macroáreas com melhor aptidão para se implantar os aterros sanitários.

Vale salientar que essa pesquisa não pretende encontrar soluções imperativas, mas contribuir como parâmetro de tomada de decisão, visando ordenar o desenvolvimento da região em suas atividades produtivas, harmonizando os interesses coletivos estruturantes com questões ambientais e de sustentabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se delimitar as áreas favoráveis à implantação dos aterros sanitários nos arranjos municipais criados pelos consórcios de saneamento, fez-se uma tematização com base nas restrições de áreas de modo geral, levando-se em consideração as feições características dos impedimentos e plotando-as em mapas temáticos distintos, os quais ao final originaram um único mapa de restrições.

- **Áreas protegidas e comunidades quilombola**

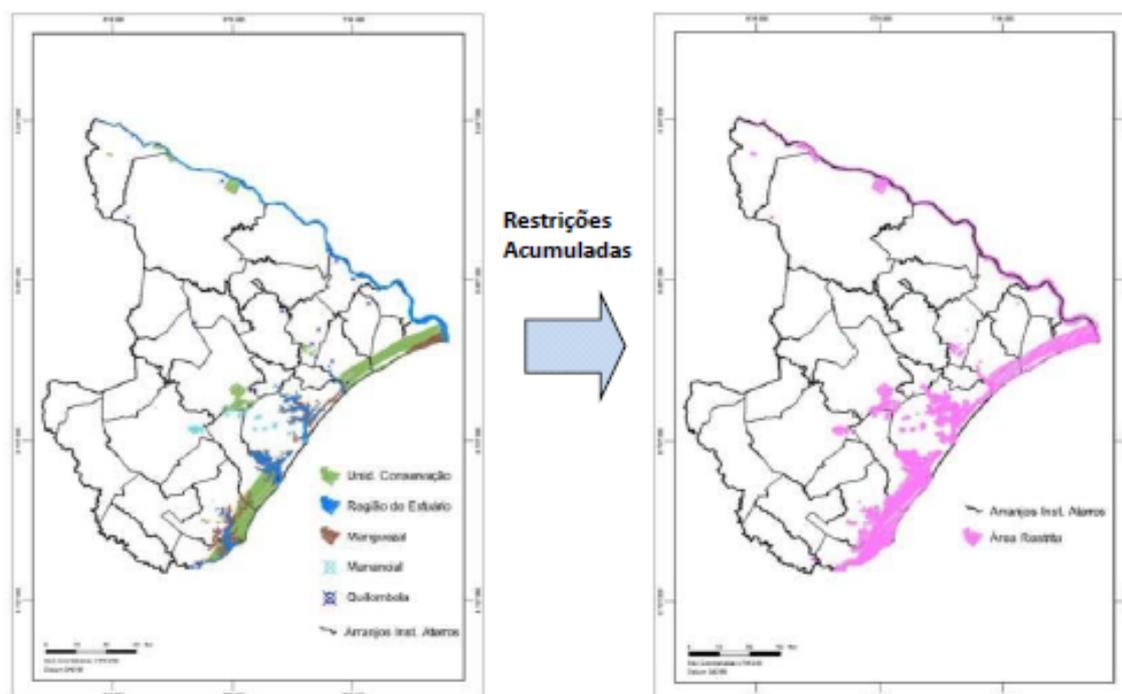


Figura 2: Sergipe. Formação das Restrições de Áreas Protegidas e Quilombolas.

Fonte: Adaptado do ADRHS (2012).

- Recursos hídricos e outras restrições ambientais

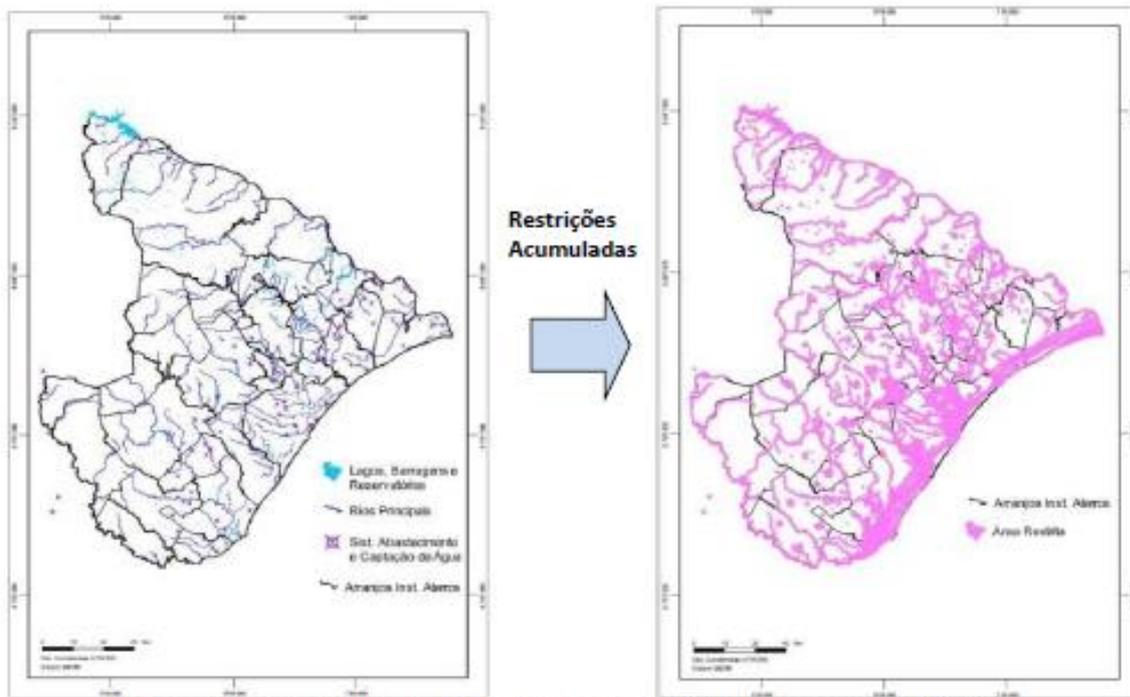


Figura 3: Sergipe. Formação das Restrições dos Principais Rios e Corpos Hídricos.  
Fonte: Adaptado do ADRHS (2012).

- Atividades antrópicas impeditivas aos aterros

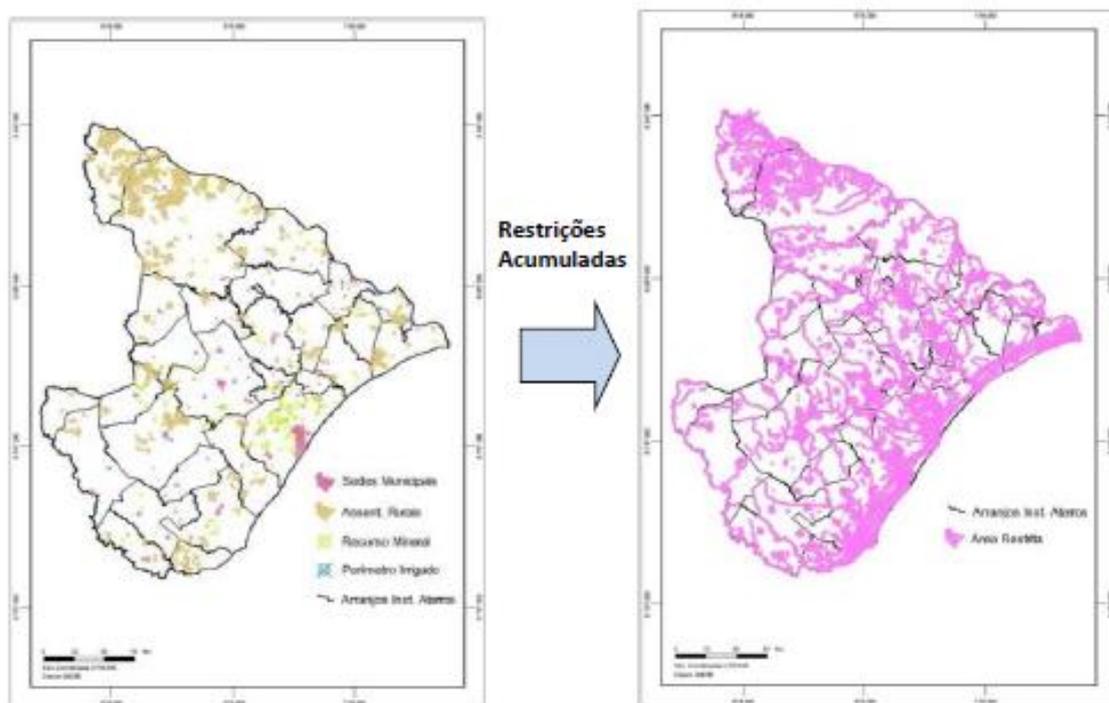


Figura 4: Sergipe. Formação das Restrições das Atividades Antrópicas.  
Fonte: Adaptado do ADRHS (2012).

• **Desenvolvimento e infraestrutura**

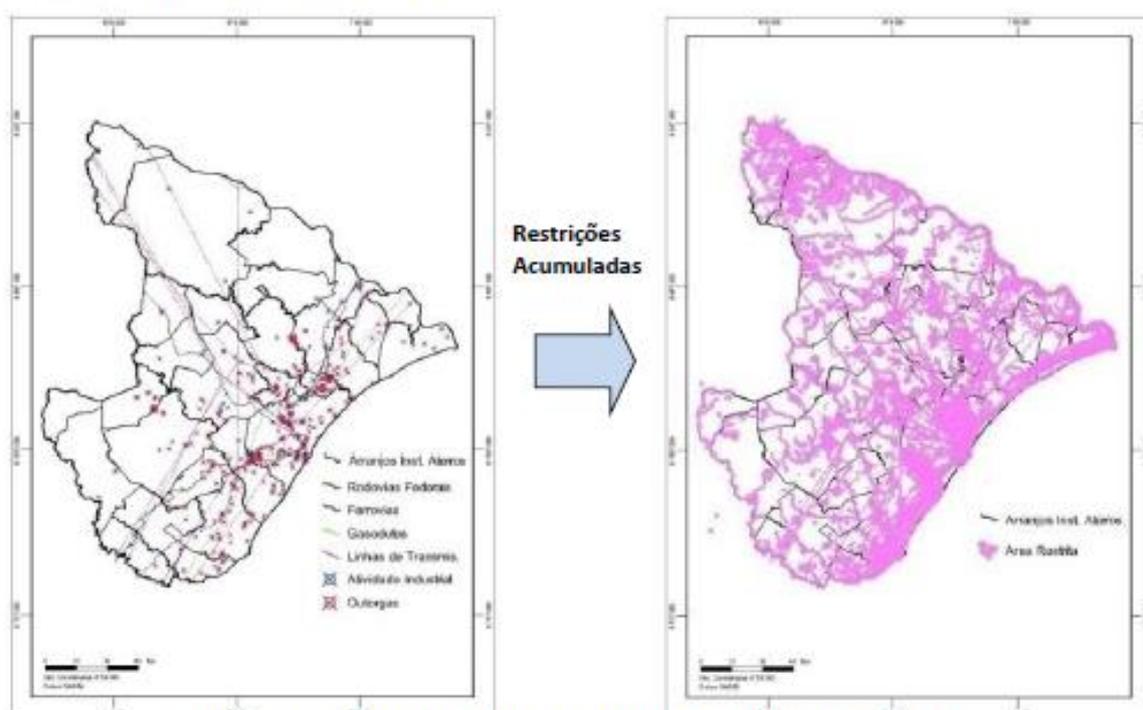


Figura 5: Sergipe. Formação das Restrições de Infraestrutura da Região.  
 Fonte: Adaptado do ADRHS (2012).

• **Macroáreas favoráveis à implantação dos aterros**

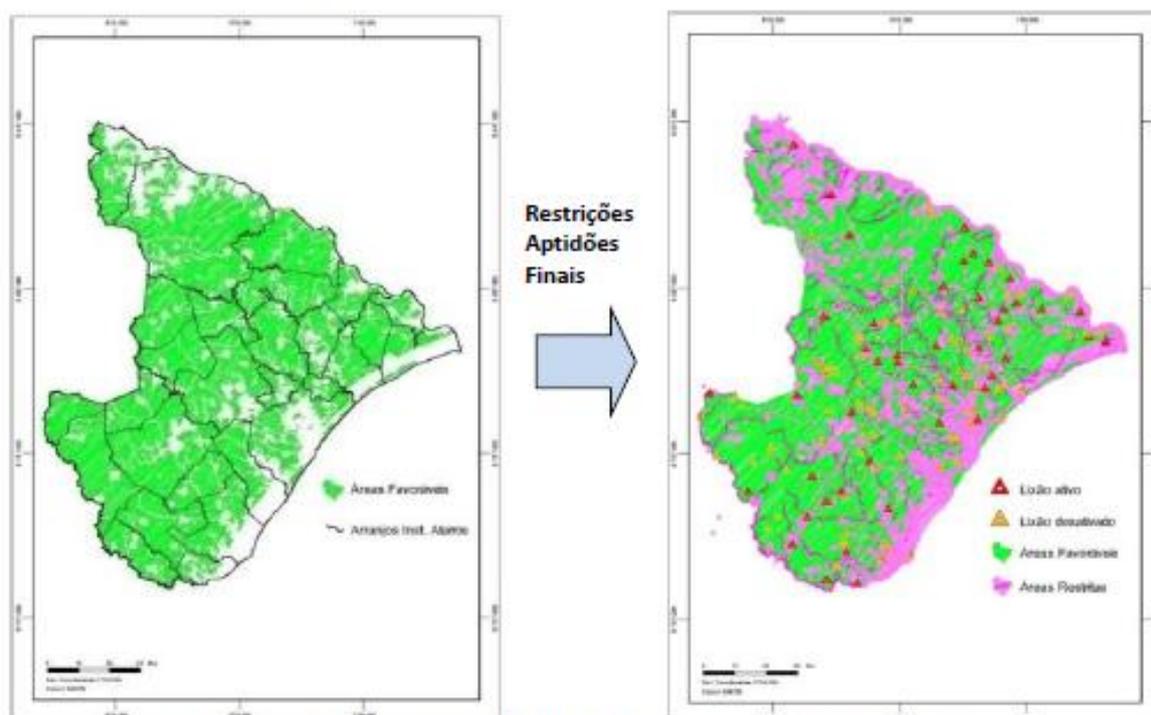


Figura 6: Sergipe. Formação das Restrições de Infraestrutura da Região.  
 Fonte: Adaptado do ADRHS (2012).

Os mapas apresentados nas Figura 2, 3, 4 e 5 representam os temas abordados, que através de suas feições características originaram os mapas de restrição. Estes mapas foram construídos de modo acumulativo, culminando no mapa final mostrado na Figura 6, onde a cor verde indica macroáreas favoráveis, enquanto que a cor vermelha indica áreas restritas.

Para se chegar a tal resultado foram estabelecidos critérios de acordo com a Tabela 2, mostrada a seguir, utilizando-se um "buffer" geoprocessado de acordo com cada Valor Aplicado.

**Tabela 2 – Critérios de Restrição Aplicados na Formação de Macroáreas.**

Tema	Variável	Critério	Valor Aplicado
Áreas protegidas e comunidades quilombola	Ambiental	Unidade Conservação	200 m
	Ambiental	Nascente	1.000 m
	Antrópica	Comunidade Quilombola	500 m
	Ambiental	Manguezal	500 m
Recursos hídricos e outras restrições ambientais	Ambiental	Estuário e Rio São Francisco	500 m
	Ambiental	Rios Principais	500 m
	Antrópica	Captação/Dessedentação	1.000 m
Atividades antrópicas impeditivas aos aterros	Antrópica	Núcleo Urbano	500 m
	Antrópica	Assentamento Rural	1.000 m
	Antrópica	Sede Municipal	500 m
	Sócio Econômica	Perímetro irrigado	3.000 m
	Econômica	Mineração	500 m
Desenvolvimento e infraestrutura	Econômica	Atividade Industrial	2.000 m
	Sócio Econômica	Gasoduto e Adutora	200 m
	Sócio Econômica	Ferrovias	200 m
	Sócio Econômica	Linha de Transmissão	200 m
	Sócio Econômica	Outorgas	200 m

Fonte: Próprio autor.

Analisando os mapas plotados na Figura 6 de modo a compará-lo com o mapa da Figura 1, pode-se perceber que para cada AI dos Consórcios de Saneamento há áreas restritas e áreas com aptidão a receber o aterro sanitário previsto. Contudo, sabe-se que essas indicações não são totalitárias, mas já dão um forte indicativo da situação dos vazadouros em cada município. No caso concreto dos lixões localizados em áreas restritas, esses devem ser imediatamente encerrados e suas áreas remediadas, mas para os casos em que estes estejam sobre macroáreas não restritas, há possibilidade de se adequar e transformar em aterros sanitários. Outra possibilidade é a necessidade de mitigação das áreas órfãs, aquelas em que se depositam dejetos e que não se tem identificação de responsabilidade.

## CONCLUSÃO

Por fim pode-se concluir através dessa pesquisa que, em face da implantação da PNRS em todo Brasil e da efetiva formação dos Consórcios de Saneamento em Sergipe, considerando ainda o vetor de desenvolvimento peculiar a cada município, estes não poderiam preterir um estudo

como esse. Por outro lado, a elucidação das macroáreas oriundas desse trabalho, significa enorme contribuição para o planejamento da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios, aproximando a técnica e a ciência do setor de saneamento básico, primordial ao desenvolvimento da qualidade de vida. Desse modo, percebe-se que é extrema a necessidade de se ter ferramentas como essa à disposição das estratégias de gestão na busca da desprecarização da sobrevivência humana e da proteção e preservação do meio ambiente, sobretudo no que se refere a sustentabilidade do planeta.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, P. S. & RIBEIRO, A. J. **Introdução a fotointerpretação**. In: ANDERSON, S. P. Elementos para interpretação. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.
- BRASIL, 2010. Presidência da República. **Lei Federal nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)>. Acesso em: 14mar. 2014
- BROLLO, 2001. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP)**. São Paulo, 2001 [Tese de Doutorado] – Departamento de saúde Ambiental – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- CALLADO, N. H. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Disciplina do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2005. (Notas de aula) – CTEC - UFAL.
- FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana**. J. Pessoa, 1999. 130 p.
- GOMES, L. P.; COELHO, O.; ERBA, D.; VERONEZ, M. **Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos**. In: ANDREOLI, C. (Org.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. São Carlos: [s.n.], 2001. p. 145-164.
- MASSUNARI, I.S. **Pesquisa e Seleção de Áreas para Aterro Sanitário**. Ed. 54. p. 17 -22. ABPL – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública. Revista Limpeza Pública, Acervo digital. 2000.
- MELO, L. de. **Seleção e hierarquização de áreas para implantação de aterro sanitário, utilizando ferramenta “SIG” e lógica “FUZZY”: Aplicação na Região Metropolitana da Grande Aracaju (SE)**. Maceió, 2008 [Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS – UFAL.
- REICHERT, G. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos, uma proposta inovadora**. *Ciência e Ambiente*. nº 18. Editora UFSM, 1999.
- SERGIPE. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Sergipe (PERS/SE)**. Aracaju: SEMARH, 2013.
- \_\_\_\_\_. **Plano de Regionalização da Gestão de Resíduos Sólidos de Sergipe (PRGRS/SE)**. Aracaju: SEMARH, 2010.
- WEBER, E.; HASENACK, H. **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário**. Porto Alegre, 2002. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Universidade Luterana do Brasil.
- XAVIER, J. S. **Geoprocessamento para Análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Ed. Xavier da Silva, 2001. 228p.