



Unidades de mapeamento geoambiental de Aracaju (SE)

L.B. Souza¹, A.P. Fiori² & N. Zitta³

1 Universidade Federal do Paraná, Rua Professor Rodolfo Belz, 790, Bl. 01, Ap. 31 – Cep 82640-570 – Curitiba – Paraná – Brasil. E-mail: lucianobarao@hotmail.com

2 Universidade Federal do Paraná, Geologia UFPR – Centro Politécnico – Jardim das Américas Caixa Postal 19001 – Cep 81531-990 – Curitiba – Paraná – Brasil. E-mail: fiori@ufpr.br

3 Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos SA. Rua Frei Francisco Mont'Alverne, 750 – Jardim Santa Bárbara – Cep 81540-410 – Curitiba – Paraná – Brasil. E-mail: normando@engefoto.com

Resumo O objetivo deste trabalho é apresentar o mapeamento geoambiental do município de Aracaju/SE, contemplando uma base de dados e recomendações com a finalidade de subsidiar o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município, constituindo uma importante ferramenta de planejamento, necessário ao bem estar da população e meio ambiente. O mapeamento envolve aspectos essenciais para o desenvolvimento urbano, identificados por meio de estudos e caracterizações de vários temas do meio físico. O cruzamento desses temas resulta no mapa geoambiental que da origem a um banco de dados especializado beneficiando estudos de programas de macrodrenagem; de expansão urbana; mapeamento de áreas de riscos; apontamento de áreas com potenciais para ocupação e; apontamento de áreas com restrições a determinados usos. A metodologia adotada exigiu um ensaio sobre as formas de ocupação, características físicas do terreno e ambientes antropizados por meio de análise do relevo, do subsolo, do solo, do uso da terra e da legislação ambiental, que deram origem a produtos cartográficos temáticos analisados de forma integrada, sobre um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Como resultado, pôde-se identificar que o município de Aracaju apresenta uma extensa área sem restrição para ocupação e que uma percentagem muito baixa da população ocupa áreas de fragilidade ambiental significativa. Isto reflete que, as obras e ações propostas não apresentam grandes custos para recuperação, mitigação e compensação, apenas trata-se de uma tarefa de planejamento e incentivos de programas, uma vez que os principais problemas ambientais do município apresentam-se mapeados e descritos dentre os diversos temas apresentados.

Palavras-chave: mapeamento geoambiental, planejamento.

Abstract The aim of this study is present the geoenvironmental mapping of Aracaju/SE city, regarding a data base and recommendation with the target of give assistance to the managing plan city, composing an important tool for planning, necessary to the commonwealth well being and environment. Mapping evolves essentials aspects to the urban development, identified by studies and characterization of some physical environment subjects. The match of these subjects results to the geoenvironmental map that comes to a specialized data base improving studies to macrodrainage programs; urban spread; risking areas map; potential areas for occupation spotting and restricted areas to particular use spotting. The adopted methodology has urged tests about kind of occupation, land physics characteristics and human environment through relief, subgrade, earth analysis soil utilization and environmental legislation, which have given origin to thematic cartographic products analyzed as an integrated way, by geographic information system (GIS). As a result, it was possible to identify that Aracaju city shows a wide area without any restriction to occupation and a very low populational percentage occupies significant fragile areas. This reflects that proposed works and actions do not require great amount of money to remediation, mitigation and compensation, just because it refers to a planning task and programs' incentive, since the main environmental problems of the city are mapped and described among several presented subjects.

Keywords: Geoenvironmental mapping, planning.

INTRODUÇÃO O conceito geoambiental está intimamente relacionado com o resultado do cruzamento de temas diversos, representados espacialmente numa mesma proporção, que resulta num banco de dados espacializado de modo a orientar o planejamento, subsidiar as ações de intervenções urbanas necessárias ao bem estar da população e do meio ambiente da cidade.

Para o município de Aracaju foi produzido uma coleção de mapeamentos 1:10.000, que partiu da confecção da base cartográfica e ortofotocartas na escala 1:1.000, elencando temas de solos, declividade,

hidrografia, uso e ocupação do solo, legislação ambiental e, por fim, o mapa geoambiental de Aracaju. Este trabalho foi solicitado pela prefeitura de Aracaju que buscava subsídios para fundamentar o planejamento urbano e direcionar futuras ocupações e empreendimentos dentro do perímetro da cidade. Para isso, uma equipe de técnicos foi montada e num trabalho em conjunto com algumas secretarias municipais, propôs-se o mapa geoambiental como base para a produção do plano diretor, visando beneficiar programas de macrodrenagem, de expansão

urbana, de áreas de riscos e de restrições para determinados usos.

A seguir será apresentado o método utilizado para confecção de cada carta com destaque para o mapa geoambiental, como suporte para os estudos do plano diretor do município, assim como os resultados atingidos e as recomendações propostas.

MATERIAIS E MÉTODOS O método adotado exigiu um estudo sobre as formas de ocupação, características físicas do terreno e ambientes antropizados por meio da análise do relevo, do subsolo, do solo, do uso da terra e da legislação ambiental. Esses dados deram origem a produtos cartográficos temáticos que foram analisados de forma integrada, por intermédio do cruzamento das classes

mapeadas utilizando-se *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIGs apresentam grande potencial nos processos de cruzamento e análise de informações, por meio de base diagnóstica descrita em matriz de possibilidades (Fig. 1).

A produção das cartas temáticas, que fundamentaram o mapeamento geoambiental de Aracaju, foi realizada por meio de interpretações de temas, tomando por base o recente mapeamento realizado para a cidade. Os temas são:

- carta de hidrografia;
- carta de declividade;
- carta de solos;
- carta de uso e ocupação do solo, e
- carta de legislação ambiental.

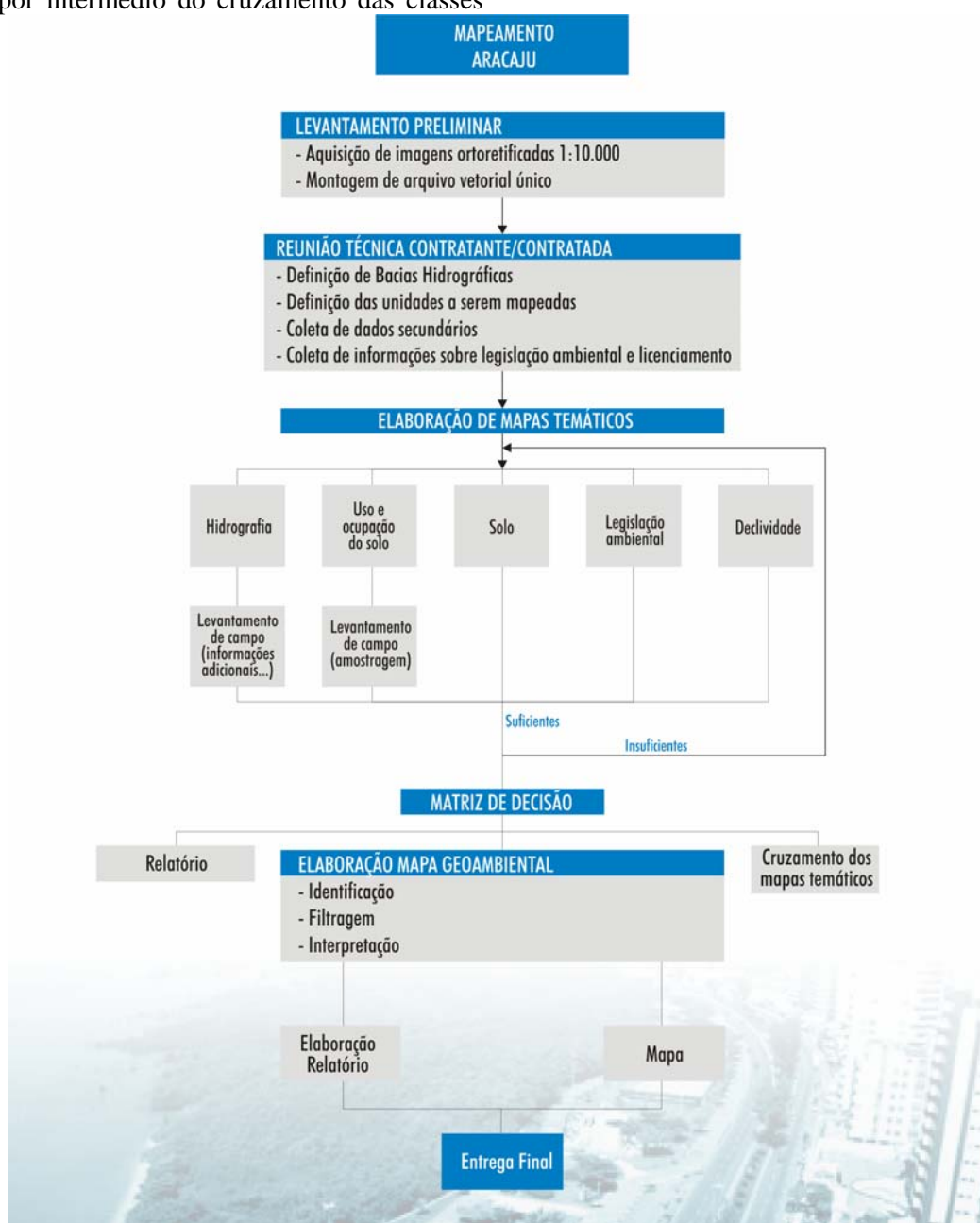


Figura 1. Fluxograma do método utilizado



Escala de mapeamento Atualmente, as cartas de geologia de engenharia e riscos geotécnicos adotam metodologias, e respectivas escalas, de acordo com a sua área de influência. No caso de Aracaju, considerando os aspectos históricos de mapeamentos e cartografias temáticas em áreas urbanas, com o objetivo de promover e elencar informações para subsidiar uma análise global dos diversos componentes do espaço urbano e os projetos executivos, a escala adotada para execução dos trabalhos foi de 1:10.000.

Base cartográfica utilizada* Todos os temas mapeados tiveram como referência a seguinte base cartográfica produzida para o município:

- ortofotocartas 1:1.000, produzidas a partir de vôo 1:5.000 de dezembro de 2003, contendo hidrografia, alinhamento predial, arruamento e curvas de nível (m/m), e
- foteointerpretação de vôo 1:5.000, para execução de carta de solos e uso e ocupação do solo, utilizando como fonte a respectiva base.

*A base cartográfica 1:1.000 sofreu adequações de escala sendo adaptada para a escala 1:10.000, para um melhor ajuste à metodologia citada.

CARTAS TEMÁTICAS A seguir serão apresentados os temas interpretados que deram origem ao mapa geoambiental de Aracaju.

Carta de hidrografia Segundo Canali & Oka-Fiori (1987), a análise das redes de drenagem é de fundamental importância para a compreensão de um sistema ambiental, dado que a estruturação da rede de canais fluviais é resultante da interação entre elementos de natureza geológica, climatológica, topográfica e biogeográfica.

Dentre as técnicas que enriquecem os estudos geoambientais, a análise das características físicas das bacias hidrográficas é um método que contribui para a compreensão da ação dos processos naturais e de intervenção antrópica. Como componente importante dos estudos geoambientais, a carta que representa elementos relacionados à hidrografia foi confeccionada, composta por registros secundários (levantamentos já existentes) e levantamentos in situ.

Conforme a legenda demonstrada a seguir, fazem parte do conteúdo desse tema as seguintes classes de mapeamento:

- delimitação das principais bacias hidrográficas de Aracaju;
- padrão das drenagens e indicação de fluxo de canais;

- identificação das áreas sujeitas a possíveis inundações:

- o manguezais, como áreas sob influência direta da oscilação de maré;
- o lagos, açudes, e
- o cursos de água representados na forma de rios, valas, canais, cursos perenes e linhas de drenagem.

Sendo assim, as principais bacias hidrográficas da cidade de Aracaju (Fig. 2), dentro do padrão de classificação, são:

- bacia hidrográfica do rio do Sal;
- bacia hidrográfica do rio Sergipe;
- bacia hidrográfica do rio Poxim;
- bacias hidrográficas de contribuição costeira;
- bacia hidrográfica do rio Vaza Barris, e
- bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Como critérios para delimitação das bacias foram utilizados os divisores naturais do relevo. No ambiente de planície, intervenções humanas, como aterros de vias, que influenciam na dinâmica do escoamento e superficial, acabam configurando e apresentando características de divisores de água.

Carta de declividade Essa carta foi gerada, por meio de processo automático, a partir da utilização das curvas de nível que representam a topografia do relevo em cotas de m/m, extraídas da base cartográfica digital de Aracaju, escala 1:1000;

A definição das classes de declividade, também chamadas de clinográfica (De Biasi 1992), teve como referência a proposta da Embrapa (1999), cujos intervalos foram adaptados para melhor representar os padrões das encostas mais acentuadas e, principalmente, atender aspectos do relevo em áreas continuamente planas como, por exemplo, nas bacias hidrográficas da planície litorânea.

Conforme metodologia da Embrapa (1999), as classes de declividade foram representadas da seguinte forma:

- muito plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, entre 0 e 1%;
- plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declives variáveis de 1 a 3%;
- suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por colinas ou outeiros, apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%;
- ondulado – superfície de pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%;



Figura 2. Localização geográfica das principais bacias hidrográficas do município de Aracaju

- forte ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, formada por outeiros e morros, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 30%;

- forte ondulado - superfície pouco movimentada, formada por outeiros e morros, com declives fortes, predominantemente variáveis de 30 a 45% (protegido por lei municipal), e

- montanhoso - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas e alinhamentos montanhosos, apresentando desenvolvimento relativamente grande e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis acima de 45% (protegido por Lei Federal).

Carta de solos A metodologia desenvolvida para realização do mapeamento dos solos de Aracaju foi a mesma adotada pelo IPT e sintetiza os resultados

obtidos no desenvolvimento e na aplicação da cartografia geotécnica.

Esse mapeamento, como expressão prática do conhecimento pedológico, aplicado ao gerenciamento dos problemas colocados pelos diferentes usos do solo tem como objetivo:

- prever o desempenho da interação entre o meio físico e sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo;

- estabelecer orientações técnicas preventivas dos problemas identificados, para minimizar custos e riscos nos empreendimentos de uso do solo, e

- confeccionar cartas de atribuições ou parâmetros (quando se limitam a apresentar a distribuição espacial de uma ou mais característica pedológica, geotécnica e geológica do terreno).

As etapas da elaboração da Carta de Solos foram as seguintes:

- aquisição de dados preliminares tais como: base cartográfica digital (adaptada para escala 1:10.000), mapas geológicos, mapas de solos etc.;
- foteointerpretação dos solos existentes (na escala 1:5.000);
- vetorização e exportação das informações para software SIG, e
- conferência em campo das unidades mapeadas.

Essa classificação foi embasada principalmente quanto à gênese dos materiais constituintes, na correlação e na interpretação dos parâmetros geomecânicos dos solos, considerando-os como unidades e/ou classes homogêneas, ou seja, classes com as mesmas características pedológicas tais como: profundidade dos horizontes, constituição mineralógica dos horizontes do solo e etc.

As unidades que contemplam a Carta de Solos são:

- solos residuais (Grupo Barreiras, Fig. 3);
- depósitos fluviais (várzeas);
- depósitos de terraços;
- depósitos marinhos de areias quatzosas;
- depósitos flúvio-marinhos (mangues);
- depósitos de tálus e colúvios;
- dunas;
- processos de movimentação de massa (escorregamentos), e
- suscetibilidade a erosão.



Figura 3. Solos residuais da Formação Barreiras (predominante na porção norte do município)

Carta de Uso e Ocupação do Solo O uso e a ocupação do solo foram interpretados sobre as ortofotocartas devidamente estruturadas para 1:10.000, utilizando como referência a base vetorial 1:1.000, composta por arruamento e hidrografia (incluindo áreas de mangue e dunas já restituídos).

As classes mapeadas foram:

- áreas urbanizadas;
- áreas industriais;

- áreas de ocupação desordenada;
- áreas de ocupação desordenada com edificações precária;
- equipamentos urbanos especiais;
- solos expostos e áreas de exploração mineral;
- culturas temporárias;
- reflorestamentos e culturas permanentes;
- vegetação herbácea (com associações);
- vegetação arbustiva (com associações);
- vegetação arbórea (com associações);
- mangue;
- restinga;
- loteamentos desocupados, e
- corpos de água.

Carta de Legislação Ambiental O objetivo da Carta de Legislação Ambiental foi espacializar leis e decretos, referentes à conservação da natureza, hierarquizando-as conforme o nível de atribuição. Por exemplo:

- ordem municipal – priorizar elementos legais propostos pelo próprio município e incluí-los no mapeamento:
 - o zoneamento ecológico-econômico;
 - o plano diretor;
 - o unidades de conservação;
- ordem estadual – incluir elementos legais propostos pelo estado, como:
 - o unidades de conservação;
 - o zoneamentos regionais, e
- ordem federal – utilizar artigos propostos no Código Florestal Brasileiro – CONAMA - Lei 4771/65 – que propõe a proteção para áreas ciliares, nascentes, encostas e topos de morro, além das áreas de mangues e restingas e faixas de domínio. Caso houver, incluir Unidade de Conservação de caráter Federal.

Também foram mapeadas:

Áreas de preservação destinadas à preservação dos ecossistemas naturais do município:

- entorno de nascentes: raio mínimo de 50m - Lei Federal 4771, de 19/05/65;
- dunas: áreas acima de 10m de altura - Lei Municipal Complementar, nº 042 de 06/10/2000;
- formação pioneira de influência marinha (restinga) - Resolução Conama nº 04 de 18/09/85;
- formação pioneira de influência flúvio-marinha (mangue) - Resolução Conama nº 04 de 18/09/85, e
- declividades acima de 30% - Lei Municipal Complementar, nº 042 de 06/10/2000.

E as áreas de proteção sujeitas a critérios especiais de uso e ocupação, tendo em vista o interesse público na proteção ambiental:



- faixas circundantes entorno de lagos, intercordões litorâneos e manguezais - Lei Municipal Complementar, no 042 de 06/10/2000;
- faixa marginal de preservação ao longo dos rios - Lei Federal 4771, de 19/05/65;
- unidades de conservação de proteção integral (parques) - Lei Municipal Complementar, no 042 de 06/10/2000;
- área de ocupação restrita de dunas: 06 a 10m de altura - Lei Municipal Complementar, no 042 de 06/10/2000;
- área de ocupação livre de dunas: até 06m de altura - Lei Municipal Complementar, no 042 de 06/10/2000, e
- zona de amortecimento de dunas: áreas do entorno igual a 2 vezes sua altura - Lei Municipal Complementar, nº 042 de 06/10/2000.

MAPA GEOAMBIENTAL Para a produção da carta geoambiental, foi necessário montar uma matriz de decisão que apresentou todas as possibilidades de serem interpretadas e mapeadas, além de permitir o cruzamento das situações envolvidas no mapeamento. Essa matriz de decisão atribuiu e hierarquizou valores ao mapeamento e foi produzida em base para SIG.

Essa matriz teve como princípio:

- 1º cruzamento entre dados do meio físico = risco potencial - **A** (carta de declividade x carta de solos), e
- 2º cruzamento entre dados do meio físico com meio antrópico = risco emergente - **B** (carta de declividade x carta de solos) + carta de uso e ocupação do solo.

O 2º cruzamento foi efetuado pela somatória de valores entre a tabela de Risco Potencial com os pesos atribuídos ao uso e ocupação do solo (**MG=A+B**) onde:

- **MG**: mapa geoambiental;
- **A**: risco potencial, e
- **B**: pesos do uso e ocupação.

Com base na matriz de possibilidades, as classes geoambientais foram espacializadas por meio da análise integrada dos elementos do meio físico natural, cuja obtenção se fez perante o resultado do cruzamento de temas de declividade do terreno, solos e uso do solo, resultando numa base cartográfica escala 1:10.000.

Os resultados obtidos das diferentes combinações entre o 1º e 2º cruzamentos foram agrupados em 14 intervalos (classes) os quais representam os diferentes riscos e aptidões do município de Aracaju.

Conforme sua ocupação e os riscos potenciais e emergentes (Fig. 4), o município de Aracaju encontra-se subdividido nas seguintes áreas:

- áreas recomendadas para ocupação – 58,76%;

- áreas não recomendadas para ocupação – 21,09%;
- áreas com restrição para ocupação – 4,46%, e
- corpos de água – 15,69%.



Figura 4. Avaliação da ocupação em função da recomendação de uso do solo

RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES

FINAIS O objetivo principal do mapa geoambiental é apresentar subsídios para o planejamento da cidade voltado ao bem estar social e ambiental do município como um todo. Para tanto, verificou-se que a principal consequência social ocasionada por processos de urbanizações em áreas não indicadas para uso é a redução patrimonial pela desvalorização imobiliária podendo, caso essa urbanização seja acelerada, desestimular novos investimentos na região.

Os reflexos de urbanizações em áreas não aptas para seu devido uso podem gerar decréscimo da arrecadação, intranquilidade da população habitada em locais de riscos e/ou instáveis, aumento de riscos de endemias e epidemias, diminuição da produção, migração de núcleos urbanos para áreas sem infraestrutura adequada e consequente desequilíbrio ambiental.

Verificada a necessidade da obtenção de informações precisas e espacializadas referentes aos aspectos ambientais, foram gerados os mapas temáticos que buscam retratar a integração entre o meio físico e antrópico.

Sugere-se então que seja adotada uma política de processo de planejamento dinâmico subsidiado pelo plano diretor e mapa geoambiental na qual devem constar principalmente políticas de:

- implantação de um sistema de macrodrenagem urbana;
- aumento e recuperação das áreas verdes;
- esgotamento sanitário, e
- manejo de resíduos sólidos urbanos.

Entretanto, após as análises efetuadas sobre os produtos gerados, pôde-se identificar que o município de Aracaju apresenta uma extensa área sem restrição para ocupação e que uma percentagem muito baixa da



população ocupa áreas de fragilidade ambiental significativa. Isso reflete que, as obras e ações propostas anteriormente não apresentam grandes custos para recuperação, mitigação e compensação, apenas trata-se de uma tarefa de planejamento e

incentivos de programas, uma vez que os principais problemas ambientais do município apresentam-se mapeados e descritos dentre os diversos temas apresentados.

Referências

- CANALI N.E. & OKA-FIORI C. 1987. Análise Morfométrica da Rede de Drenagem da Área do Parque Marumbi - Serra do Mar (PR). In: III Simpósio Sul Brasileiro de Geologia, 1987. Curitiba, *Atas...* Curitiba: vl. 01, p.21- 58.
- DE BIASI M.A 1992. Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, 6:45-61,.
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.