

UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS PARA O LITORAL DE SÃO PAULO

Celia Regina de Gouveia Souza.

*Doutora e Pesquisadora Científica V. Instituto Geológico - Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
Av. Miguel Stéfano, 3900. CEP: 04301-903. São Paulo-SP. E-mail: celia@igeologico.sp.gov.br*

RESUMO

Sistemas de informações geográficas constituem uma ferramenta tecnológica cada vez mais utilizada em estudos ambientais. Sua principal função é agrupar dados provenientes de fontes diversas em um banco de dados unificado (alfanumérico e espacial), permitindo organização, visualização, consulta, análise e predição (incluindo modelagem) de dados e processos. Este trabalho apresenta um breve relato sobre o Projeto SIIGAL¹, a partir do qual foi desenvolvido um sistema gerenciador de informações geoambientais para 18 municípios da Zona Costeira do Estado de São Paulo (Brasil), que constitui o arcabouço para o SIGERCO - Sistema de Informações do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.

ABSTRACT

Geographic information systems are one of the most utilized technologic resources in environmental studies. A set of many sources of information can be organized in a unified data bank (alphanumeric and spatial), and the user is able to view, to search, to analyze and to predict/forecast (including modeling) data and processes. This paper presents a brief report of the Project SIIGAL, in which a geoenvironmental information manager system has been developed for 18 municipalities of the São Paulo Coastal Zone (southeastern Brazil). The system represents the framework of the - Information System of the Integrated Coastal Zone Management State Plan (SIGERCO).

Palavras-chave: zona costeira, São Paulo, sistema de informações geoambientais (coastal zone, São Paulo, geoenvironmental information system)

INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) do Estado de São Paulo tem cerca de 700 km de extensão e área aproximada de 27.000 km². Inclui 36 municípios agrupados em quatro setores: Litoral Norte, Baixada Santista, Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (ou Litoral Sul) e Vale do Ribeira (Figura 1). Apresenta grande diversidade de ambientes naturais, representados por extensos maciços e fragmentos remanescentes bem preservados de Mata Atlântica e seus ecossistemas associados (diferentes fisionomias de vegetação de restinga, extensos manguezais, praias representativas de todos os estados morfodinâmicos, e um conjunto de promontórios, costões rochosos e ilhas). Esses remanescentes totalizam 70,9% da cobertura de Mata Atlântica originalmente presente no litoral e cerca de 7% da cobertura original de todo o Estado de São Paulo, representando 5% das florestas tropicais e formações de manguezais ainda presentes na faixa costeira brasileira (SMA, 1998).

Cerca de 5,5% da população paulista vivem na ZC, perfazendo 2.057.000 habitantes. As principais atividades econômicas (Souza *et al.*, 2001) nos Litorais Norte e Sul e na maioria dos municípios da Baixada Santista estão ligadas ao turismo e ao lazer. Na região drenada pelo Estuário Santista são fundamentais as atividades ligadas ao pólo industrial de Cubatão e ao complexo portuário-retroportuário de Santos-Guarujá-Cubatão. Atividades portuárias também são desenvolvidas em São Sebastião,

principalmente associadas ao terminal petrolífero Almirante Barroso. O Vale do Ribeira, a região mais pobre do Estado, tem suas atividades econômicas centradas na produção de banana, chá e minérios não-metálicos. Esses atrativos econômicos têm gerado, nos últimos anos, elevadas taxas de crescimento demográfico nos municípios litorâneos, sendo as maiores taxas atribuídas aos municípios de: Ilha Comprida - 17,7%; Bertioga - 16,1%; e Ilhabela - 12,2% (Filet *et al.*, 2001). São Sebastião, Mongaguá, Praia Grande e Cananéia têm crescido todos em taxas superiores a 6% ao ano. No Vale do Ribeira o crescimento demográfico dos municípios é desigual, porém não superior a 4%.

As pressões sócio-econômicas na ZC paulista têm desencadeado, ao longo do tempo, um processo acelerado de urbanização não planejada e intensa degradação dos recursos naturais, que são uma ameaça à sustentabilidade econômica e à qualidade ambiental e de vida das populações humanas (Souza, 2000; Filet *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2001). Os principais impactos decorrentes dessas pressões são: perdas nos recursos pesqueiros (pesca e aquicultura); destruição de habitats e comprometimento da vida selvagem e de recursos florestais; comprometimento (quantidade e qualidade) dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; comprometimento na exploração de recursos minerais; comprometimento do patrimônio histórico e cultural (sítios arqueológicos e edificações históricas); perdas associadas a atividades

¹ Projeto financiado pela FAPESP, Programa de Pesquisa em Políticas Públicas (Proc. nº 1998/14277-2). Instituições parceiras do IG-SMA: USP, UNESP, CPLEA-SMA/SP e CETESB.

agropecuárias; decréscimo do potencial turístico regional e local; comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; alterações no balanço sedimentar da ZC (assoreamento de corpos d'água, sedimentação, erosão costeira, inundação, erosão fluvial e movimentos de massa); aumento das descargas de efluentes líquidos e da produção de resíduos sólidos urbanos e industriais; poluição de solos e ar; perda de ambientes subaquáticos para o aumento de áreas terrestres; perdas nos aspectos estéticos da paisagem da ZC e decréscimo do potencial turístico; aumento da frequência, da intensidade e dos impactos associados a processos e fenômenos naturais como erosão costeira (incluindo ressacas), enchentes e inundações, movimentos de massa, assoreamento de canais de drenagem, erosão fluvial e marés vermelhas; conflitos entre as legislações existentes (ambiental, pesqueira, de uso e ocupação do solo) e entre elas e as atividades antrópicas (leis muito restritivas, fiscalização e controle ineficientes); estrutura municipal cada vez mais inapta (Filet *et al.*, 2001; Souza *et al.* 2001).

Este trabalho apresenta uma síntese sobre o Projeto SIIGAL, que desenvolveu um sistema gerenciador de informações geoambientais aplicado ao gerenciamento costeiro de São Paulo, e cujo enfoque principal foi o estudo dos problemas geoambientais da ZC paulista.

O PROJETO SIIGAL

Conceitos

A resolução ou a mitigação dos conflitos e impactos gerados pelas atividades antrópicas na ZC deve ser feita através de uma abordagem integrada de todos os seus componentes: água – terra – ar – homem.

Messerli & Messerli (1978, *apud* Frank, 1999) propuseram um modelo para planejamento ambiental denominado “Sistema Sócio-Econômico-Ecológico Regional” (Figura 2), que reflete a concepção de que qualquer intervenção antrópica na natureza é a consequência de uma alteração no uso do solo, passando este, portanto, a constituir a interface entre os dois subsistemas (sócio-econômico e natural). Este modelo consiste da análise regional de bacias hidrográficas orientada para um problema ecológico específico, ou problema-chave, de forma que sejam entendidas as relações internas da bacia e de como um subsistema atua sobre o outro em relação ao problema-chave (Frank, 1999).

Outra importante abordagem voltada ao Gerenciamento Integrado da Zona Costeira (GIZC), aponta para a interrelação entre: pressões ambientais, mudanças ambientais (condicionadas por agentes sócio-econômicos e mudanças globais), impactos e respostas políticas (Turner & Adger, 1996; Turner *et al.*, 1998), conforme mostra a Figura 3.

A realização do GIZC em São Paulo é instrumentalizada política e legalmente pelo Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC). O PEGC foi oficialmente instituído através da Lei Estadual 10.019/1998, é coordenado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado e estruturado segundo quatro instrumentos (Filet *et al.*, 2001): Zoneamento Ecológico-

Econômico (atualmente em fase de regulamentação), Sistema de Informações (SIGERCO), Plano de Ação e Gestão (PAG), Monitoramento (MOC, incluindo os Relatórios de Qualidade Ambiental - RQAs).

Assim, segundo os modelos apresentados, a compreensão dos mecanismos de modificações da ZC e dos impactos decorrentes dessas modificações, bem como a avaliação profunda de problemas geoambientais e de como eles condicionam situações de risco (problemas-chave), além de um diagnóstico da qualidade ambiental da ZC, são também imprescindíveis para o sucesso de um GIZC.

O Projeto SIIGAL - "Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, aplicado ao Gerenciamento Costeiro" (Souza, 2000), traz em seu bojo as concepções dos modelos descritos, através da identificação das pressões exercidas sobre o sistema costeiro, das modificações impostas a ele por essas pressões e dos impactos geoambientais (problemas-chave) decorrentes dessas modificações. Os diagnósticos e prognósticos elaborados constituem a base para as decisões e as ações integradas de políticas públicas (respostas), em níveis estadual, regional e municipal, devendo atender aos diversos instrumentos de planejamento, gerenciamento, fiscalização e controle ambientais existentes na ZC paulista. O SIIGAL constitui a estrutura para o SIGERCO e a base de dados para os PAGs e o MOC.

O SIIGAL foi desenvolvido a partir de diagnósticos e prognósticos sobre o sistemas natural e sócio-econômico, contemplando o estudo dos seguintes temas:

- riscos geológicos: movimentos de massa, inundação e erosão costeira;
- riscos à poluição ambiental: de solos, águas superficiais e subterrâneas;
- potencial de uso dos recursos naturais (recursos minerais, hídricos e florestais para o manejo) e aptidão de uso e ocupação do solo;
- identificação de áreas degradadas e de áreas críticas sob o ponto de vista geoambiental e definição de índices de Qualidade Geoambiental da ZC.

Todos esses estudos são apresentados através de cartas temáticas em escala 1:50.000 associadas a bancos de dados georeferenciados, gerenciados por um SGIG (sistema gerenciador de informações geoambientais) que permite atualizações permanentes e consultas dirigidas, inclusive via *Web*, além da interface com outros sistemas de geoprocessamento.

A Figura 4 mostra os principais produtos elaborados no SIIGAL e também a estrutura de interrelação entre eles. A área de abrangência compreende os dezesseis municípios litorâneos além de Pariquera-Açu e Registro (Figura 1).

Os estudos sobre os problemas geoambientais foram elaborados com base em uma abordagem integrada dos grandes componentes das pesquisas geomorfológicas: processos, formas (paisagens) e materiais. A avaliação de riscos geoambientais pressupôs a identificação de causas e efeitos da ocorrência de perigos geoambientais (Souza, 2000; Souza *et al.*, 2001). As causas podem ser atribuídas a processos e fenômenos naturais e a fatores antrópicos,

estes últimos associados a intervenções humanas que modificam formas e materiais, induzindo ou acelerando, direta ou indiretamente, a ocorrência de perigos geoambientais. Os efeitos estão relacionados aos processos geomorfológicos (incluindo a sua dinâmica e o histórico de evolução), que induzem ou aceleram a ocorrência de perigos naturais e situações de riscos geoambientais.

Todos esses conceitos, integrados à definição de Risco de Varnes (1984), formaram as bases conceituais para a elaboração do SIIGAL. Segundo esse autor o Risco total (R_t) pode ser expresso como: $R_t = (E) \cdot (H \times V)$, onde: E (Elemento em Risco) significa a população, propriedades e atividades econômicas em risco em uma dada área; H (Perigo Natural – “Hazard”) significa a probabilidade de um fenômeno natural potencialmente prejudicial ocorrer dentro de um determinado intervalo de tempo e em uma dada área; V (Vulnerabilidade) significa o grau de perda de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude.

A Estrutura do SIIGAL

O SGIG desenvolvido permite a análise espacial de fenômenos através da: produção de mapas/cartas, do armazenamento e da recuperação de informações geoambientais na forma de bancos de dados alfanumérico e espacial. Como todo SIG ele foi definido nos seguintes elementos: *softwares*, *hardware*, dados, usuários e procedimentos de manipulação de dados. A articulação e a estruturação desses elementos ocorre em três níveis: (i) interface homem-máquina (como o sistema é operado e controlado); (ii) nível intermediário (entrada, edição, análise, visualização e saída de dados); e (iii) nível interno ao sistema (sistema de gerenciamento de banco de dados).

A estruturação e o desenvolvimento do SIIGAL foram concebidos através dos seguintes passos: definição dos objetivos, obtenção e sistematização de dados, modelagem dos processos envolvidos para o estabelecimento de regras de classificação e, finalmente, construção do sistema e sua implementação.

O SIIGAL é constituído por três conjuntos de produtos cartográficos e bancos de dados alfanuméricos e espaciais associados: (a) Produtos Básicos, (b) Produtos Intermediários e (c) Produtos Finais (Figura 4).

a) Produtos Básicos. Compreendem os seis produtos apresentados na Figura 4 e que caracterizam os sistemas natural e sócio-econômico, além de três mapas de cadastros/ inventários: Inventário de Eventos de Perigos Geológicos, Cadastro de Fontes de Poluição e Pontos de Monitoramento e Cadastro de Empreendimentos Minerários. Os bancos de dados contêm informações denominadas “atributos”, que representam as informações básicas que foram utilizadas e (re)classificadas para a elaboração dos Produtos Intermediários e Finais.

b) Produtos Intermediários. Compreendem os diagnósticos e prognósticos sobre os problemas geoambientais (Cartas de Risco a Movimentos de Massa, Inundação e Erosão Costeira; Carta de Risco à Poluição Ambiental) e as cartas de Uso Sustentável de Recursos Hídricos, de Recursos Minerários e de Recursos Florestas

para o Manejo. Esses produtos foram gerados a partir dos Produtos Básicos, através de processos de (re)classificação dos “atributos”, segundo a estrutura de “árvore lógica”. Esses produtos podem ser automaticamente atualizados em função de possíveis modificações nos sistemas natural e sócio-econômico, uma vez que basta atualizar apenas os atributos e/ou os limites espaciais dos Produtos Básicos.

c) Produtos Finais. Compreendem as seguintes cartas derivadas da integração dos Produtos Básicos e Intermediários: de Aptidão de Uso e Ocupação do Solo, de Áreas Degradadas, de Áreas Críticas, e de Qualidade Geoambiental. Esses produtos, que também podem ser automaticamente atualizados, são dirigidos diretamente aos planejadores, gestores e executores de políticas públicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SIIGAL representa um robusto SGIG sobre a ZC paulista e o arcabouço do SIGERCO. Seus produtos serão disponibilizados na *Web*, permitindo diversas consultas por diferentes usuários.

A estrutura do SGIG permitirá a atualização rápida dos bancos de dados dos Produtos Básicos e automaticamente gerará todos os Produtos Intermediários e Finais.

Com a identificação das pressões, das modificações ambientais e dos impactos das atividades antrópicas na ZC, as respostas e as ações de políticas públicas poderão ser melhor direcionadas rumo à implementação de um Gerenciamento Integrado da Zona Costeira mais consistente, que possa conduzir a um desenvolvimento sustentável mais efetivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FILET, M.; SOUZA, C.R de G.; XAVIER, A.F.; Büschel, E.C.G.; MORAES, M.B.R., POLETI, A.E. 2001. Gerenciamento costeiro e os estudos do Quaternário no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28 (2): 475-486.
- FRANK, B. 1999. Uma abordagem para a gestão ambiental da Bacia do Rio Itajaí, com ênfase para o problema das cheias. *Revista de Estudos Ambientais*, 1 (1): 5-18.
- SMA (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO). 1998. *Mata Atlântica: Um Projeto de Conservação*. 71p.
- SOUZA, C.R. de G. (coord.). 2000. *Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro – SIIGAL: FASE II. Projeto de Pesquisa*. FAPESP (Proc. 1998/14.277-2), abril/2000. 87 p. + anexos (inédito).
- SOUZA, C.R. de G.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. & HOLL, M.C. 2001. A cartografia geotécnica no sistema integrador de informações geoambientais para a zona costeira de São Paulo (Projeto SIIGAL). In: *Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, IV, Brasília (DF), 02-05/setembro/2001*. ABGE. (trabalho completo: CD-ROM).
- TURNER, R.K.; ADGER, W.N. 1996. *Coastal Zone Resources Assessment Guidelines*. Land-Ocean

Interactions in the Coastal Zone (LOICZ). LOICZ Reports & Studies n° 4. LOICZ, Texel, The Netherlands. 101p.
 TURNER, R.K.; ADGER, W.N. & LORENZONE, I. 1998. Towards integrated modelling and analysis in

coastal zones: principles and practice. LOICZ Newsletter, 9, December/1998, p. 1.
 VARNES, D.J. 1984. Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice. UNESCO Press, Paris. 56p.

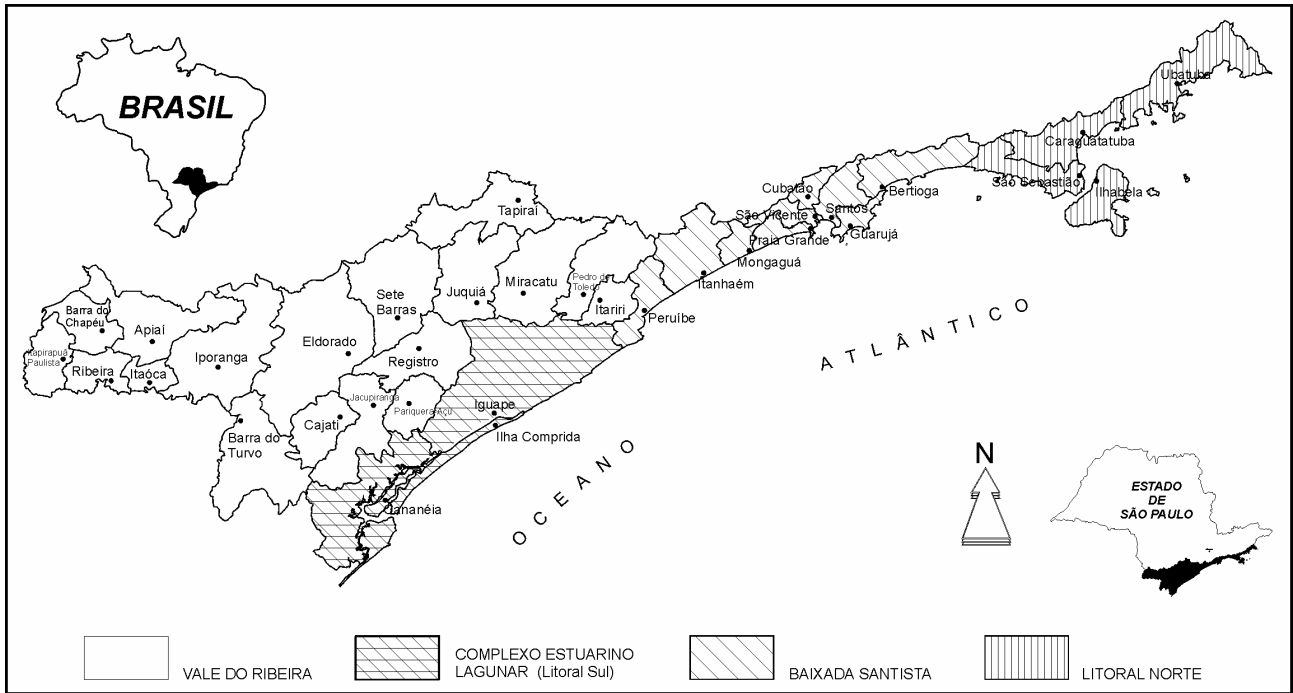


Figura 1. Localização dos setores costeiros e da área de abrangência do SIIGAL

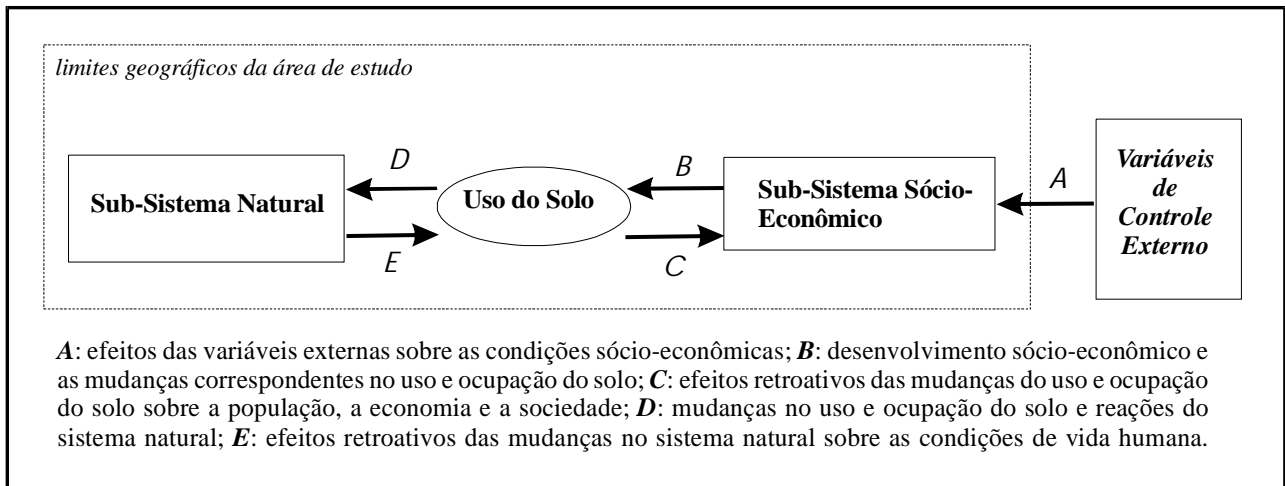


Figura 2. Representação esquemática de um sistema sócio-econômico-ecológico regional (Frank, 1999)

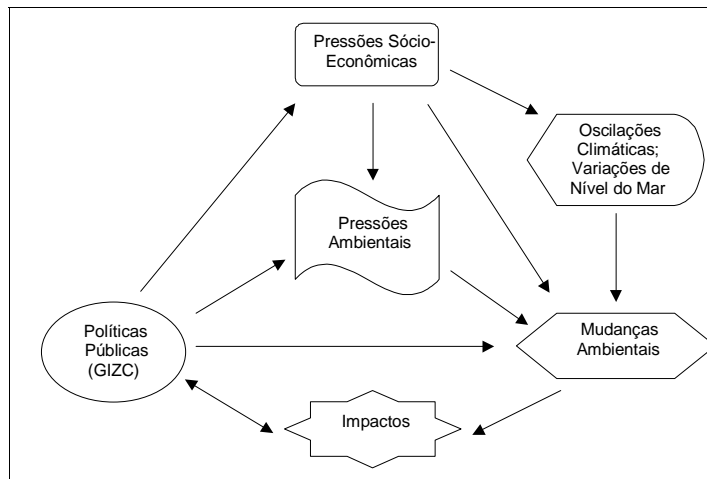


Figura 3. Estrutura de um modelo de GIZC (Souza *et al.*, 2001 - modificado de Turner *et al.*, 1998).

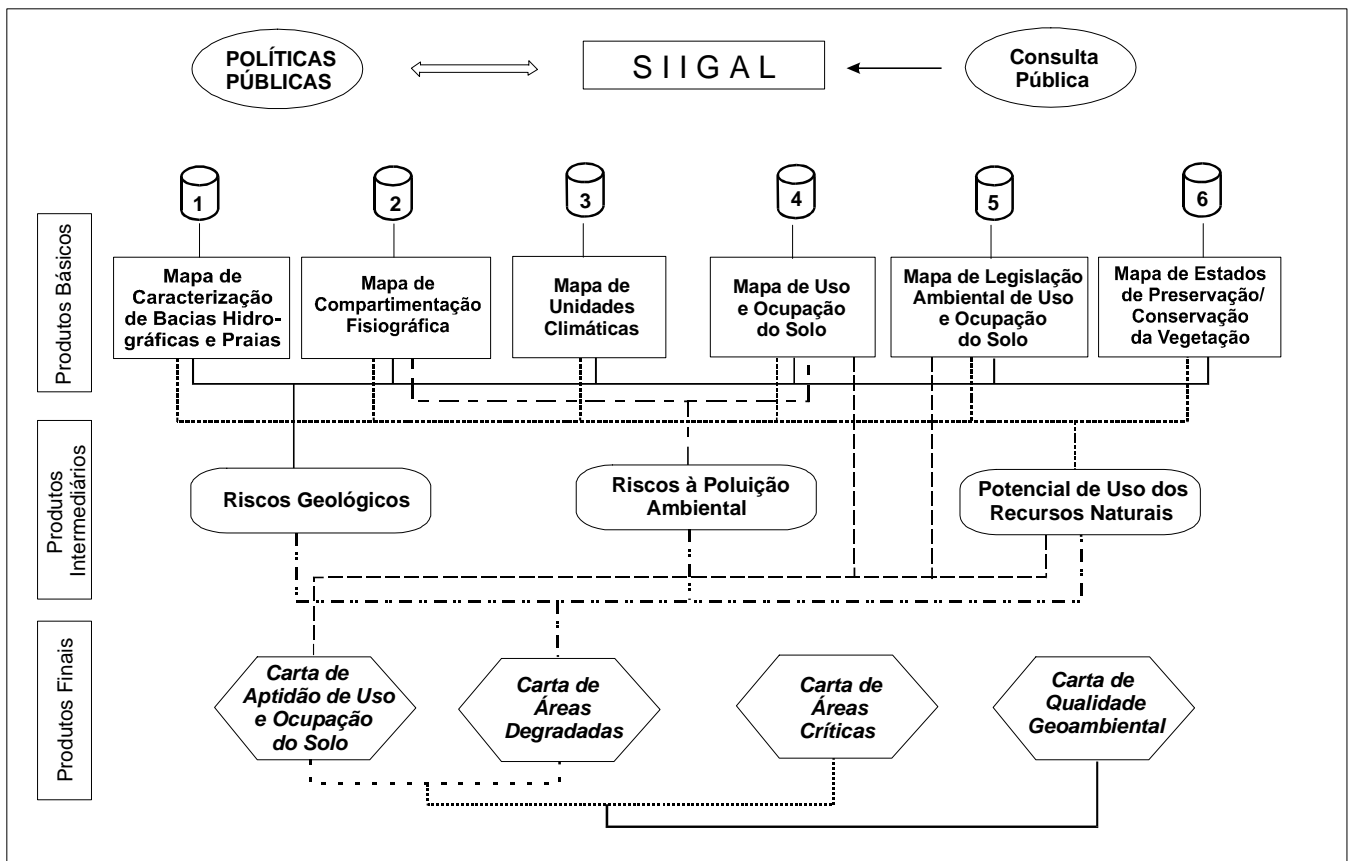


Figura 4. Fluxograma de desenvolvimento do SIIGAL (Souza, 2000; Souza *et al.*, 2001)