

## Propostas de Superação das Insuficiências Técnicas do Sistema de Informação Geográfica no Caso do Projeto « SIG - Angola »

Prof. Dr. Igor Garmiz <sup>1</sup>  
Prof.<sup>a</sup> Eugenia Karnaukhova <sup>2</sup>

<sup>1</sup> UAN - Depto. de Matemática e Engenharia Geográfica FC  
Universidade Agostinho Neto  
Cx. P. 513 LUANDA - ANGOLA.

<sup>2</sup> UAN - Depto. de Formação Geral FE  
Universidade Agostinho Neto  
Cx. P. 513 LUANDA - ANGOLA.

**Resumo:** O artigo descreve uma análise das experiências mundiais de criação e exploração dos SIG, que possibilitou a revelação dos êxitos, que poderão ser úteis para a realização do Projeto "SIG - ANGOLA". Avaliam-se as possibilidades de reduzir o período de baixa rentabilidade de implantação do SIG, dividindo o projeto em dois subprojetos de curto e de longo prazos. Os referidos subprojetos diferenciarão pela complexidade, exatidão e pormenoridade de execução.

**Palavras chaves:** COBRAC, Subprojetos do SIG

**Abstract:** This article describes the analysis of the world creation experiences and the GIS exploration which allowed the successes that can be useful for the performance of Project "SIG - ANGOLA". The possibilities to reduce the period of low profitability of GIS performance are studied, dividing the project in two short and long time subprojects. These two subprojects will be different for its complexity, exactitude and execution details.

**Keywords:** COBRAC, Subproject of GIS

Atualmente nota-se um interesse cada vez maior de diversas organizações governamentais e privadas que operam em Angola em utilizar nas suas atividades o sistema de informação geográfica (SIG).

Apresentaremos alguns exemplos comuns da aplicação do SIG:

1. No caso da projeção de obras lineares (estradas, linhas de comunicações, etc.) na etapa de anteprojeto, por regra marcam-se num mapa duas ou três variantes de alinhamento da referida obra. Posteriormente, realiza-se a avaliação da viabilidade técnico-econômica, escolhendo-se a melhor variante, e executa-se o projeto pelo alinhamento preferido. Naturalmente a avaliação de varias variantes oferece uma maior possibilidade de escolha com as características técnicas e econômicas mais efetivas. Porém na pratica usual os projetistas limitam-se a 2 ou 3 variantes, devido a lentidão e laboriosidade do processo de marcação cartográfica e dos cálculos de viabilidade. Enquanto a utilização do SIG para este tipo de trabalhos, sucede a análise de todas as variantes possíveis de alinhamentos da obra e automaticamente (utilizando os métodos econômicos e matemáticos) avalia-se a viabilidade de todas as variantes razoáveis.

2. Quanto as investigações geológicas, aplica-se no SIG o método de análise das macroformas de relevo (morfoestructuras / morfoesculpturas), permitindo desta feita uma maior viabilidade da prospeção mineira. Este método consiste na recolha e processamento dos dados sobre o relevo do território a partir de um mapa, resumindo a informação inicial à um conjunto de pontos com as coordenadas espaciais. Estas últimas introduzem-se na memória dum computador, onde, numa segunda etapa de procedimentos são processados através de funções matemáticas, resultando assim uma aproximação do território constituído por pontos iniciais. Para as macroformas do relevo concebida pela expressão matemática, determinam-se automaticamente as características morfométricas diversas (variações de declives, exposições, áreas, etc.), apresentando-se a mesma graficamente, com ajuda do **plotter**, conectado ao computador.

A atividade de diversas Instituições Governamentais e Privadas enfrentam vários problemas vinculados à utilização do SIG, efetuando os mesmos a análise territorial global. Quanto a resolução dos problemas da gestão ambiental e dos recursos naturais a utilização deste Sistema é hoje em dia indispensável.

Existem no Mundo diversas definições do SIG. Consideraremos aqui somente uma mais usada definida por **Berry (1992)** na Revista Internacional do SIG:

**« SIG - é um sistema de gestão de dados armazenados em forma de camadas temáticas, determinadas geograficamente relevante no mapa cartográfico».**

A definição apresentada não revela no entanto os problemas metodológicos e científicos que eventualmente persistem na criação e implementação dos SIG.

Assim, por exemplo, como no caso da apresentação do relevo. A recolha e armazenamento da informação sobre o relevo pode ser executada tal como para todos os objetos lineares - através de um conjunto de pontos pertencentes à uma mesma curva de nível. Porém a resolução de problemas práticos, baseada neste tipo de modelo do relevo é bastante incomoda. Pois os mais utilizados no mundo são os modelos espaciais triangulares, onde os vértices - são os pontos notáveis do relevo (como no caso do levantamento taquiométrico). Entretanto, o uso mais prático têm os modelos onde os pontos do relevo são considerados nos vértices da malha dos quadrados. A interpolação segundo estas cotas procedem-se com o emprego do SIG. O problema principal na execução deste método representa a escolha da dimensão dos quadrados da malha. Assim, com a redução da dimensão da malha aumenta a precisão da interpolação, isto é - a determinação das cotas do relevo, aumentando também o volume de trabalhos preparativos para a recolha das cotas dos vértices. O que constitui uma desvantagem principalmente no caso dos territórios extensos, sobrecarregando a memória do computador. No caso do aumento dimensional da malha diminuem as desvantagens operacionais, acima referidos, mas

também reduz a precisão da interpolação. O valor da dimensão ótima dos quadrados , quanto ao erro da interpolação não excede o erro admissível da determinação das cotas , adquire-se pela via experimental para cada parcela territorial em questão , tendo em conta os acidentes do relevo . Numa pequena malha experimental, representando o relevo típico do território, determinam os erros da interpolação como as funções das dimensões dos quadrados. A referida função dá possibilidade de escolher o valor ótimo da dimensão que corresponde ao erro admissível da interpolação de cotas. Entretanto este método encontra diversos obstáculos na sua realização e nem sempre dá bons resultados.

Nós elaboramos um método teórico da resolução deste problema. Foram obtidas as funções matemáticas que dão a possibilidade de escolher o melhor método de interpolação e a ótima dimensão dos quadrados da malha. Foi empregue na qualidade da característica dos acidentes do relevo uma função geomorfológica designada como a função estrutural de desníveis das cotas. O referido método é aplicável aos terrenos com o relevo plano e pouco acidentado, detendo as potencialidades de aplicação para todos tipos de relevo. Este exemplo demonstra que a implementação do SIG não somente é um problema do emprego potencial dos métodos existentes, porém também apresenta um atrativo de interesse científico.

Com objetivos da elaboração de uma estratégia para a criação do SIG - ANGOLA , foi feita uma apreciação seletiva das experiências mundiais no desenvolvimento dos SIG .

Na etapa inicial da criação do sistema , teve-se em conta os mapas geográficos como base indispensável do desenvolvimento do SIG, tendo sido digitalizados os mapas geográficos mundiais à escalas pequenas (de 1 : 5 000 000 até 1 : 1 000 000). Por isso foi criado pelo Environmental System Research Institute da Califórnia um tipo de mapa mundial numérico designado - "Banco Mundial de Dados".

O SIG têm ordem espacial hierárquica análoga aos mapas : globais, internacionais , nacionais, regionais e locais. Contudo , devido às suas particularidades tecnológicas os SIG, via regra em geral, são sistemas abertos. Esta é uma das suas características mais importantes , pois significa a possibilidade de integração paulatina dos dados mais detalhados. Por outro lado o SIG de nível espacial hierárquico inferior pode ser integrado ao SIG de nível espacial superior. Assim, um SIG regional é integrado ao SIG nacional , internacional e continental , correspondentemente.

O Sistema global de Informação Geográfica , mais conhecido no Mundo é o Global Resource - Information Date ( GRID), criado em 1990 dentro do Sistema de Monitoring Global do Meio Ambiente , dirigido pela ONU. O GRID efetua a recolha e armazenagem de dados sobre o meio ambiente de diversas fontes cartográficas, aerocósmicas, materiais estatísticos e dos observatórios ( Figura 1). O Banco de Dados do sistema GRID utilizam-se principalmente para as análises dos problemas ecológicos e para a análise e síntese de dados sobre a realização de projetos da proteção ambiental aos níveis global, nacional e regional. Na criação do GRID foram utilizados diversos dados numéricos existentes , como , por exemplo, o modelo numérico de relevo da Terra - ETOP 05 (malha com dimensões da figura elementar de 5' x 5') - criado pelo Centro de Dados Geodésicos dos Estados Unidos da América. Diversos dados numéricos foram obtidos somente para o continente africano , pois a aplicação do GRID é vocacionada em primeiro lugar aos países em vias de desenvolvimento. O sistema teve utilização prática em países como: o Quênia, o Uganda, a Arábia Saudita, o Peru, a Costa Rica, a China e a Indonésia.

O Sistema de Informação Geográfica a nível internacional mais conhecido - é o Sistema Informativo da União Européia - CORINE , cujo principal objetivo da criação - é o da resolução dos problemas ecológicos nos países Europeus. O sistema CORINE é constituindo por cerca de 40 camadas temáticas (Figura 2) , porem os dados armazenados têm orientação generalizada para a resolução e prevenção dos problemas e riscos ambientais. O sistema não têm capacidade de projeção dos problemas de desenvolvimento econômico , já que não detêm dados sobre os recursos naturais , distribuição da economia, e os da industria são parcializados em função da localização das fontes de poluição ambiental.

Analisamos também diversas experiências da implantação dos SIG do nível nacional , como por exemplo, o SIG da França, dos Estados Unidos, da Índia e da Austrália. Salientamos aqui o nosso interesse especial para com as experiências da implantação dos SIG na Índia e na Austrália , já que os principais objetivos da sua criação são análogos à problemática do Projeto SIG-ANGOLA.

Desta feita, o objetivo principal da criação do SIG - Índia foi o da gestão dos recursos naturais à nível nacional. O referido sistema foi composto por camadas temáticas apresentadas na Figura 3. A implementação do Sistema subdividiu-se em cinco níveis consecutivos(Figura 3 ). Assim, à **nível A** realizou-se a análise generalizada do território nacional e à **nível E** criam-se os SIG-municipais para as principais cidades do país. Em função da abertura do Sistema foi prevista posteriormente a integração dos sistemas espaciais inferiores para o sistema de nível superior nacional.

**FIGURA 1: A RELAÇÃO DE ALGUNS DADOS NUMÉRICOS UTILIZADOS NO SISTEMA GRID**

CARATERÍSTICAS	Nível de Cobertura	FONTE
The content of this table is mostly blank in the image		

Fronteiras Políticas - Administrativas	Global	Banco de Dados Globais WDBII(USA)
Limites das áreas naturais	Global	Banco de Dados Globais WDBII(USA)
Relevo	Global	Centro Nacional de Dados Geofísicos(USA)
Solos	Global	Mapa Mundial dos Solos ( FAO UNESCO)
Vegetação	África	Mapa AETFAT
Linhas divisórias de água	África	FAO UNEP
Precipitações	África	FAO UNEP
Número de dias com precipitações	África	FAO UNEP
Velocidade do vento	África	FAO UNEP
Temperatura da superfície terrestre	Global	NASA
Espécies em extinção	África	IUCN/CMC (20 espécies de animais e de plantas em extinção)
Territórios preservados	África	IUNC/CMC
Propagação da mosca "tsé - tsé"	África	IBAR/OAU
As áreas vitais e a densidade populacional dos elefantes	África	WWF/ELSA/IUCN

FIGURA 2: " SIG - CORINE "

( Com o emprego de mapas à escala de 1:1 000 000 e 1:300 000)

ELEMENTOS PRINCIPAIS	ELEMENTOS SUBORDINADOS
Dados topográficos	Linha litoral Hidrografia Declividade do relevo Povoamentos Fronteiras nacionais e regionais Caraterísticas sócio-econômicas diversas
Clima	Dados da rede meteorológica (20 caraterísticas)
Atmosfera	Radiação atmosférica Qualidade do ar e o controle das emissões
Recursos terrestres	Tipos de solo do território da União Européia Riscos de formação das ravinas
Recursos de água	Cursos de água e o escoamentos dos rios ( para a França , Portugal e Espanha) Qualidade de águas ( 18 caraterísticas)
Ataque às costas marítimas	Áreas de risco
Sismo	Áreas de risco
Natureza e animais	Biótipos Reservas Vegetação
Dados industriais	Usinas hidroelétricas Plataformas petrolíferas Estações de tratamento de águas Instalações industriais relevantes

FIGURA 3: " A ESTRUTURA DO << SIG - INDIA >>"

NÍVEIS DE EXECUÇÃO DO SISTEMA	ESCALA	PRINCIPAIS CAMADAS TEMÁTICAS
Nível A	1:1 000 000	AGRICULTURA E ÁREAS FLORESTAIS , SOLOS ,

Nível B	1: 250 000	GEOLOGIA, EXPLORAÇÃO
Nível C	1:50 000	DAS TERRAS, RECURSOS
Nível D	1:25 000	HÍDRICOS, OCEANOGRRAFIA,
Nível E	1: 5 000	EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MARINHOS

O SIG australiano apresenta aspectos práticos e potencialidades funcionais , seguintes:

- a. As possibilidade de seleção dos territórios para o desenvolvimento urbano.
- b. A avaliação e análise da devastação local da vegetação e dos solos, e como tal consequentemente a execução de um Programa Estatal de Apoio Financeiro para reflorescimento regional primordial.
- c. A análise e avaliação da influência dos fatores naturais sobre a produtividade das ovelhas australianas.
- d. Os cálculos orçamentais para as variantes dos projetos de construção de estradas.

Em função da análise enunciada , chegamos à algumas sugestões , que podem ser úteis na implementação do "SIG - ANGOLA" , sugerimos as seguintes:

1. A maioria dos países pretendem criar um sistema multifinalitário da informação , orientando-se à resolução dos problemas vinculados ao desenvolvimento da economia nacional. Pois, na etapa da projeção do sistema identificam-se os potenciais utentes e requisitam-se as suas necessidades funcionais para com o SIG. Posteriormente elabora-se uma lista dos problemas práticos à serem resolvidos pelo SIG, em função dos quais determinam-se a plenitude, a pormenoridade e a precisão da obtenção das informações para o Banco de Dados. Avaliando o volume de informação necessária, escolhe-se o "Software" de acordo a sua capacidade e " Hardware" para o sistema e assim determinam-se o número de camadas temáticas. Por fim, analisam-se os dados iniciais disponíveis e os métodos da sua atualização. Quanto a esta análise , elabora-se uma estratégia de levantamento da informação numérica a partir do material cartográfico. Assim, analisa-se a possibilidade da criação do Banco de Dados Geográficos para a escala 1:1 000 000 e devemos comparar as questões seguintes: 1. a compra destes dados ; e/ou, 2) a digitalização por meios próprios. A partir da estratégia adotada inicia-se a implementação do SIG, que corresponde aos requisitos impostos pelos seus potenciais utentes. A principal desvantagem deste procedimento consiste no fato, de que, a primeira utilização prática do Sistema será possível somente dentro de um período de 10 à 15 anos . No caso do GRID este prazo foi de 15 anos. Este fato, torna extremamente difícil a defesa do projeto perante os potenciais financiadores. Uma das alternativas para otimização desta questão é a divisão do projeto em dois subprojetos ( de curto e de longo prazo), com vista a encontrar ao mais curto prazo de tempo a primeira utilização do sistema (" Geographical Information System"). Quanto ao subprojeto à curto prazo , a implementação do SIG realiza-se com menor plenitude, pormenoridade e menor precisão, isto é à base dos mapas das escalas pequenas. Considerando que o principal desgaste de tempo, enquanto a criação do SIG está relacionado com a digitalização do material cartográfico, então a realização da digitalização à escalas pequenas torna o prazo de tempo mais curto devido a diminuição do número de folhas cobrindo o território. Por exemplo , para o território de Angola, teríamos para as escalas em questão a quantidade de folhas seguintes:

1: 1 000 000 - 8 folhas;

1: 500 000 - 32 folhas;

1: 250 000 - 135 folhas;

1: 100 000 - 472 folhas.

Para execução do projeto "SIG-ANGOLA" à curto prazo à escala 1:1 000 000 conseguiria-se a utilização prática do sistema dentro de dois anos ( comparando com o nível A do "SIG - INDIA"- Figura 3).

Evidentemente , que o Sistema criado com base ao material cartográfico de escala pequena têm capacidade de resolução prática limitada. Porem , é amplamente empregue para as soluções dos problemas do planejamento macroeconômico, para a gestão dos recursos naturais à nível nacional, para a projeção dos caminhos de ferro, para planejamento de pesquisas geológicas, etc. O SIG em pequena escala têm uma ampla utilização na projeção das redes de apoio geodésico de um país( determinando as zonas de visibilidade entre os pontos de apoio, etc.).

A implementação do subprojeto a longo prazo , à escala grande, com maior plenitude, pormenoridade e precisão da informação, pode ocorrer simultaneamente com o projeto a curto prazo. Nesta etapa os trabalhos também são possíveis na redução do prazo para a primeira utilização prática do sistema. Para isso, o território do país divide-se em regiões pela sua importância no desenvolvimento econômico. Desta feita, em primeiro lugar digitalizariam-se as regiões de maior importância para o desenvolvimento do país. Utilizando o método da codificação da informação, designado - árvore quadrotômica - podemos efetuar cálculos práticos , independentemente da execução do sistema para a totalidade do território.

Na implementação da segunda etapa do "SIG - ANGOLA " pode ser empregue o material cartográfico à escala 1:250 000 ou 1:100 000. Considerando a utilização da mesa digitalizadora, apresentamos algumas considerações sobre o prazo e o número de aparelhos necessários para a realização da digitalização. Este processo ocupa a maior parte do tempo na implementação do projeto. O tempo necessário para a digitalização na mesa digitalizadora de todas as camadas de uma folha do mapa varia entre 7 dias à 45 dias , dependentemente da densidade da imagem gráfica da folha. Consideramos um período médio de 20 dias. Assim, para a digitalização à escala 1:1 000 000 consistiriam em 8 folhas formais , ocupando a imagem real aproximadamente em 5,5 folhas, seriam necessários 110 dias. Para os mapas geológicos a mesma escala planifica-se aproximadamente o mesmo prazo. Desta feita, a digitalização só dos mapas geográficos e geológicos com um aparelho levaria cerca de um ano. Com a utilização de dois aparelhos o prazo se reduziria à 5-6 meses, incluindo a digitalização de outras camadas temáticas.

Cálculos semelhantes realizados para a execução dos trabalhos à escala grande (1:250 000 ou 1:100 000 ), com um aparelho, apresentaremos os resultados seguintes:

1:250 000 - 135 meses - 11 anos.

1:100 000 - 472 meses - 40 anos.

Considerando a regionalização e tendo em conta a sua importância das áreas de primeiro grau cerca de 50% do território nacional, seriam necessários 5,5 à 20 anos correspondentemente.

Evidentemente, que para a escala 1:100 000 tem maior correspondência para às necessidades práticas, considerando a plenitude e a precisão da informação. Aumentando a capacidade operacional em 5 aparelhos, poderemos executar os trabalhos de digitalização dos mapas geográficos no prazo de 4 anos. A digitalização das áreas do segundo grau de importância aumentaria o volume de trabalhos em duas vezes. Os cálculos apresentados confirmam que a implantação do SIG requer em média 5 à 15 anos.

2. A estrutura do projeto "SIG - ANGOLA" em função dos potenciais utilizadores deveria ser dividida em dois projetos interligados: SIG - universal multifinalitário e SIG - especializado para as atividades económicas especializadas, particularmente para a pesquisa e produção dos minérios.

3. A atualização e complementaridade de dados deveria ser organizada através do monitoramento à base do sensoriamento remoto, com emprego dos sistemas Landsat, Spot e outros, incluindo os dados do sensoriamento televisivo, multiespectral e radar.

4. A implantação do sistema pressupõe a definição rigorosa do conteúdo objetivo das camadas informativas e o estabelecimento da correspondência entre as camadas e os classificadores dos objetos representados.

5. O projeto deveria prever parâmetros iniciais preestabelecidos dos sistemas (de resolução, do censo, da precisão, das unidades de medidas, dos parâmetros de transição de um sistema de coordenadas para outro).

6. O projeto predeterminaria o Software para a escolha da projeção cartográfica de visualização vantajosa para o território de Angola.

7. O projeto deveria incluir ainda como parte indispensável a listagem dos usuários e a codificação dos níveis de acesso, senhas e regulamentações jurídicas para a comercialização das informações.

## Bibliografia

Allan J.W.: *Remote sensing - an art, a science or another GIS input?*, In: Mapping awareness and GIS in Europe, 1992, Vol. 6, Nº5, pp.4-9.

Borisov V.M.; Ticunov V.S.: *International GIS: Russia*, In: 1993 International GIS Sourcebook. Geographic Information System Technology in 1992, 1992, pp.296-298.

Calkins H. M.: *Information system development in North America*, In: Proc. Comm. Geogr. Data Sensing and Process., Moscow, 1976, Ottawa, 1977, pp.93-113.

*Canada Land Data System Selected Papers III*, R 000011, Catalogue of reports, 1989.

Davis J.R.; Hoare J.R.L.; Nanninga P.M.: *Development a fire management expert system for Kakadu National Park, Australia*, In: Journal of Environmental Management, 1986, Vol. 22, Nº2, pp.215-227.

Garmiz I. V.; Koshkariov A.V.; Mejelovski N.V.; Ramm N.S.: *Geoinformacionnee tehnologii: principe, internacionalnei opet, perspetive rasvitiia*, Moscva, VIEMS, 1989, 55p.

*GRID news. Global Resource Information Database*, GEMS, Vol.4, Nº 1, 1991.

*GRID news. Global Resource Information Database*, GEMS, Vol.4, Nº 2, 1991.

*GRID news. Global Resource Information Database*, GEMS, Vol.4, Nº 4, 1991.

Koshkariov A.V.; Tikunov V.S.; Trofimov A.M.: *The current state and the main trends in the development of geographical information system in the USSR*, In: International Journal of Geographical information System, 1989, 3, Nº.3, pp. 257-272.

*Result of the CORINE program*, Communication from the Commission to the Council and to the European Parliament, Brussels: Commission of the European Communities, 28 May 1991, 119p.

Rhind D.: *Understanding Geographical Information Systems*, Taylor & Francis, London - New York - Philadelphia, 1990, 240 p.

*1991-92 International GIS Sourcebook*, Geographic Information System in 1991, GIS World, Inc., 1991, 597p.

*1993 International GIS Sourcebook*, Geographic Information System in 1992, GIS World, Inc., 1992, 482p.