

SISTEMA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS DE PERCURSOS –
UMA ABORDAGEM TECNOLÓGICA PARA
ESTUDOS DE VIABILIDADE AMBIENTAL DE PROJETOS

Wilson José de Oliveira¹, Patrícia Pereira Porciano¹
Beatriz Silva Villa Alvarez², Marco Antonio Casanova²,
Marcelo Tílio Monteiro de Carvalho²,
Anselmo Antunes Montenegro³, Paulo Cezar Pinto Carvalho³

Abstract

SAAAP – Routing Alternatives Environmental Evaluation System – was designed to select the best alternative pipeline route. The system takes into account economic, environmental and engineering factors, according to an optimality criterion that combines several variables, such as vegetation coverage, soil type and declivity. The system is operational and has been tested in several realistic projects.

Resumo

O SAAAP - Sistema de Avaliação Ambiental de Alternativas de Percursos - foi projetado para selecionar o melhor traçado de um duto. O sistema leva em consideração fatores econômicos, ambientais e de engenharia, segundo um dado critério de otimalidade que combina diversas variáveis, tais como vegetação, tipo de solo e declividade. O sistema encontra-se operacional e já foi testado em vários projetos realistas.

1. Introdução

O SAAAP - Sistema de Avaliação Ambiental de Alternativas de Percursos - é um sistema informatizado para análise de traçado de percurso de um duto. O sistema leva em consideração aspectos econômicos, ambientais e de engenharia de duto, segundo um dado critério de otimalidade que combina diversas variáveis ambientais, como vegetação, tipo de solo, declividade, etc. A melhor alternativa de traçado de percurso de um duto é denominada caminho ótimo. A partir dos dados de ambientais, o sistema computa o percurso ótimo entre pontos indicados pelo usuário. Para encontrar o caminho ótimo, o sistema implementa um algoritmo semelhante às técnicas clássicas de otimização em Teoria dos Grafos [GIBBONS]. O problema também é de certa forma semelhante à deterinação do caminho ótimo em uma malha viária (ver, por exemplo, [SHEKHAR]). Um enfoque através de algoritmos genéticos também seria uma alternativa viável [KIM].

Este trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta a organização dos dados no sistema. A Seção 3 descreve brevemente como utilizar o sistema, concentrando-se apenas nos pontos mais relevantes. Finalmente, a Seção 4 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

¹ PETROBRAS / ENGENHARIA/ IEGEN/ EGE / EAMB

² Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica / TeCGraf - Departamento de Informática – PUC-Rio

³ IMPA – Instituto de Matemática Pura e Aplicada

2. Representação dos Dados

Os dados temáticos de uma mesma região de interesse são agrupados para constituir um projeto dentro do sistema. Cada tema pode ser dividido em diferentes classes, e cada classe terá uma cor associada a ela.

Os dados temáticos são representados matricialmente. A representação matricial consiste de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula, atribui-se um código (peso e índice para uma tabela de cores) referente ao atributo estudado, de tal forma que o sistema saiba a que classe pertence determinada célula.

Nesta representação, o espaço é representado como uma matriz $T(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula c possui um número m de linha, um número n de coluna, um índice i para uma tabela de cores e um valor p de peso, correspondente ao atributo estudado. Cada célula $c(m,n,i,p)$ é individualmente acessada pelas suas coordenadas (m,n) .

Como foi dito, na grade regular cada elemento da matriz está associado a um valor numérico p (peso). Para a geração da grade torna-se necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de peso, considerando-se a vizinhança de medidas de peso conhecidas.

A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno. A Figura 1 mostra um mesmo mapa representado por células de diferentes tamanhos (diferentes resoluções), representando diferentes áreas no terreno.

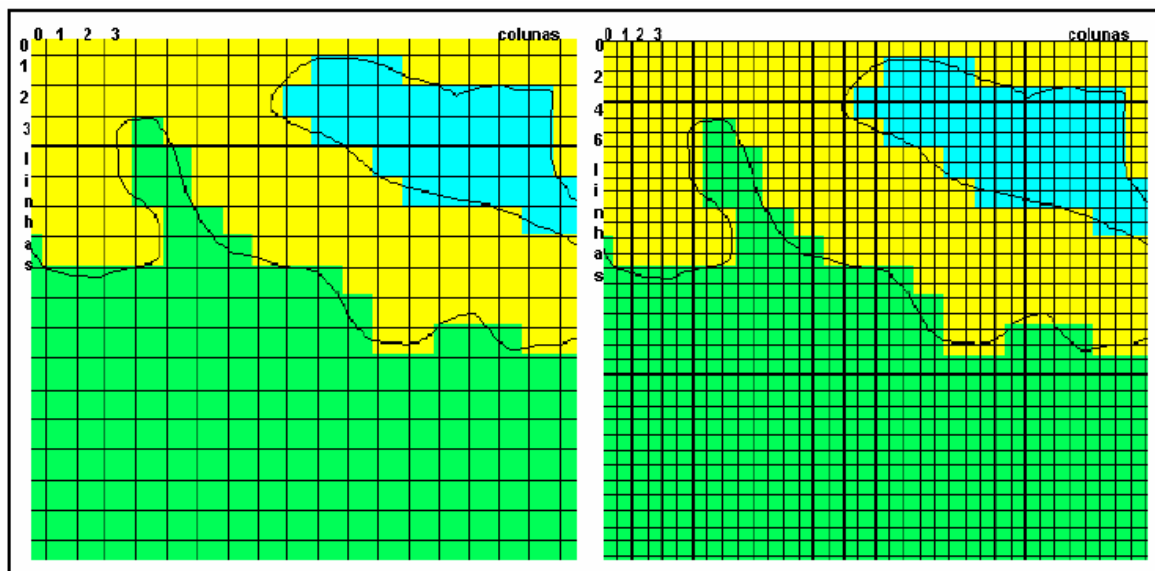


Figura 1 - Diferentes representações matriciais para um mapa

Como o mapa do lado esquerdo possui uma resolução quatro vezes menor que o do mapa do lado direito, as avaliações de áreas e distâncias serão bem menos exatas que no primeiro. Em contrapartida, o espaço de armazenamento necessário para o mapa da direita será quatro vezes maior que o da esquerda.

Os temas podem ser um dado classificado, um dado de declividade, um dado de elevação ou apenas uma imagem de visualização da região de interesse (por exemplo, uma imagem de satélite).

Quando o tema é um dado classificado, ele é do tipo *classified*, onde as células que possuem o mesmo peso p constituem uma classe c e cada classe é representada por uma determinada cor. Para este tipo de tema, o sistema permite fazer consultas aos pesos associados a um ponto indicado na tela.

Os dados de declividade e de elevação são temas do tipo *slope* e *elevation*, respectivamente. Esses dados não entram na geração do tema combinado, mas são considerados nas funções de custo do cálculo do caminho ótimo. Em especial, o dado de elevação é utilizado para gerar o gráfico de perfil do percurso de um caminho, seja ele um caminho ótimo ou um caminho definido interativamente pelo usuário.

O tema do tipo *raster* não é considerado em nenhum cálculo. Tem como objetivo fornecer ao usuário um auxílio visual da localização da região de interesse. Para que o sistema encontre automaticamente o melhor traçado de percurso de um duto, é necessário gerar um tema combinado. O tema combinado consiste na integração de todos os temas do tipo *classified*, incluídos no projeto (Figura 2).

A integração dos temas é feita pelo somatório dos pesos p em cada célula $c_i(m,n,i,p)$ da grade regular de todos os temas T . O peso de cada célula é obtido com a multiplicação do peso do respectivo tema $T(p)$, pelo peso da classe $C(p)$, à qual aquela célula c pertence.

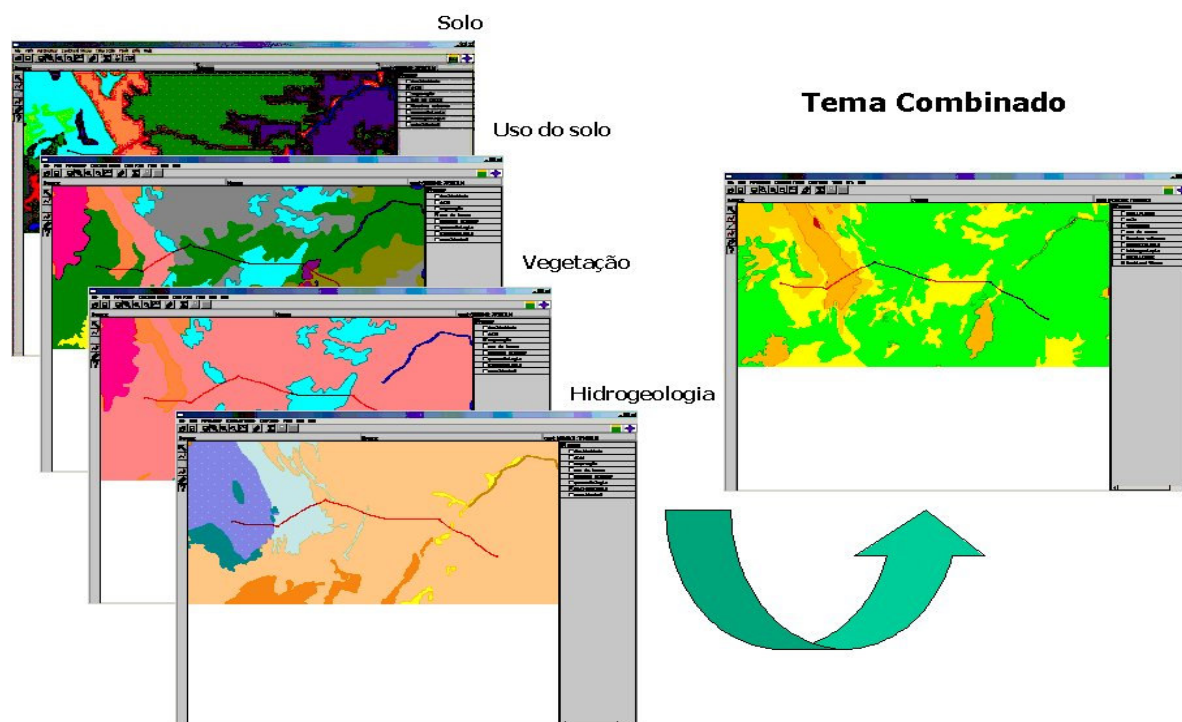


Figura 2 - Geração do tema combinado

3. Descrição do Sistema

3.1 Resumo da Interface

A interface do SAAAP é composta por (Figura 3): uma barra de menu; uma barra de botões de atalhos do menu; uma barra de mensagem; uma barra de ferramentas de manipulação no canvas; uma lista de temas; e um canvas de visualização principal.

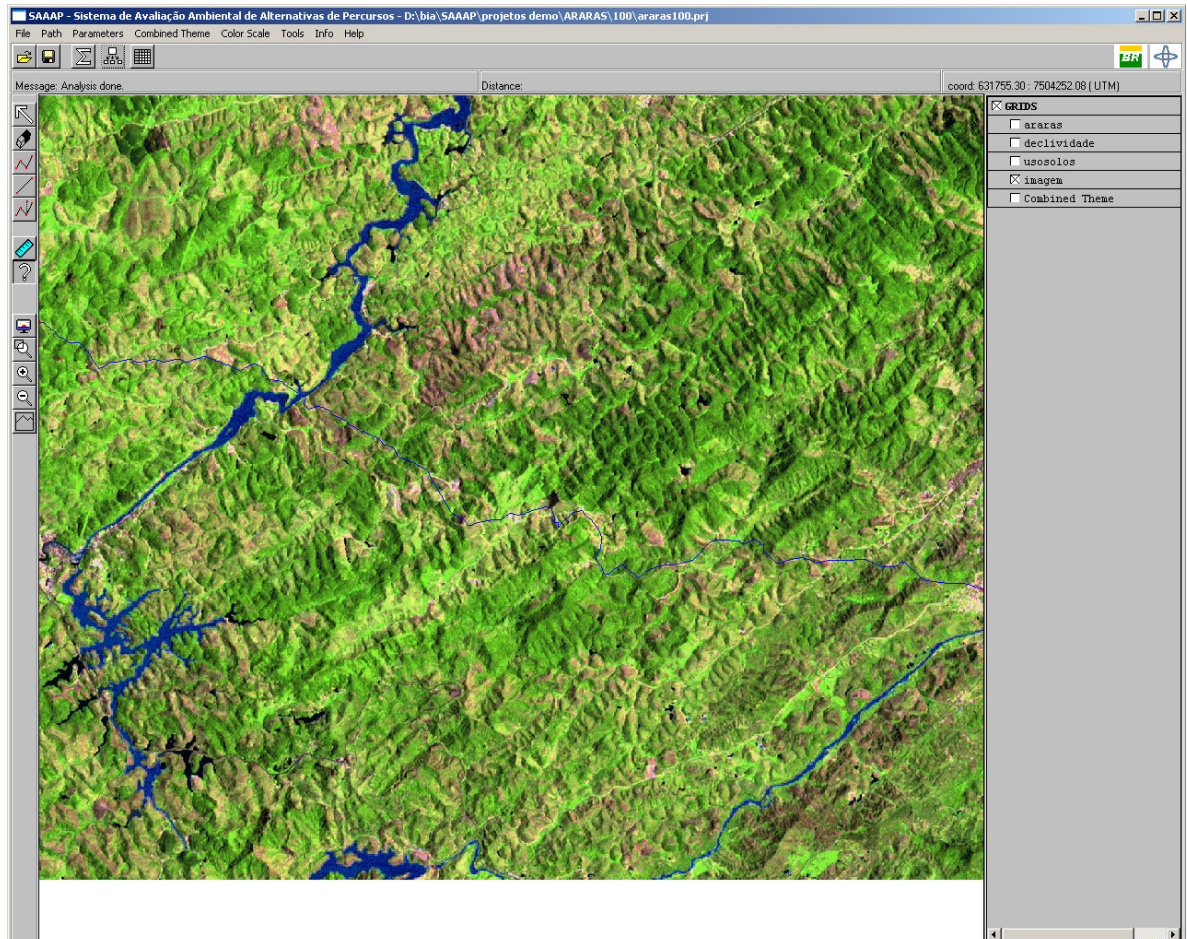


Figura 3 - Interface do sistema

Se não houver nenhum caminho selecionado no canvas, apenas os itens de submenu *Interactive Path*, *Set Minimum Path Parameters* e *Import Path* estarão habilitados. Quando um caminho está selecionado, sua cor fica em azul e ele é denominado caminho ativo. Os itens de submenu *Minimum Path*, *Path Analysis* e *Path Analysis Display* só ficarão habilitados depois que o usuário gerar o tema combinado. Quanto ao item *XYGraphic*, este só ficará habilitado se houver algum caminho ativo, ou seja, selecionado no canvas.

As principais opções são:

- Geração manual de um caminho. O usuário define o ponto inicial do caminho e os pontos intermediários (opcionais), clicando com o botão da esquerda, e define o ponto final do caminho, clicando com o botão da direita.
- Geração automática do melhor caminho. O usuário define o ponto inicial do caminho e os pontos intermediários (opcionais), clicando com o botão da esquerda, e define o ponto final do caminho, clicando com o botão da direita. O sistema encontra o melhor caminho baseado no tema combinado e também, caso eles existam no projeto, nos temas de *slope* e *elevation*. O tema combinado é calculado com base na ponderação dos pesos das classes e seus respectivos temas.
- Especificação dos valores de espaçamento (*spacing*) e raio (*radius*), importantes para determinar ao algoritmo de geração do caminho ótimo, qual o refinamento do grafo que será criado, com base na grade regular. Ou seja, o espaçamento indica quais as células que farão parte do grafo e o raio, indica a vizinhança de atuação do algoritmo de busca do segmento de menor peso. A janela de diálogo *Minimum Path Parameters* também oferece a possibilidade do usuário acompanhar visualmente a evolução do algoritmo de caminho ótimo (*Display execution*).
- Geração de um gráfico de perfil de um caminho ativo, caso um tema do tipo *elevation* esteja incluído no projeto. O eixo X corresponde à distância do caminho em quilômetros, e o eixo Y corresponde à elevação do caminho em metros. Por *default*, o sistema desenha o gráfico com os valores de elevação máxima (Ymax) e mínima (Ymin), e distância máxima (Xmax) e mínima (Xmin) encontrados ao longo de todo o caminho. O usuário pode editar esses valores dando duplo clique em cima de algum valor do eixo X, para aparecer uma caixa de diálogo *Distance Axis*, ou do eixo Y, para aparecer uma caixa de diálogo *Elevation Axis*. Alterando os valores nesse diálogos, é possível modificar a visualização do gráfico, bem como desenhar partes isoladas do caminho. Clicando dentro do canvas do gráfico, surge uma linha vertical azul que associa aquele ponto do caminho no gráfico com a posição do caminho no canvas de visualização.

As principais ferramentas para manipulação do canvas de visualização são:

- Manipulação dos caminhos, tal como seleção, criação, edição e exclusão de um caminho interativo (manual) ou um caminho ótimo (automático). As funcionalidades de criação, exclusão e edição de nós de um caminho interativo (manual) ou um caminho ótimo (automático) também estão disponíveis pela barra de menu, através do item de menu *Path*.
- Medição de distâncias dentro do canvas e obter informações dos temas e classes no ponto indicado (clicado) no canvas.
- *Zoom* de uma área retangular qualquer, *zoom in*, *zoom out*, *refresh* e *fit* das imagens dentro do canvas de visualização.

3.2 Utilização do Sistema

Para utilizar as funcionalidades descritas no capítulo anterior, é preciso criar um novo projeto ou abrir um projeto já existente. Na criação de um novo projeto, o usuário precisa escolher qual o sistema de coordenadas do mundo que será utilizado: UTM (*Universal Transverse Mercator*) ou Lat-Long (coordenadas geográficas). Uma vez escolhido o sistema de coordenadas, no *Projection System*, os valores *Left*, *Right*, *Bottom* e *Top*, precisam estar no respectivo sistema e são preenchidos na área de estudo (*Study Area*). Esses valores correspondem, respectivamente, às coordenadas X_{\min} , X_{\max} , Y_{\min} e Y_{\max} da região de interesse. No diálogo *Weight limits*, é necessário delimitar valores mínimo e máximo para os pesos que serão atribuídos aos temas e suas classes. A partir de então, o usuário pode incluir os temas que farão parte do projeto, pressionando o botão *New Theme*. Antes de incluir um tema, o usuário escolhe se será um *Grid* ou um *Vector*.

Quando o novo tema é um *Grid*, surge a janela de diálogo, onde o usuário escolhe o arquivo que representa esta grade regular, determina o tipo do tema, o peso atribuído ao tema e se o dado é do tipo inteiro ou ponto flutuante.

Os valores de escala e translação são utilizados para transformar valores reais em valores inteiros entre 0 e 255. Definem uma transformação afim $f(x) = ax + b$ nos dados. Basicamente mudam a origem e aplicam uma escala. Por exemplo, imagine que o dado descreve um terreno com alturas variando de 500 a 1500 metros e o usuário deseja codificá-lo em 256 valores, isto é em um intervalo de 0 a 255. Então o que se faz é determinar uma função para que você possa resgatar os valores originais quando trabalhar internamente com os dados (trabalhar com um dado em valores reais e não quantizados). Neste caso, o valor de b (translação) seria igual a 500, o que significa que o valor 0 no dado discreto é transformado no valor 500. O valor de a é a escala necessária para ajustar o intervalo [0-255] no intervalo [500-1500]. Logo a é igual a $(1500-500)/(255-0) = 3.92$. Assim, no exemplo dado, a função $f(x) = ax + b$ é igual a $f(x) = 3.95x + 500$.

Se o novo tema é um *Vector*, surge a janela de diálogo, onde o usuário escolhe um arquivo no formato “dgn”. Atualmente, um tema *Vector* pode ser utilizado apenas para ser desenhado junto com a visualização de um tema *Grid*.

Depois de incluir os temas *Grid* do tipo *classified*, é necessário que o usuário aperte o botão *Attributes Edition* da janela de diálogo *Project Creatio*, e depois o botão *Classes Edition*, da janela de diálogo *Grid Attributes Edition* para ponderar os pesos de cada classe. Com isso, surge a janela, onde o usuário pode descrever um nome para e atribuir um peso para cada classe dando duplo clique em um campo da coluna *Weight* e da coluna *Description*, respectivamente. Para dar peso infinito (INF) a alguma classe, basta colocar o valor -1. Se o usuário quiser alterar o número de classes, basta digitar um novo valor no campo *Number of classes* e apertar a tecla TAB ou ENTER. Para modificar a cor de uma classe, basta dar duplo clique em cima da cor na coluna *Colors*.

4. Conclusões

Este trabalho descreveu brevemente o SAAAP - Sistema de Avaliação Ambiental de Alternativas de Percursos. O sistema encontra-se operacional e já foi testado com dados realistas em vários projetos no contexto da Wilson PETROBRAS / ENGENHARIA/ IEGEN/ EGE / EAMB.

Atualmente, o sistema está sendo expandido para contemplar a seguinte funcionalidade:

- armazenamento e gerência dos dados geográficos através da biblioteca TerraLib [CÂMARA], incluindo novos tipos de dados;
- otimização do algoritmo de busca do caminho mínimo;
- funções para análise de custo do caminho mínimo, refletindo as práticas adotadas pela EAMB;
- funções avançadas para traçado de dutos, no modo automático ou interativo (guiado pelo usuário), incorporando as heurísticas adotadas pela EAMB para traçado de dutos;
- funções avançadas para visualização 3D estática e simulação de sobrevôo do terreno;
- funções para geração do gráfico de perfil, combinado com o traçado do caminho (“planta e perfil”).

Referências

CÂMARA, G. et. alli. “TerraLib: Technology in Support of GIS Innovation”. Proc. II Brazilian Workshop on GeoInformatics 12/13 June 2000, São Paulo, SP.

GIBBON, A. Algorithmic Graph Theory. Cambridge University Press, Great Britain, 1985.

KIM, D. G.; Corne, D. W.; Ross, P. Industrial plant pipe-route optimisation with genetic algorithms. In Voigt et al. [273], pages 1012-1021.

SHEKHAR, S.; Fetterer, A. "Path Computation in Advanced Traveler Information Systems". In Proc. Intelligent Transportation Systems, 1996. <http://citeseer.nj.nec.com/shekhar96path.html>