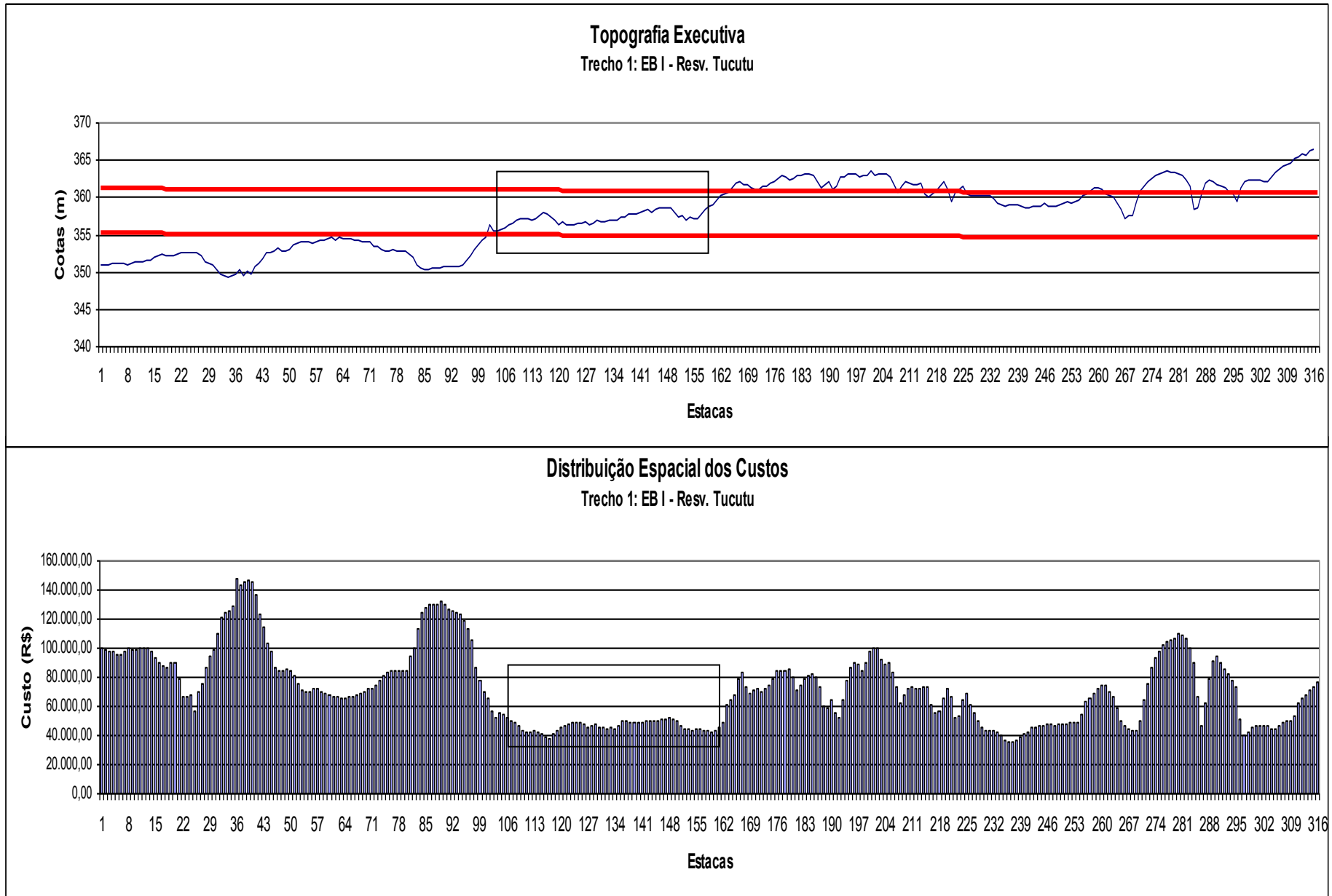


# UM ALGORITMO METAHEURÍSTICO DE OTIMIZAÇÃO DO TRAÇADO DE CANAIS

*Francisco Jácome Sarmiento, Pedro Antônio Molinas*

**O problema enfrentado é:** Como levar água através de canal aberto de um ponto A até um ponto B com o menor custo?





**Figura 1 - Reflexos da topografia sobre os custos orçados por segmento entre estacas (fonte: Sarmento, 2011).**

## DADOS NECESSÁRIOS À APLICAÇÃO DO ALGORITMO METAHEURÍSTICO:

O algoritmo proposto tem como dados de entrada as seguintes informações:

- 1. Modelo digital do terreno** com malha retangular cotada a cada 30 m (SRTM depurado pelo INPE);
2. Espessura dos **estratos geológicos subjacentes**: se possível cobrindo toda a área viável na qual será pesquisado o traçado mais econômico;
- 3. Ponto de partida** (adução) e de **entrega da água** (inclusive cotas de partida e entrega);
- 4. Geometria da seção do canal**: refere-se à seção transversal hidráulica (largura do fundo do canal, profundidade total e inclinação dos taludes internos).
- 5. A seção transversal de projeto** (corte, aterro e mista), da qual é parte a seção hidráulica, é considerada em forma paramétrica;

A partir da retícula informada como sendo o ponto de partida do canal, a decisão de evolução do traçado é tomada seguindo os passos a saber:

- 1 – Cada retícula **k** possui **8 direções** segundo as quais o canal poderá evoluir. Para cada uma delas é projetada e cubada a seção transversal adequada (corte, aterro ou mista). Com base nos custos unitários do movimento de terra (escavações em material de 1ª, 2ª e 3ª categorias e aterros, todos em R\$/m<sup>3</sup>) é calculado o custo associado a cada uma das direções viáveis;
- 2- Os **custos calculados** no passo anterior poderão sofrer **penalização**, caso estejam associados à direções que impliquem em desvio em relação ao **ponto-alvo de entrega da água**;
- 3 – Penalizados os custos, adota-se a direção de evolução que apresentar **o menor dentre aqueles valores**.
- 4 – O caminhamento evolui então para retícula associada à **direção de menor custo penalizado**. Para esta, são então repetidos os passos de 1 a 3.

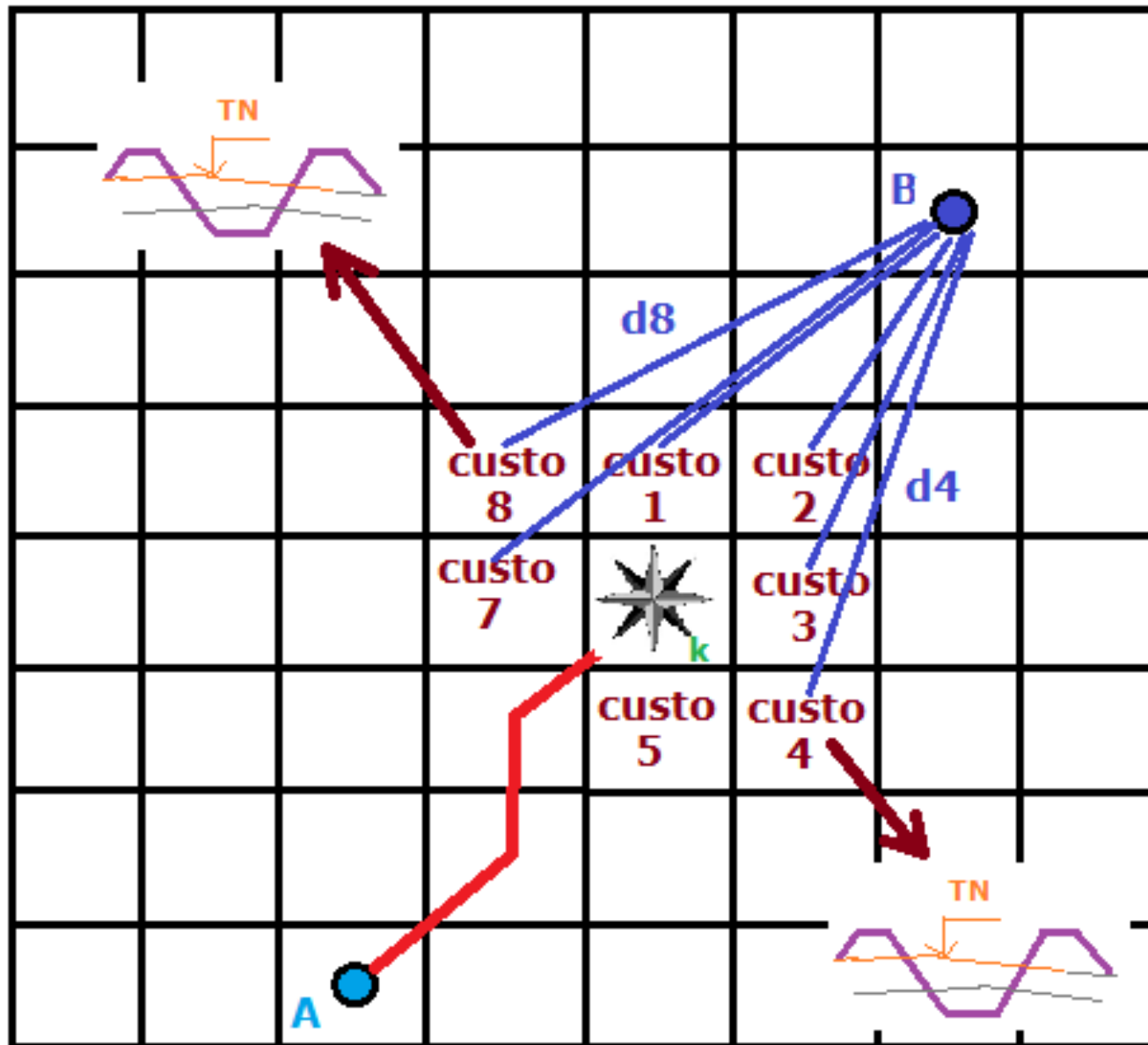


Figura 2 – Representação da estrutura de pesquisa do algoritmo metaheurístico.

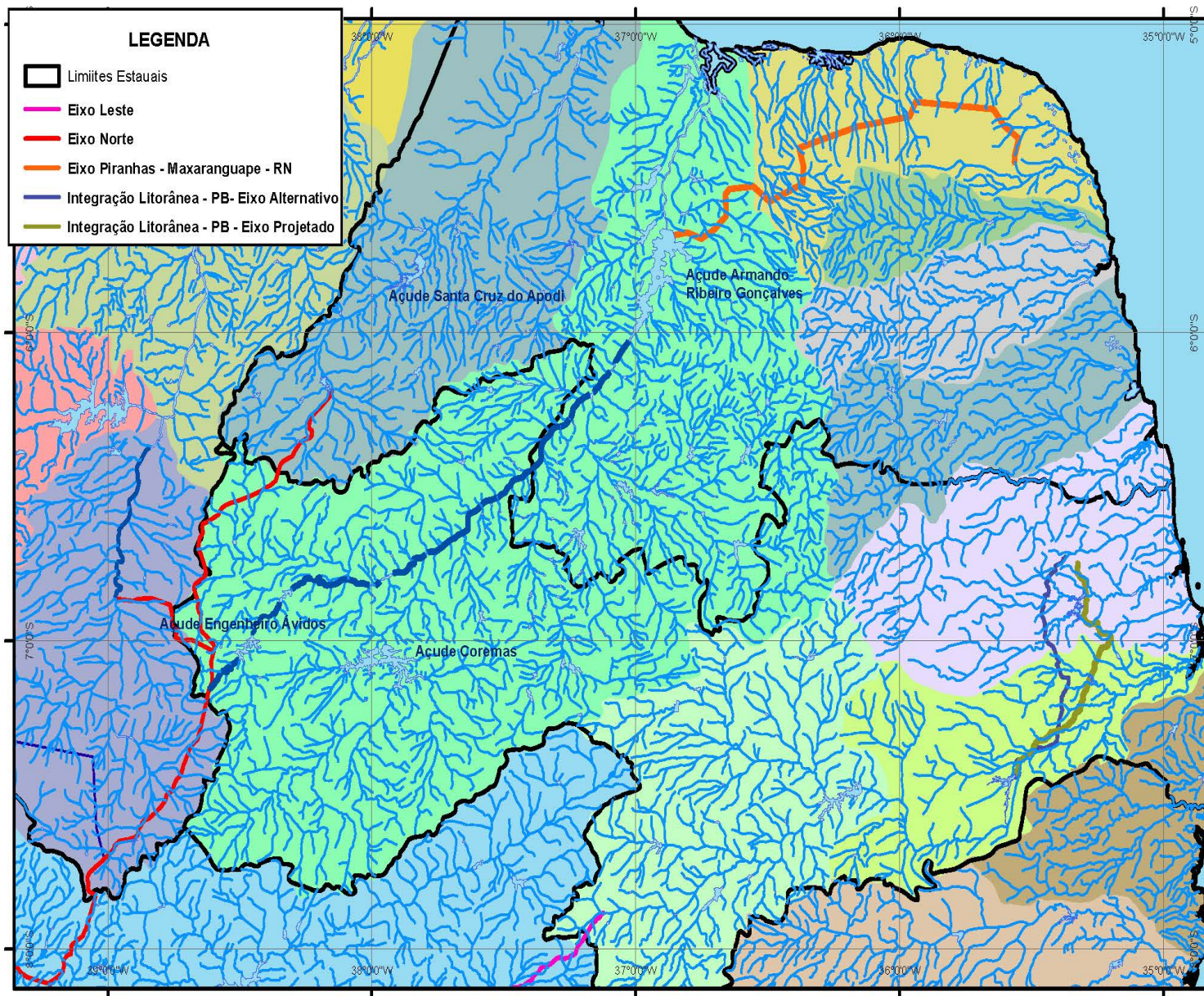


Figura 3 - Mapa regional mostrando a localização deste empreendimento no contexto regional.

## Para o desenvolvimento do traçado em questão foram considerados os seguintes dados:

Cota do terreno no ponto de partida = 100,4 m

Cota do terreno no ponto de entrega da água = 86,3 m

Vazão de projeto = 15 m<sup>3</sup>/s

### Canal:

- Seção trapezoidal
- Base = 2 m
- Profundidade = 3 m
- Talude hidráulico (H:V) = 3:2
- Declividade = 10 cm/km
- Revestido com placas de concreto

Foram ainda adotados os mesmos preços unitários licitados pelo PISF, no Lote 1 do Eixo Norte da obra de transposição do rio São Francisco (Ano base de 2007):

- Escavação de material de 1ª Categoria (R\$/m<sup>3</sup>) = 4,74
- Escavação de material de 2ª Categoria (R\$/m<sup>3</sup>) = 5,01
- Escavação de material de 3ª Categoria (R\$/m<sup>3</sup>) = 20,49
- Aterro compactado (R\$/m<sup>3</sup>) = 2,39

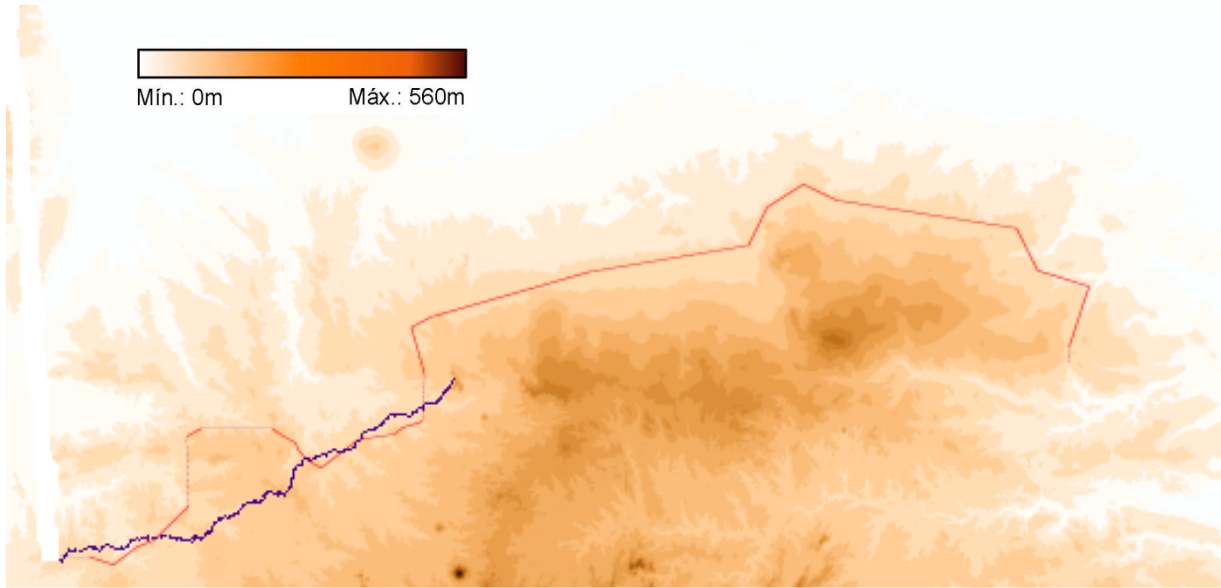


Figura 4: Traçado resultante da condição Inicial.

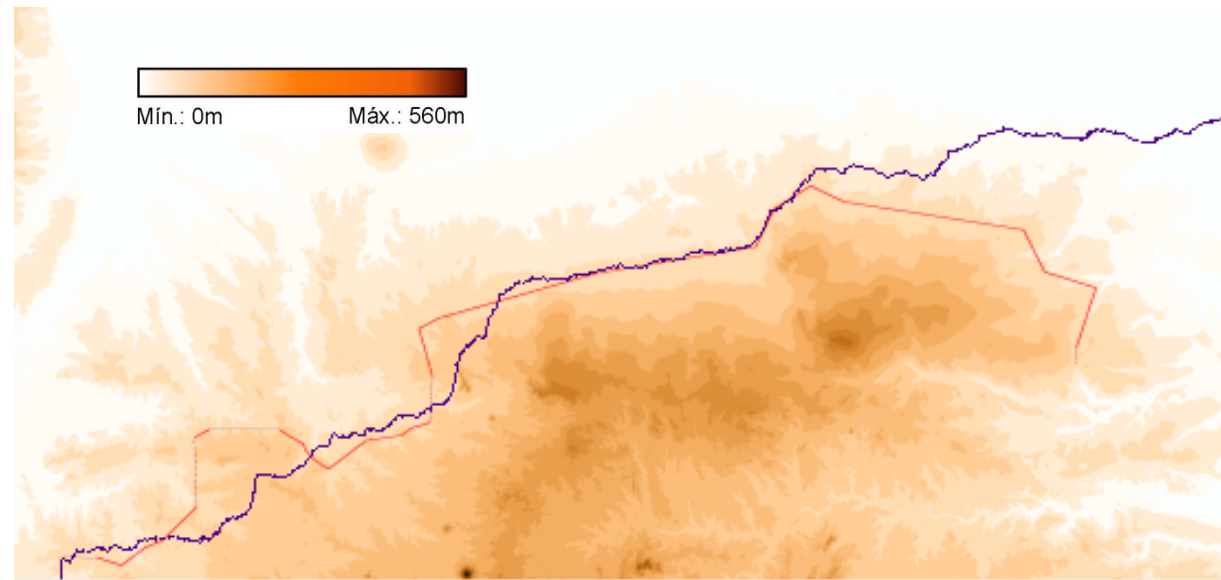


Figura 5: Traçado resultante da condição 1.



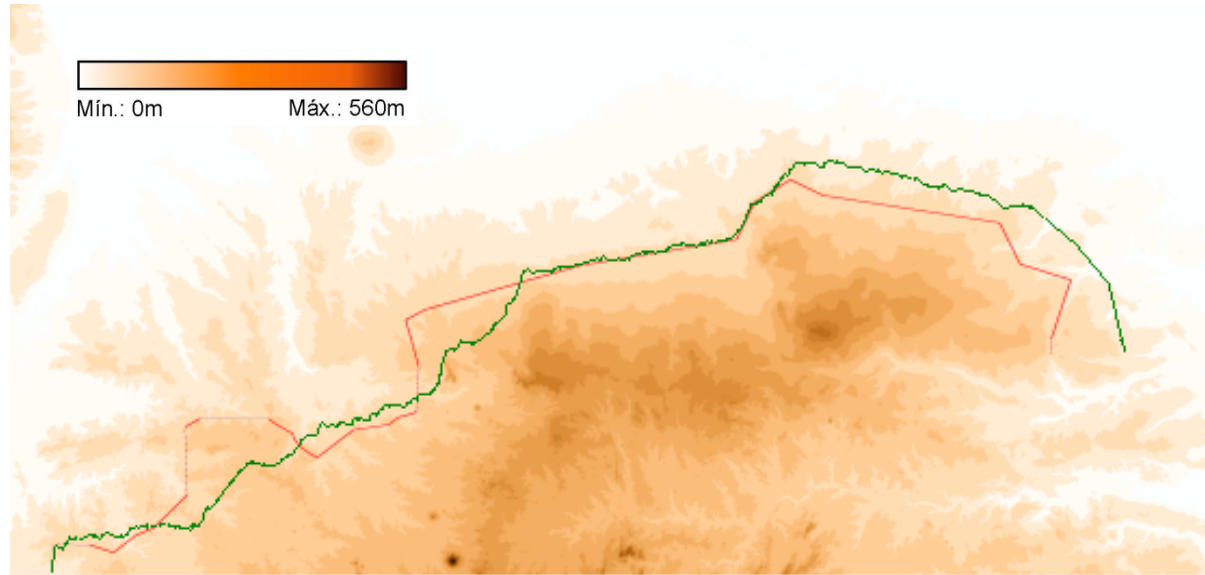


Figura 6: Traçado resultante da condição 2.

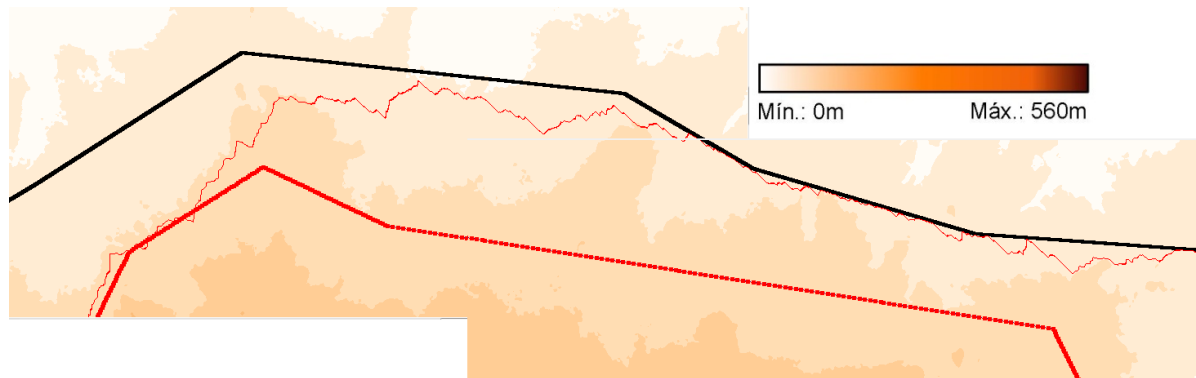


Figura 7: Ampliação de parte do trecho restringido à esquerda com linha de restrição em preto.

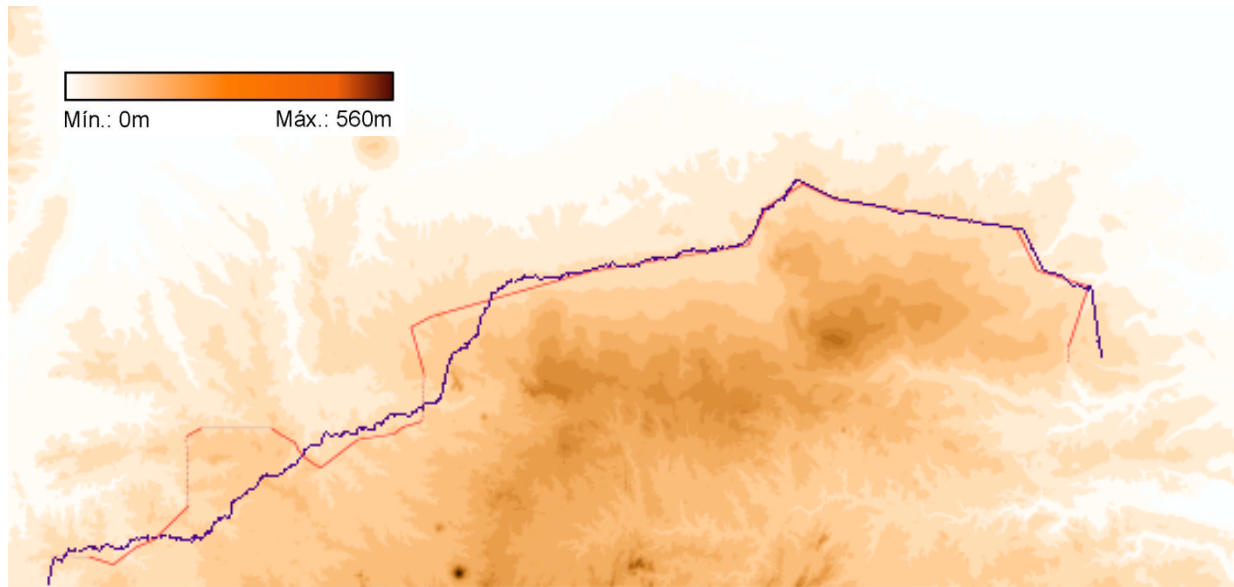


Figura 8: Traçado resultante da condição 3.

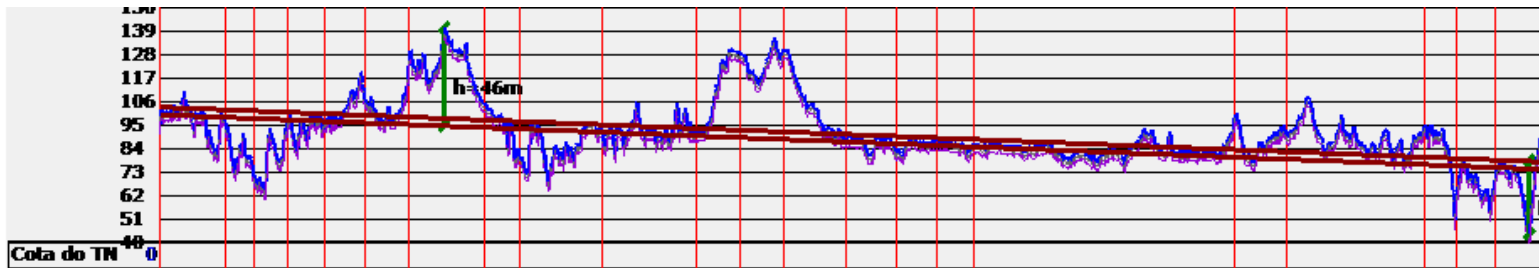


Figura 9: Perfil resultante da condição 3.

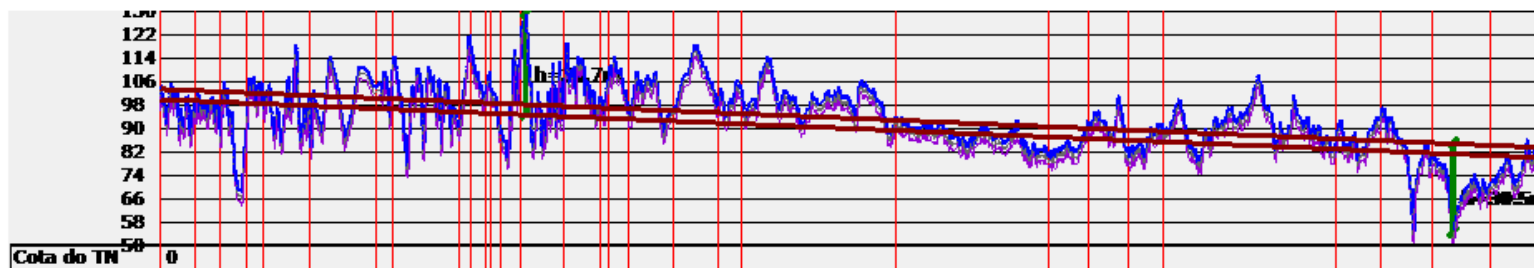


Figura 10: Perfil resultante da Alternativa Manual.

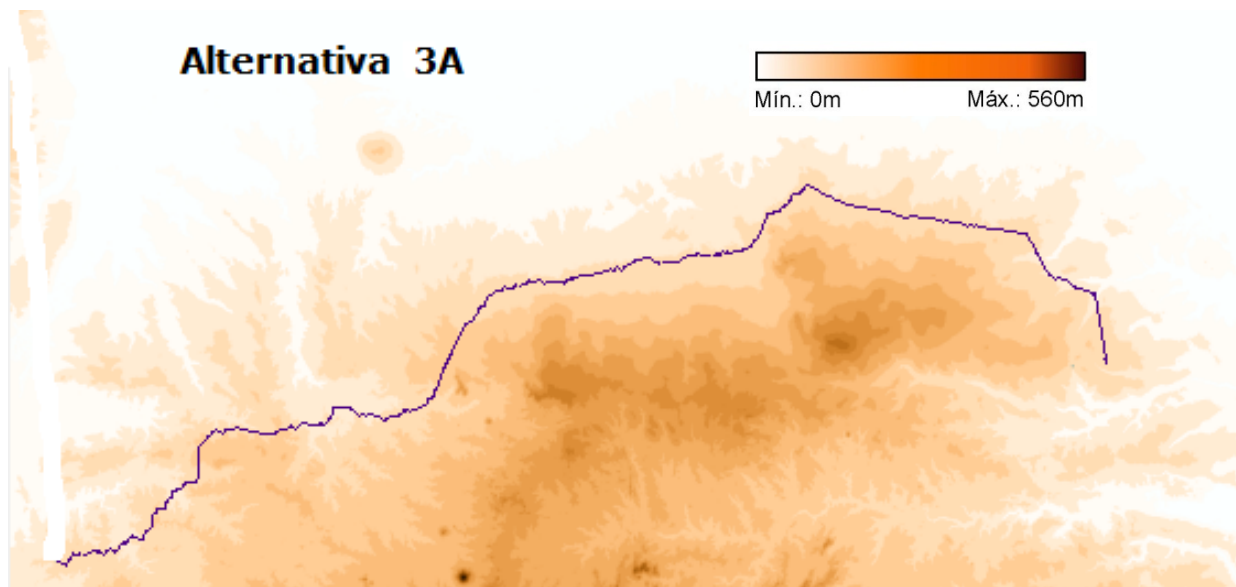


Figura 11: Traçado resultante da condição 3A.

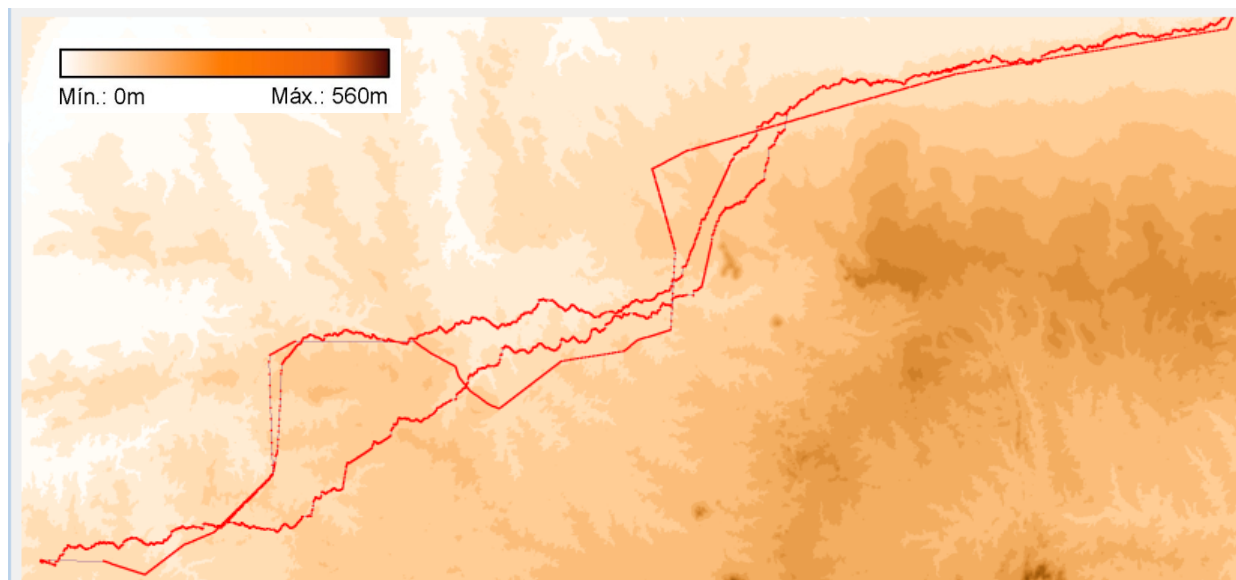


Figura 12: Variantes de travessia para um trecho.

## CONCLUSÕES:

1. O algoritmo metaheurístico, conforme ora proposto, tem na **metodologia de cálculo dos custos de passagem** seu mais **significativo diferencial** a distingui-lo em relação aos seus correlatos disponíveis na literatura;
2. O algoritmo foi desenvolvido numa plataforma **independente** de software do tipo **SIG** e enfrenta o problema da elaboração do **plano de custos de passagem** conforme este se apresenta na prática;
3. o algoritmo oferece automaticamente, sem demandar restrições manuais de acesso a zonas de relevo e/ou geologia indesejáveis, o **traçado mais econômico** para a adução a partir de **um dado ponto de partida** prefixado até sua entrega **em algum ponto do Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizado**. Sob essa condição (de não se ter rigidamente estabelecido o ponto de entrega da água), o greide da solução obtida satisfaz ao critério econômico lógico segundo o qual o canal deve apresentar **a maior extensão possível semienterrada**.
4. Utilizado em composição com restrições impostas pelo projetista, o algoritmo se constitui numa **poderosa ferramenta de busca de caminho otimizado em faixa de pesquisa predeterminada** e, - não menos importante -, permite a identificação de traçados preliminares com a simples restrição de áreas de relevo onde a experiência do profissional julga infrutífera a passagem.
5. A busca de **funções de penalização** mais adequadas é a meta a ser perseguida.