

Visualização de Informação de Redes de Esgoto Planejadas Geradas por Algoritmos Genéticos

André Bevilaqua¹, Vanessa Avelino Xavier de Camargo¹, Marcos Wagner de Souza Ribeiro¹, Laurence Rodrigues do Amaral¹

¹Curso de Ciência da Computação – Universidade Federal de Goiás/Jataí (UFG)
BR364 Km 192, Setor Industrial, Jataí - GO - Brasil

andrebevilaquax@gmail.com, vanessaxcamargo@gmail.com
marcos_wagner@yahoo.com.br, lramaral@yahoo.com.br

Abstract. *Official statistics shows that more than a half of the Brazilian people suffer for not having access to adequate sanitation. One of the reasons that lead to this situation is the lack of appropriate methods to minimize costs and support the implantation of the sanitation networks. The present work has the goal of proposing a new computational/algorithmic approach to support the optimized planning of a sanitation network. The optimizing method chosen was the genetic algorithms while the visualization of the generated information will use 2D and 3D modeling.*

Resumo. *Com base em estatísticas oficiais percebe-se que o Brasil sofre de uma carência inaceitável (que atinge mais da metade da população) em relação ao saneamento básico. Um dos motivos que leva a isso é a falta de métodos apropriados que diminuam custo e otimizem as rotas criadas para fornecer esse serviço tão necessário. O presente trabalho tem por objetivo propor uma nova abordagem computacional/algorítmica que sustente o planejamento otimizado de uma rede de saneamento básico. O método de otimização escolhido foram os Algoritmos Genéticos e as modelagens 2 e 3D foram escolhidos como métodos de visualização da informação gerada.*

1. Introdução

O Brasil tem avançado muito no combate a pobreza e a desigualdade nos últimos anos. Isso fez com que o país passasse a figurar no grupo de países com nível de desenvolvimento humano alto, baseado no ultimo ranking divulgado pela ONU [CORTES, 2008].

Porém mesmo com essa evolução, o tema saneamento básico ainda carece de uma atenção muito maior por parte das autoridades brasileiras.

Com base em estatísticas oficiais, atualmente, 53% da população brasileira sofre com a falta de rede geral de esgoto [CORTES, 2008]. Os efeitos dessa carência se refletem no meio ambiente, na educação, na economia, e em particular na saúde das crianças e gestantes brasileiras. Mesmo fora dos casos extremos que resultam na morte antes e durante a pré-infância, doenças associadas à falta de saneamento “roubam” das crianças a saúde em uma época crucial para o seu desenvolvimento futuro [CORTES, 2008].

Esse “gargalo” de saneamento ameaça também a viabilização de programas habitacionais, e um dos principais motivos para a existência dele é a dificuldade de implantação e projetos das redes de esgoto e água tratada. Outro fator de grande impacto e que cria agravantes para a existência do já citado gargalo é em relação ao custo dos investimentos necessários para a implantação das referidas redes.

Em vista a situação acima citada, objetiva-se com esta pesquisa apresentar uma abordagem computacional/algóritmica que seja suficiente para suportar o funcionamento de um ambiente virtual (Cidade Virtual). Esta cidade virtual servirá para simular rotas de implantação de redes de água tratada e esgoto em cidades com bairros ou setores que já possuem tal serviço e encontram dificuldades diante da necessidade de obter boas soluções para implantação com a melhor logística e custo para as prefeituras municipais.

Para tanto, são necessários métodos que permitam o máximo aproveitamento das informações geradas com o uso do software proposto.

2. Algoritmos Genéticos

O primeiro passo para o desenvolvimento foi a escolha de um método de otimização que permitisse buscar a melhor rota para a rede de esgoto. Analisando aspectos relacionados às redes de esgoto percebe-se que existem inúmeros fatores que influenciam sua implantação. Esta grande quantidade de fatores faz com que métodos convencionais não sejam muito indicados por não serem suficientemente robustos para lidar com o problema. Por este motivo a Computação Evolutiva (CE) foi alvo da busca por um método que pudesse ser aplicado.

A CE é um conjunto de técnicas de otimização eficazes, principalmente, na resolução de casos pertencentes a classes de problemas cujos espaços de busca têm um caráter combinatório e, portanto, de cardinalidade explosiva. Esta eficiência no uso de tais problemas é, preferencialmente, o que a diferencia das demais já que as técnicas convencionais, para esses casos, não são capazes de obtenção da solução ótima, ainda que local [PEREZ, 2009].

Em relação aos pontos a serem analisados pelo Algoritmo Genético (AG) para definição da melhor solução, tem-se: espessura da tubulação principal, definição da menor rota entre os pontos e ligação dos pontos que não fazem parte da menor rota na tubulação principal.

Os AG's podem ser utilizados em várias aplicações. Em alguns casos em que os métodos de busca exaustiva falham, e é necessário o uso de busca controlada em espaço, eles são amplamente utilizados como otimizadores de funções. Sua vantagem sobre outros métodos neste aspecto é seu alto grau de adaptabilidade, robustez e paralelismo [LUCAS, 2000 apud ALMEIDA, 2005].

3. Realidade Virtual

Como passo inicial para visualização e análise das redes de esgoto já implantadas na cidade analisada, poderiam ser utilizados mapas impressos da cidade. Porém muitas outras dificuldades surgiriam. Por este motivo é comum que os mapas digitais se tornem uma alternativa interessante para auxiliar análises como a proposta neste trabalho. A Realidade Virtual (RV) abre um novo campo para a exploração de mapas digitais: a modelagem interativa tridimensional. O uso da RV possibilita a modelagem de mundos virtuais tridimensionais, nos quais podem ser adicionados sons e movimentação, permitindo que o usuário se sinta “dentro” do ambiente, e até mesmo permitindo que ele possa interagir com o ambiente.

Segundo Kirner [KIRNER, 1997], RV pode ser considerada como uma ferramenta para visualizar, manipular, explorar, interagir e modificar, através do computador, dados complexos de uma forma natural, muito semelhante ao que se faria no caso da ação sobre o dado real.

Essa nova perspectiva criada a partir da RV permitirá no escopo deste trabalho que as redes, de esgoto e água tratada, propostas como possíveis soluções possam ser analisadas de maneira mais eficiente e possivelmente mais intuitivamente, pois a interface será mais atraente. A representação em três dimensões provê uma organização mais intuitiva dos objetos para o usuário e o uso da Realidade Virtual nesse caso estimulará a atração e o entendimento devido a sua interatividade e dinamismo. Essas são características intrínsecas a RV, contudo, este trabalho visa permitir que o usuário (especialista) consiga com a RV a síntese de informações para analisar soluções propostas.

4. Visualização da Informação

Dentro da grande área da Computação gráfica chamada realidade virtual, temos ainda uma sub-área de grande importância e que sobretudo se encaixa de forma perfeita no desenvolvimento do sistema proposto, a visualização da informação (VI).

Levando em consideração todos os mais diferentes modelos de visualização da informação presentes no cotidiano de uma pessoa pode-se perceber a existência de um ponto principal comum a todos, passar uma mensagem. Essa mensagem pode ter uma grande gama de objetivos, algumas buscam influenciar, outras têm por objetivo apenas mostrar determinada informação de maneira simplificada, porém de maneira geral um bom método de visualização de informação deve simplesmente ter a capacidade de permitir a melhor interpretação de determinada informação [YAU, 2011, p. 4]. É esta característica geral que se mostra fundamental no escopo do sistema proposto, pois o uso de um método correto de visualização da informação permitirá que a informação gerada pelo software seja sintetizada sem perda de informações, tornando a interação do usuário proveitosa e ágil. Essa “crença” em um aproveitamento muito superior da informação pelo uso de um método apropriado de VI fundamenta-se em muitos estudos atuais, por exemplo, os citados a seguir.

A informação “crua”, ou seja, sem um bom sistema de visualização projetado para potencializar a capacidade de absorvê-la, tem uma grande chance de se tornar entediante para o usuário [YAU, 2011, p. 4].

Com base em estudos atuais, sabe-se que os sistemas de Visualização de Informação devem estar adaptados ao nível de conhecimento prévio do usuário, objetivando tornar a informação mais simples de se visualizar. Com o uso desses sistemas a visualização é enriquecida com princípios de outras áreas relevantes desenvolvendo assim representações de dados que reforçam a experiência perceptiva e cognitiva do usuário [RIBEIRO; ROBERTO, 2011, p.101].

As representações gráficas dos sistemas de visualização podem ser divididas em três classes, levando em consideração a dimensão do espaço no qual estão dispostos os elementos geométricos utilizados: unidimensional, bidimensional ou tridimensional [Freitas 2001 apud RIBEIRO; ROBERTO, 2011, p.102].

Focando as aplicações que utilizam o espaço tridimensional, percebe-se que seu uso pode causar maior impacto visual e despertar o interesse em diversos tipos de usuários, pela maneira que os dados são representados na interface gráfica, e também pela capacidade de propiciar outras formas de interação [Ware and Frank 1996] [Robertson et al. 1991]. Entre as estratégias de visualização tridimensional de informações, encontra-se a utilização de ambientes de Realidade Virtual e Realidade Aumentada [RIBEIRO; ROBERTO, 2011, p.102].

Portanto, fica claro que os sistemas de Visualização de Informação são uma maneira eficiente de organizar e exibir dados, porém se faz necessário adequar o sistema para que este consiga atender necessidades muitas vezes diferentes entre os usuários do mesmo.

5. Análise de Trabalhos Similares

A utilização dos algoritmos genéticos com o intuito de apenas otimizar redes de saneamento básico não é inovadora. A seguir estão alguns resultados obtidos por trabalhos semelhantes ao apresentado neste artigo.

5.1. Geração de Rotas Urbanas Virtuais Usando Algoritmos Genéticos

O presente trabalho apresenta a descrição de uma abordagem (arquitetura) que possibilita a criação de uma aplicação unindo duas áreas da computação (Algoritmos Genéticos e Realidade Virtual) na construção de ambientes virtuais que representam rotas virtuais, seguindo uma orientação dada pelo AG. A autora tem o objetivo facilitar a determinação de uma rota urbana, uma vez que, ao visitar a cidade pela primeira vez, e não souber a rota a percorrer, o usuário (provavelmente um turista) poderia se perder ou demorar a chegar a um determinado destino.

O algoritmo genético desenvolvido busca a obtenção de um indivíduo que represente a melhor rota (com menor distância) entre um ponto de início e um de fim definidos pelo usuário. Um ambiente virtual completo, baseado no modelo 2D, foi modelado utilizando a ferramenta 3D Studio Max e depois convertido usando o ambiente de programação Borland Delphi TM.

O resultado gerado pelo software (se o usuário não interferir) é um passeio, dentro do ambiente virtual 3D, pela rota definida pelo AG. A figura XX ilustra como é exibido o passeio pela rota gerada [RAIMMAN, 2007].

O sistema apresenta uma interface amigável para o usuário e fácil de ser

utilizada, onde o mesmo não necessita de conhecimentos computacionais específicos para utilizar o sistema, bastando apenas ter conhecimento do ambiente operacional.

É necessário somente a correta definição dos parâmetros, e caso o usuário não queira alterá-los, todos já estão pré-definidos, oferecendo suporte a um bom processamento do algoritmo. Além disso, é preciso também uma correta escolha dos cruzamentos participantes e definição das possíveis conexões.

Os testes e as avaliações realizadas com o protótipo demonstraram, segundo a autora, a sua eficácia e o potencial como produto para ser utilizado por prefeituras, hotéis e empresas que necessitam de definição de rotas e principalmente que essas rotas sejam visualizadas de forma atrativa com mecanismos interativos que conquistem o usuário.

5.2. Dimensionamento Otimizado de Redes de Esgoto Sanitário com a Utilização de Algoritmos Genéticos. – [Gameiro, 2003]

Neste trabalho, que utiliza o método dos algoritmos genéticos, o cromossomo que codifica a solução buscada pelo sistema é definido pelos menores custos calculados para a implantação de uma rede de esgoto sanitário. Os custos obtidos são depois avaliados para definir se é realmente possível utilizar a combinação de diâmetro e profundidades que os geraram.

A aptidão dos indivíduos é calculada somando-se os custos obtidos para cada trecho da rede, porém, nem sempre o indivíduo de melhor aptidão corresponde a uma solução passível de execução.

Foram realizadas diversas simulações com o objetivo de testar o sistema proposto.

A simulação que obteve o melhor resultado teve populações de 300 indivíduos que evoluíram durante 1000 gerações. Os resultados foram comparados com dois métodos reconhecidamente factíveis e de resultados satisfatórios. Essa comparação mostrou, de acordo com o autor, grande eficiência na redução/aumento de diâmetros e aumento/redução de escavação por parte do método.

A grande vantagem dos algoritmos genéticos, em comparação a todos os outros métodos testados, é a capacidade de buscar o menor custo levando em consideração a rede como um todo, ao contrário dos outros métodos que analisam trechos separadamente. Essa capacidade foi exaltada pelo autor, pois os diâmetros e profundidades escolhidos para um trecho normalmente tem influência em outros trechos.

Por fim, o método usado neste trabalho obteve economia variando na ordem de 5 e 6% em comparação aos outros métodos avaliados, mostrando a viabilidade da proposta de uso dos algoritmos genéticos na geração de soluções para problemas não-lineares [GAMEIRO, 2003].

6. Arquitetura e Funcionamento do Sistema

A metodologia usada para o desenvolvimento deste projeto foi dividida em duas fases: 1) construção da aplicação que busque a melhor solução em forma de malha de rede de

esgoto em um modelo 2d; 2) geração do modelo 3D com visualização das informações sobre esta malha.

Inicialmente, antes da aplicação dos operadores genéticos, foi necessário estabelecer a estrutura do indivíduo que fosse adequada para atingir os objetivos estabelecidos. O indivíduo válido é aquele que possui a menor sequência entre o ponto inicial (não necessariamente um ponto ligado a rede de esgoto existente) e o ponto final (necessariamente o último e a vazão da rede), sendo essa a tubulação de maior espessura da rede. Todos os outros pontos que não fazem parte da menor rota são ligados na tubulação principal. O melhor indivíduo é aquele que possui a melhor configuração entre esses pontos, lembrando que o ambiente 3D pode ser usado para analisar um nível que se adéqüe a tubulação principal para que a vazão necessária seja obtida.

Para este trabalho foi usado um escopo reduzido contemplando apenas dois bairros de uma cidade, ainda nesta fase, não atingindo uma quantidade muito grande de pontos.

Após a definição foram seguidas as etapas de geração de população inicial, avaliação de aptidão, cruzamento dos indivíduos e geração. Vale ressaltar que o método de seleção adotado foi o da roleta, o “elitismo”, técnica usada para preservar os melhores indivíduos, também é usado no processo. Não foi utilizada a “mutação” como operador genético.

Tanto o modelo 2D quanto o modelo 3D são integrantes do mesmo objeto, o que muda é apenas o modo de visão ajustado ao ambiente. Cada objeto do ambiente foi classificado ou associado a uma característica. Cada cruzamento do trecho urbano é um objeto e pode ser selecionado pelo usuário para permitir uma prévia configuração do sistema (base de dados de cruzamentos, definições de direções do cruzamento em relação a outros). Outros objetos da cena são os espaços prediais, também selecionáveis e passíveis a associações a uma biblioteca de outros objetos (casas, prédios, praças, e outros considerados turísticos: aeroporto, zoológico, lagos, e etc.). No modelo 3D também podem ser inseridos dados referentes a formações rochosas que por ventura necessitem de atenção, bem como possíveis monumentos históricos que impeçam a escavação em determinada área, dessa forma, um usuário (especialista) pode interagir com o modelo e perceber determinadas falhas, para que se possa pensar em alternativas.

Além da geração da malha pelo Algoritmo Genético, a visualização em 3D depende de uma pré-configuração do sistema, associando os espaços prediais, citados anteriormente, aos respectivos objetos. O processo de visualização baseia-se na sequência de pontos, gerada pelo algoritmo genético, e, se não houver interferência do usuário, o resultado final será um passeio pela cidade virtual apresentando todas as informações sobre a malha de esgoto.

6.1 Arquitetura do Sistema

O sistema pode ser resumido como sendo a integração dos Algoritmos Genéticos (interface 2D) com VI (interface 3D modelada e programada). A Figura 1 ilustra essa arquitetura que reúne as duas áreas.

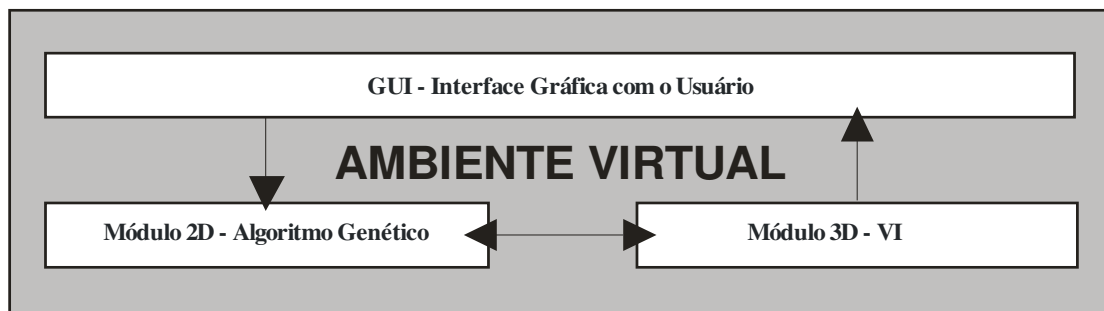


Figura 1. Arquitetura do Sistema

6.2 Funcionamento do Sistema

Inicialmente o usuário tem a visualização de uma interface na qual devem ser inseridos os parâmetros genéticos (tamanho da população, taxa de cruzamento e quantidade de gerações) para que o processo de busca se inicie conforme a Figura 2. Nesta mesma interface existe neste exemplo, um bairro qualquer da cidade.



Figura 2. Interface inicial do sistema.

A partir desse estágio o usuário seleciona pontos, evidenciando os pontos de início e de fim inicia-se o processamento pelo AG, tendo como resultado a melhor configuração de uma malha de rede de esgoto com base nos pontos e parâmetros definidos.

Existe ainda a possibilidade de transformar o modelo de visualização, passando para um modelo 3D onde basicamente a interação é potencializada.

7. Conclusão

Os algoritmos genéticos (AG) não são uma novidade na área de otimização de redes de esgoto, porém, sua utilização aliada Visualização de Informações é rara.

O sistema ainda está em uma versão beta e não possui testes tão eficazes quanto os que foram executados por RAIMMAN [2007] e GAMEIRO [2003], porém, baseado nos resultados obtidos pelos métodos dos referidos autores, acredita-se que algum refinamento (utilizando como norte os dois métodos) e adicionando algumas características já citadas como, por exemplo, a utilização do modelo 3D para visualizar os níveis adequados, o método proposto neste trabalho gerará resultados bastante satisfatórios em testes reais.

Baseado ainda nos resultados de RAIMMAN [2007], percebe-se que a visualização completa da área na qual deseja-se implantar a rede, necessitando apenas de computadores com o sistema disponível, permite maior interação do usuário com o sistema, fazendo com que a análise das soluções seja mais eficiente.

Por fim, busca-se na sequência desta pesquisa integrar os dois métodos, potencializando os resultados que já se mostraram positivos quando analisados os trabalhos de RAIMMAN [2007] e GAMEIRO [2003] separadamente. No modelo proposto busca-se utilizar todo o poder propiciado pela visualização da informação e ainda fazer com que o usuário (especialista) possa utilizar o modelo 3D para modificar parte da solução para que sua experiência transforme essa interação em um trunfo para o método. O modelo proposto já existe em fase inicial, e necessita de amadurecimento para que sejam realizados testes mais conclusivos.

8. Trabalhos Futuros

Tendo por base a perspectiva final deste trabalho, considera-se importante que no momento posterior a conclusão desta pesquisa, o protótipo seja ampliado para uso em um caso real (uma cidade completa com a avaliação de todos os bairros e a malha de esgoto já implantada).

9. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho (Rede Goiana de Realidade Virtual).

10. Bibliografia

ALMEIDA, Marcelo Mazetto Aragão. **Uso de Algoritmos Genéticos como Proposta na Redução de Custos de Energia Elétrica em Armazéns Gerais**. 6th Encontro de Pesquisa e 4th Encontro de Iniciação Científica, Itumbiara-GO, Novembro/2005.

GAMEIRO, Luiz Fernando de Souza. Dimensionamento Otimizado de Redes de Esgoto Sanitário com a Utilização de Algoritmos Genéticos. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.

CORTES, Marcelo Neri. **Trata Brasil: Saneamento, Educação, Trabalho e Turismo**. Rio de Janeiro, Fevereiro de 2008.

FRANCA, Mariano Alencar Neto da; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. **Projeto De Redes De Distribuição De Água Por Algoritmo Genético**. Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa, 2004.

KIRNER, Cláudio. PINHO, M. S. **Sistemas de Realidade Virtual**. Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual, Departamento de Computação – UFSCar. 1997. Disponível em <<http://www.dc.ufscar.br/~grv/>>. Acesso em 20 de setembro 2006.

PEREZ, Anderson Luiz Fernandes. Robótica Evolutiva. In. IX Escolha Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe (ERBASE). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2009.

RAIMMAN, Eliane. Geração De Rotas Urbanas Virtuais Usando Algoritmos Genéticos. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia; Uberlândia, 2007.

RIBEIRO, Marcos Wagner de Souza; ROBERTO, Ezequiel Zorzal (Org.). **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, 2011, Uberlândia. SBC.

YAU, Nathan. Visualize This: **TheFlowing Data Guide to Design, Visualization, and Statistics**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2011.