

I-046 - PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO EM PROJETOS DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Renata Shirley de Andrade Valdivino⁽¹⁾

Professora Assistente da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada. Doutoranda em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos (UFC). Graduada em Engenharia Civil (UFC).

Alessandro de Araújo Bezerra⁽²⁾

Professor Assistente da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada. Doutorando em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos (UFC). Graduado em Engenharia Civil (UFC).

Marco Aurélio Holanda de Castro⁽³⁾

Professor Titular da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Ph.D. em Engenharia - Drexel University. M.Sc em Engenharia Civil - Recursos Hídricos- University of New Hampshire. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Piauí - Avenida Universitária - lado ímpar - Ininga - Teresina - PI - Cep: 64.049-550 - Brasil - Tel - (086) 3237.1372 - e-mail: renatashirley@ufpi.edu.br

RESUMO

Na engenharia, de modo geral, o objetivo principal está ligado à solução de problemas no menor tempo possível, visando o cumprimento dos prazos estabelecidos evitando a ocorrência de possíveis atrasos. O surgimento de softwares tem proporcionado à elaboração de projetos de forma rápida e com maior precisão. Com o objetivo de reduzir o tempo gasto, garantindo a qualidade e a eficiência do projeto final, desenvolveu-se uma ferramenta computacional denominada UFC3. Este trabalho foi proposto para auxiliar no traçado de redes de abastecimento, possibilitando a inserção de conexões, bem como, as informações características do dimensionamento da rede como, a pressão, carga hidráulica e cota, calcular os quantitativos da rede, gerar planilhas de resultados para cada trecho e nó da rede apresentando os dados obtidos a partir da simulação realizada no software EPANET. Além disso, o programa elabora um desenho do perfil longitudinal de adutoras, incluindo as linhas piezométricas, de carga máxima e mínima. Tais funções apresentam informações que são de grande relevância no processo do dimensionamento hidráulico de redes d'água.

PALAVRAS-CHAVE: Redes de água, Softwares e Epanet.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem se intensificado a preocupação com as condições atuais do meio ambiente. Uma ação que influi na recuperação do meio ambiental é proporcionar melhores condições sanitárias da população, por meio da implantação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Ainda existem, inclusive no Brasil, populações que não tem acesso a condições mínimas de saneamento, como acesso a água potável para consumo, por exemplo.

O mercado de novas tecnologias tem evoluído num ritmo acelerado e está atuante em diversas áreas, na engenharia não é diferente, uma vez que a utilização de softwares para o desenvolvimento de projetos melhora a qualidade do resultado final, fornecendo dados mais confiáveis. Em projetos de engenharia é fundamental que se tenha atenção durante a concepção do traçado e elaboração das planilhas de cálculo, no entanto como esse tipo de atividade requer tempo e esforço do projetista, algumas vezes, o traçado do projeto pode vir a conter erros e as planilhas alguma falha nas fórmulas inseridas.

Pensando nisso, o laboratório de hidráulica computacional (LAHC) do departamento de engenharia hidráulica e ambiental desenvolveu o programa UFC2 uma ferramenta que desenha o traçado de uma rede de abastecimento de água – tubulação projetada e existente, adutoras, reservatórios e outros componentes – além de transferir os dados automaticamente para o software EPANET (desenvolvido pela EPA - Environmental Protection Agency) para fazer a simulação hidráulica da rede.

Com objetivo de fornecer mais elementos que tornassem mais rápida a elaboração do projeto, oferecendo dados em plantas e planilhas, contendo resultados importantes relacionados a rede e cálculo de quantitativos. Foi proposto o desenvolvimento de um novo módulo do sistema UFC, chamado de UFC3, para que fosse capaz de inserir as conexões nos encontros da rede, automaticamente, gerar planilhas de resultados e quantitativos de todos os componentes da rede. Além de desenvolver com rapidez as plantas de cálculo e perfil de adutoras. E essa ferramenta é o elemento principal que dará estrutura a este trabalho.

METODOLOGIA

O programa UFC3 foi desenvolvido nas linguagens de programação do que ficam dentro do próprio AutoCAD, um programa de Cad muito conhecido mercado. As linguagens usadas foram o AutoLISP utilizando conhecimentos adquiridos por meio dos livros de Kramer (1995) e de Matsumoto (1998); além desses, também foi utilizado livro de Gibb e Kramer (1999) de onde foram retirados conhecimentos sobre objetos de VBA (Visual Basic for Applications) e objetos do VB (Visual Basic), a fim de serem aplicados no desenvolvimento do programa.

Foram usadas, como elementos base, as representações utilizadas em projetos de rede de abastecimento elaborados pela Companhia de Água e Esgoto de Ceará (CAGECE), uma vez que é a mesma seguida por algumas empresas que trabalham nesse setor. Montou-se, a partir dessas informações, um quadro contendo as conexões e suas respectivas representações. Esse quadro é mostrado na figura 1, logo a seguir:





















	CRUZETA JUNTA ELÁSTICA		CURVA 90 TRAVA EXTERNA
	CRUZETA TRAVA INTERNA		CURVA 90 TRAVA INTERNA
	CRUZETA TRAVA EXTERNA		CURVA 90 TRAVA MECÂNICA
	TE COM FLANGE		LUVA JUNTA ELÁSTICA
	TE JUNTA ELÁSTICA		LUVA JUNTA TRAVADA EXTERNA
	TE TRAVA INTERNA		LUVA JUNTA TRAVADA INTERNA
	TE TRAVA EXTERNA		LUVA JUNTA MECÂNICA
	CURVA 90 FLANGE		REDUÇÃO FLANGEADA
	CURVA 90 JUNTA ELÁSTICA		REDUÇÃO PONTA-BOLSA
			REDUÇÃO BOLSA-BOLSA
			REDUÇÃO TRAVA-INTERNA

Figura 1: Quadro de símbolos representativos para conexões.

Utilizou-se a linguagem do AutoLISP para desenvolver as funções que permitem ao programa UFC3 inserir, aguardar informações sobre os tipos de conexões mais utilizadas e as legendas correspondente a cada tipo de conexão. Entre os tipos conexões que são representadas pelos elementos gráficos usados no programa UFC3 estão: as cruzetas, TEs, curvas (90°, 45° e 22.5°), luvas, reduções, adaptadores, registros, e CAPs.

A elaboração de uma planilha de resultados, obtidos após realizada a simulação por meio do Epanet, foi feita de modo que a apresentar as seguintes informações:

Para os trechos da tubulação:

- Número do trecho;
- Nó inicial e nó final;
- Comprimento;
- Diâmetro;
- Vazão;
- Velocidade;
- Perda de carga.

Para os nós da rede:

- Número do nó;
- Consumo;
- Cota;
- Carga hidráulica;
- Pressão.

Para gerar as planilhas de quantitativos e de resultados utilizou-se a linguagem de programação Visual Basic. A estrutura da planilha de quantitativos foi pensada de forma a facilitar a trabalho a geração do orçamento, assim foram pesquisados os dados que demandam mais tempo para compor uma planilha de orçamento de rede de abastecimento. No cálculo dos quantitativos, existe um índice para contabilidade geral de perdas nas tubulações e conexões, o default utilizado pelo programa é de 5 %.

A última etapa do programa UFC3 foi a elaboração de uma rotina que permitisse o traçado do perfil longitudinal da adutora. Essa função foi desenvolvida nas linguagens de programação AutoLISP e VBA. Inicialmente, esta rotina gera o perfil do terreno, a cada estaca, de acordo com as curvas de nível do projeto. As cotas do terreno são obtidas através da utilização de uma função desenvolvida pelo laboratório de hidráulica computacional, que faz o cálculo das cotas através de interpolações entre o ponto a ser cotado e as curvas de nível de regiões próximas.

RESULTADOS

Depois de instalado, um novo ícone, denominado iniciar seção, é inserido dentro da caixa de ferramentas do AutoCAD. Ele é o responsável por carregar os elementos gráficos contidos no menu do programa UFC3. Esse ícone esta representado abaixo na figura 2.



Figura 2: Iniciar seção do programa.

Quando o programa é executado uma nova barra de ferramentas é inserida dentro da janela do AutoCAD. Essa palheta possui todas as funções disponíveis do programa, como mostra as figuras 3 e 4:



Figura 3: Ferramentas do programa UFC3.














	Iniciar Seção: <i>Carrega a palheta de ferramentas do programa</i>
	Conexão: <i>Insere todas as conexões na rede automaticamente</i>
	Registro: <i>Insere registros na rede</i>
	Default: <i>Define os padrões a serem utilizados pelo programa UFC3</i>
	Edit: <i>Edita as posições das legendas das conexões</i>
	Borracha: <i>Apaga a conexão e sua legenda</i>
	Numerar: <i>Numera as conexões e tubulações da rede</i>
	Pressão: <i>Numera e apresenta as pressões, carga e cota dos nós da rede</i>
	Listar: <i>Lista todas as conexões da rede em um novo arquivo de CAD</i>
	Legenda: <i>Insere um quadro indicando a legenda para as conexões</i>
	Quantitativos: <i>Gera os quantitativos da rede</i>
	Planilha: <i>Gera uma planilha dos resultados nos nós e nos trechos da rede</i>
	Perfil: <i>Gera perfil do terreno da adutora e das linhas do transiente</i>

Figura 4: Quadro de funções.

O default do programa possui duas páginas para modificações e visualizações: a Geral e Quantitativo. Na página geral, estão contidos os dados de entrada para as conexões: cruzetas, tes, curvas, luvas, reduções, adaptadores, junções e extremidade e nela o usuário pode modificar o valor padrão para cada objeto inserido, a escala para legendas e blocos. Na página de quantitativos podem ser alterados os dados relativos à altura de escoramento e de recobrimento mínimo, além das larguras de vala em função dos diâmetros adotados.

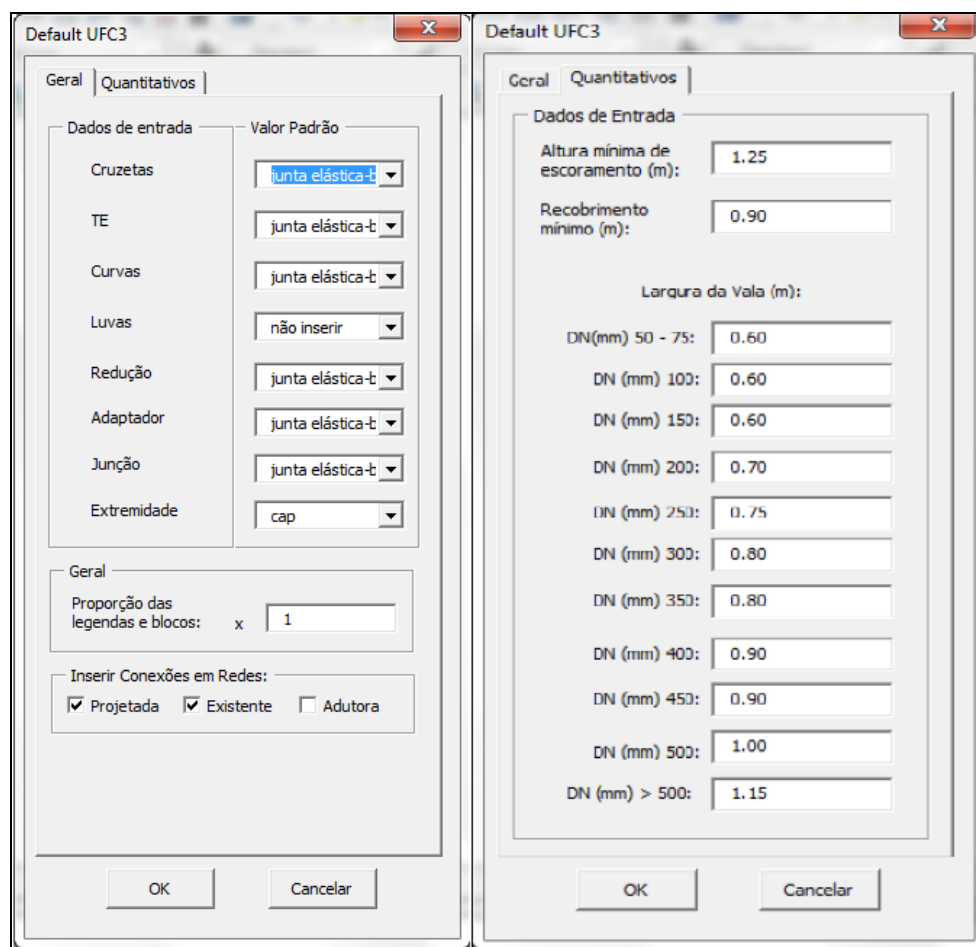


Figura 5: Default do programa.

Após definir os padrões de projeto, a etapa seguinte consiste em inserir as conexões nos encontros da rede ou adutora, utilizando a função correlata indicada no quadro da figura 04. A imagem abaixo apresenta exemplo de rede com conexões no padrão do programa.

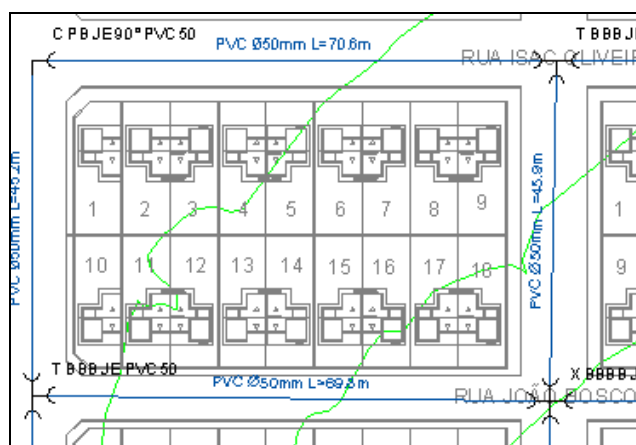


Figura 6: Exemplo de rede utilizando as conexões do programa.

A próxima função a ser descrita consiste na rotina que permite numerar as conexões e as tubulações da rede. Os números são obtidos a partir da numeração do arquivo “.inp” gerado pelo EPANET. Isso facilita a interação entre os dois projetos. Essa numeração deve ser realizada logo após a inserção das conexões. Ver figura 7.

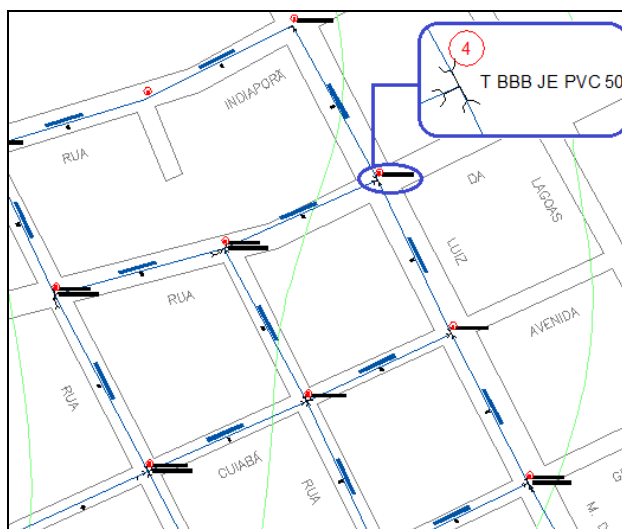


Figura 7: Exemplo de numeração.

Os valores obtidos para pressão, carga hidráulica e cota do terreno nos pontos de encontro da rede dimensionada, podem ser inseridos gerando uma planta de cálculo. Ao acionar essa função, é necessário indicar o arquivo “.rpt” gerado ao final da simulação da rede no Epanet.

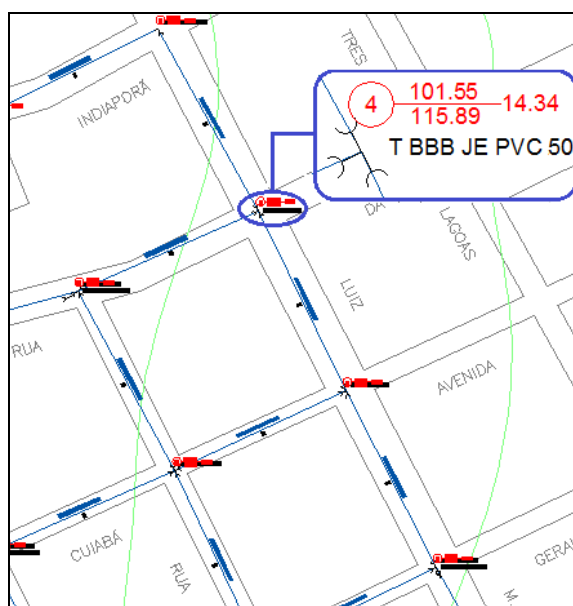


Figura 8: Exemplo de resultado expresso em planta.

Onde os elementos acima são denominados conforme a figura 9:

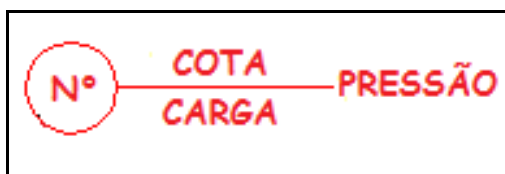
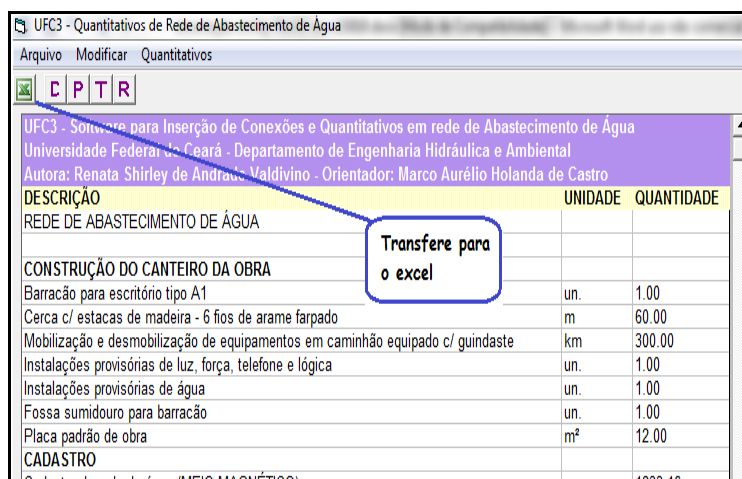


Figura 9: Elementos constantes na função

O programa gera os quantitativos de toda a rede (tubulação e conexões), considerando elementos como: canteiro de obras; cadastro de rede e adutora; locação de rede e adutora; sinalização e segurança; movimento de terra; assentamento e fornecimento material. A planilha gerada pode ser transferida para o excel através do acionamento do ícone em destaque na figura 10.



DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
CONSTRUÇÃO DO CANTEIRO DA OBRA		
Barracão para escritório tipo A1	un.	1.00
Cerca c/ estacas de madeira - 6 fios de arame farpado	m	60.00
Mobilização e desmobilização de equipamentos em caminhão equipado c/ guindaste	km	300.00
Instalações provisórias de luz, força, telefone e lógica	un.	1.00
Instalações provisórias de água	un.	1.00
Fossa sumidouro para barracão	un.	1.00
Placa padrão de obra	m²	12.00
CADASTRO		
Cadastro de dados de ápis (MFO MAGNÉTICO)		1022.16

Figura 10: Planilha de quantitativos.

Também é possível gerar uma planilha com os resultados, obtidos através da simulação no Epanet, para trechos e nós da rede. Da mesma forma que os quantitativos podem ser exportados para uma planilha excel, o mesmo ocorre com as planilhas de resultados.

PLANILHA DE RESULTADOS - NÓS				
NÓ	CONSUMO (L/s)	COTA (m)	CARGA (m)	PRESSÃO (m)
1	0.29	81.83	104.19	22.36
2	0.28	86.47	104.19	17.72
3	0.35	87.97	104.22	16.25
4	0.24	88.64	104.22	15.58
5	0.24	90.59	104.35	13.76
6	0.35	88.87	104.31	15.44
7	0.35	88.72	104.49	15.77
8	0.25	87.11	104.41	17.30
9	0.18	88.56	104.49	15.93
10	0.28	88.36	104.69	16.33
11	0.25	92.36	104.70	12.34
12	0.19	94.22	105.79	11.57
13	0.17	87.17	104.19	17.02
14	0.25	83.58	104.21	20.63
15	0.25	85.92	104.30	18.38
16	-3.95	106.53	106.53	0.00

Figura 11: Resultados em relação aos nós da rede.

PLANILHA DE RESULTADOS - TRECHOS							
TRECHO	Nº INI	Nº FIN	L (m)	D (mm)	Q (L/s)	V (m/s)	P.C. (m/Km)
1	1	2	70.6215	50	-0.04	0.02	0.03
2	2	3	45.8831	50	-0.24	0.12	0.55
3	3	4	63.6748	50	-0.11	0.06	0.10
4	4	5	46.8324	50	-0.61	0.31	2.74
5	5	6	63.6466	50	0.26	0.13	0.62
6	6	7	44.8502	50	-0.75	0.38	3.91
7	7	8	68.5875	50	0.37	0.19	1.15
8	8	9	47.9072	50	-0.46	0.23	1.67
9	9	10	68.2966	50	-0.64	0.33	2.98
10	10	7	47.9081	50	0.79	0.40	4.27
11	7	11	64.4032	50	-0.68	0.35	3.34
12	11	12	47.6076	50	-2.04	1.04	22.93
13	12	10	65.6132	50	1.71	0.87	16.79
14	2	13	63.4866	50	-0.08	0.04	0.06
15	13	4	45.8799	50	-0.26	0.13	0.61
16	1	14	45.1579	50	-0.25	0.13	0.57
17	14	3	69.7534	50	-0.03	0.02	0.02
18	3	6	46.8325	50	-0.51	0.26	2.03
19	6	15	69.0134	50	0.14	0.07	0.21
20	15	8	44.8523	50	-0.58	0.29	2.48
21	14	15	47.5555	50	-0.47	0.24	1.73
22	5	11	44.8566	50	-1.11	0.57	7.82
23	12	16	9.9406	50	-3.95	2.01	74.59

Figura 12: Resultados em relação aos trechos da rede.

O traçado do perfil longitudinal da adutora pode ser efetuado por duas maneiras distintas. A primeira corresponde somente ao perfil do terreno e da adutora, conforme a figura 13.

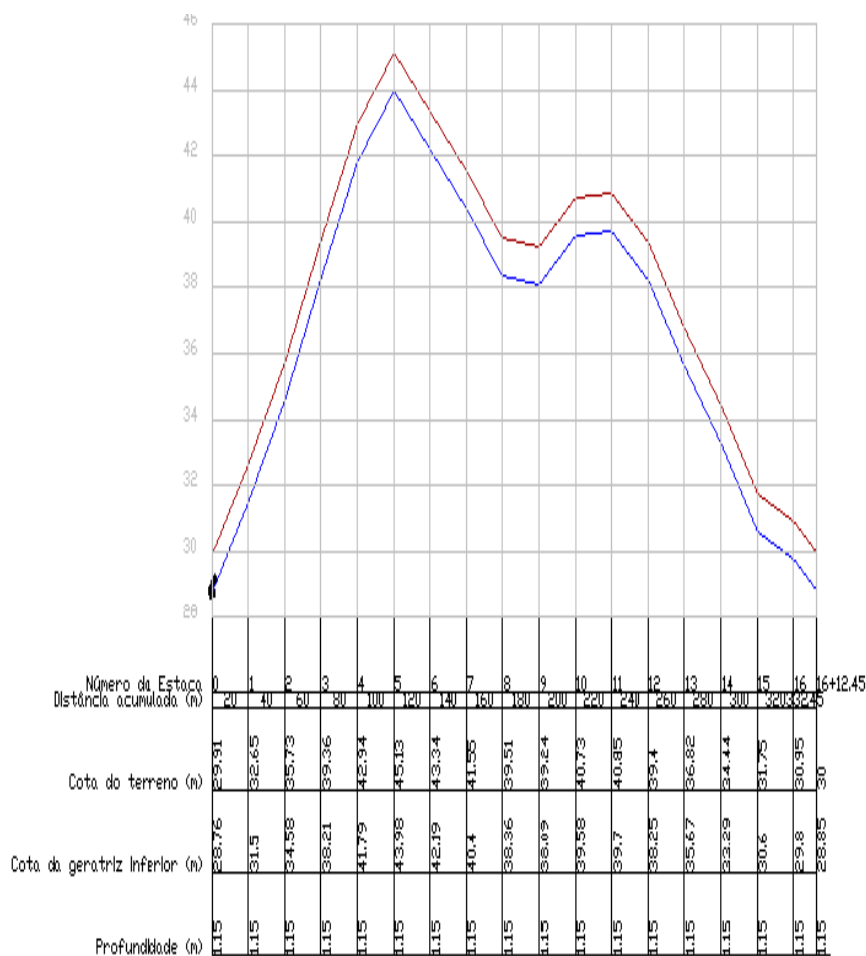


Figura 13: Perfil do terreno e da adutora gerado pelo programa UFC3.

A segunda inclui, além do perfil do terreno e da adutora, as linhas: piezométrica, de carga máxima e de carga mínima. Esses dados são extraídos a partir da utilização da plataforma UFC6, software de cálculo do transiente hidráulico. Entretanto, para traçar somente o perfil do terreno e da adutora, não é necessário utilizar do programa UFC6. A figura 14 apresenta o perfil longitudinal completo de uma adutora qualquer.

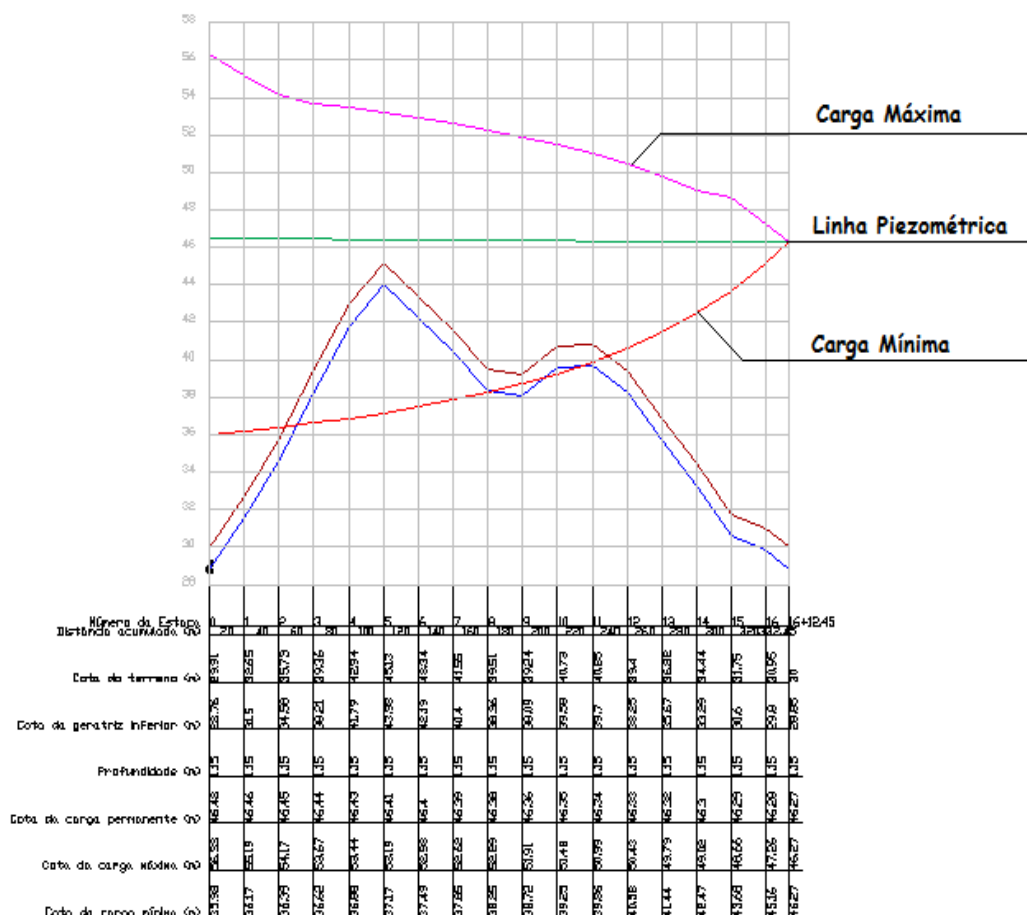


Figura 14: Perfil do completo (Terreno, Adutora e Linhas de Cargas) gerado pelo programa.

As informações presentes na zona inferior do desenho do perfil mostrado na figura 14 são: número da estaca; distância acumulada; cota do terreno; cota da geratriz inferior; profundidade; cota da carga permanente; cota da carga máxima; cota da carga mínima. Para o perfil mostrado no primeiro caso as informações são as mesmas, exceto pela ausência das três cargas finais.

CONCLUSÕES

Foram realizados vários testes em redes reais e fictícias e observou-se a bom desempenho do programa. Dessa maneira, o programa UFC3 conseguiu atingir seus objetivos: automatização ao inserir elementos conectivos e fornecer elementos de auxílio à composição de projeto. Isso traz maior rapidez, redução de gastos e aumento qualidade do projeto final. Alguns desvios de rotação podem ser encontrados, mas nada que ofusque o desempenho do programa.

O software UFC3, ferramenta desenvolvida neste trabalho, cujos focos estão voltados para inserção de conexões, gerar quantitativos e planilhas de resultados para uma rede de abastecimento de água traçada a partir da plataforma AutoCAD. É uma ferramenta que complementa o traçado do projeto de rede, pois, insere elementos indispensáveis à rede com maior praticidade. O programa ainda auxilia na elaboração do memorial cálculo, pois as planilhas de resultados já minimizam todo trabalho da coleta e formatação dos mesmos. Além disso, a planilha de quantitativos ajuda na construção do orçamento final com maior precisão.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Epanet 2.0 Manual do Usuário. Paraíba: UFPB, 2006. 197p.
2. BRASIL. Manual de Saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 407p.
3. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Universidade Federal de Minas Gerais: Editora UFMG, 2006. 859p.
4. MATSUMOTO, E. Y. AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.
5. KRAMER, B.; GIBB, J. AutoCAD VBA Programming. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.
6. PERRY, G. Aprenda em 21 dias Visual Basic6. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844p.
7. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 2ª ed. São Carlos: EESC/USP, 2001. 519p.
8. TSUTIYA, M. T. Universidade de São Paulo. Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2004. 643p.
9. VALDIVINO, R. S. A. Uma Ferramenta Computacional Para Auxílio Em Projetos De Sistemas De Abastecimento D'água. Fortaleza. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará 2011.