



## **I-039 - COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA PARA INSERIR CONEXÕES E GERAR QUANTITATIVOS EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

**Renata Shirley de Andrade Valdivino<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Marco Aurélio Holanda de Castro<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil, PhD., Drexel University -USA. Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Coordenador da Pós-Graduação em Engenharia Civil - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Bloco 713, CEP: 60450-970, Fortaleza, Ceará, Brasil. Telefone: (85) 3366.9621, Fax: (85) 33669589. E-mail: [re\\_shirley@hotmail.com](mailto:re_shirley@hotmail.com)

### **RESUMO**

A confecção de projetos é uma ferramenta de grande importância na engenharia, no entanto, é uma atividade em que algumas de suas etapas são onerosas e repetitivas. Para projetos de redes de abastecimento de água essa situação não é diferente. Assim com o objetivo de reduzir o tempo gasto e garantir a qualidade e eficiência do projeto final, a automação vem ganhando espaço e importância nos projetos de engenharia. O programa UFC3 é um aplicativo desenvolvido nas linguagens AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) e VB (Visual Basic), que possui recursos gráficos para desenvolvimento de projetos dentro AutoCAD que é um software muito conhecido e utilizado nas áreas de atuação da engenharia. Esse aplicativo foi desenvolvido para auxiliar o traçado de redes de abastecimento de água, possibilitando a inserção de conexões nos encontros entre os trechos de uma tubulação que tenha sido desenhada com a utilização do aplicativo UFC2, que é uma plataforma hidráulica que traça redes de abastecimento de água. O programa UFC3 permite que sejam inseridas conexões do tipo: cruzeta junta elástica, cruzeta trava interna, cruzeta trava externa; Te com flange, Te junta elástica, Te trava interna, Te trava externa; curvas de 90°, 45° e 22.5° podendo ser junta elástica, trava interna e trava externa; luvas; junções; reduções; adaptadores; cap e registros. Além disso, o programa numera todas as conexões inseridas de acordo dados captados do software EPANET. Permitindo que haja uma melhor visualização e interação em os projetos. Também possui uma função de listagem das conexões e uma função que faz contagem dos elementos de projeto para gerar os quantitativos da rede.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conexões, Software, Quantitativos, Projeto Hidráulico.

### **INTRODUÇÃO**

Em Heller et al. (2006), uma rede distribuição é definida como a unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, em regime contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) localizados em uma cidade, vila ou outro tipo de aglomeração urbana.

A rede de distribuição de água é a parte mais importante de um projeto global de um sistema de abastecimento. Isso ocorre, porque uma rede de distribuição de água é composta por partes bastante complexas. E, como é a parte do complexo de abastecimento que se encontra mais próximo dos usuários, merece toda atenção, principalmente, durante e depois do projeto, para garantir qualidade, vazão e controle de perdas de água.

Um motivo que revela a real importância para se desenvolver um projeto de uma rede de abastecimento com precisão e qualidade, é que a obra projetada quando for executada corresponde a cerca de 50 a 75% do custo total de implantação de todo o sistema de abastecimento. Além disso, o projeto de uma rede desse tipo é muito dispendioso, ou seja, requer uma atenção redobrada do projetista, para que ao final do trabalho obtenha-se um projeto viável, eficiente e que atenda as necessidades dos usuários.



Atualmente, tem crescido o mercado de novas tecnologias em diversas áreas, na engenharia não é diferente. Uma vez que, a utilização de softwares para o desenvolvimento de trabalhos ajuda a melhorar a performance do resultado final, fornecendo dados mais confiáveis. Em projetos de engenharia é de fundamental importância que se tenha atenção durante o traçado, mas como esse tipo de atividade requer tempo e esforço do projetista, algumas vezes, o traçado do projeto pode vir a ter erros.

Pensando nisso, o grupo de hidráulica computacional 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 fazer a simulação hidráulica por meio do software EPANET(desenvolvido pela EPA - Environmental Protection Agency).

Uma vez que o programa UFC2 faz um intercambio entre o software AutoCAD (desenvolvido pela Autodesk) e o software EPANET(desenvolvido pela EPA), mas para o traçado ficar completo, faltava a representação das conexões utilizadas no projeto. Por isso, foi proposto o desenvolvimento de um novo software chamado de UFC3 para que fosse capaz de inserir as conexões nos encontros da rede automaticamente e de gerar uma planilha de quantitativos de todos os componentes da rede. Essa ferramenta é o elemento principal que dará estrutura a este trabalho.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O programa UFC3 foi desenvolvido nas linguagens de programação do AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) que são linguagens do próprio AutoCAD, um programa de Cad muito difundido mercado e utilizando também uma linguagem de programação externa conhecida como VB (Visual Basic).

A representação gráfica de cada elemento usado no programa (conexões e suas, respectivas legendas) foi baseada em modelos usados nos projetos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Baseadas na figura 1:

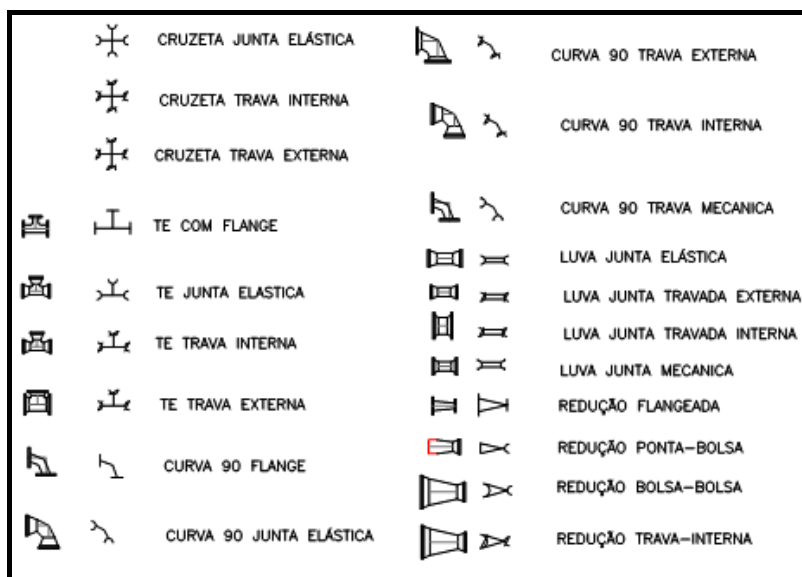


Figura 1: Quadro de símbolos representativos para conexões.

Foram selecionados tipos de conexões que são mais utilizados nos projetos. Entre eles estão: cruzeta, Te, curvas de 22.5°, 45° e 90°, luvas, redução, adaptador, cap, junção e registro. As representações da legenda de cada uma das conexões também foram definidas e inseridas na rotina do programa. Entre todas as conexões, somente o conector CAP não possui legenda, uma vez que nos projetos estudados na pesquisa não havia legenda para o cap.

Durante a instalação dessas conexões numa obra observou-se que alguns tipos de conexões podem ter sua angulação um pouco modificada durante a instalação, daí se estabeleceu para o programa certa margem de limitação, tanto para mais quanto para menos, para inserir as conexões no projeto.



O programa também utiliza dados do software EPANET, esses dados foram utilizados para formular uma função para inserir numeração nos tubos e nas conexões. Desenvolveu-se essa função, para poder facilitar o intercâmbio entre os projetos do AutoCAD (.dwg) e os projetos gerados no EPANET (.inp).

Também foi desenvolvida uma função foi chamada de listar para uma listagem de todas as conexões da rede e refaz o desenho de todas elas e a sua, respectiva, numeração em uma nova janela do AutoCAD e ainda uma função que cria um bloco de legenda das conexões.

A segunda parte do software UFC3 é a geração de uma planilha com quantitativos da rede. Essa função foi elaborada utilizando o Visaul Basic. A quantificação consistia em calcular as quantidades de cada tipo de conexão e as quantidades, em metros, da tubulação. Esses dados deveriam estar separados por tipo, diâmetro e material.

Utilizou-se outros itens que se fazem importantes para a elaboração de uma planilha de quantitativos. Esses itens obtidos através da tabela da SEINFRA - Secretaria de infra-estrutura do estado do Ceará – como cadastro de rede de água e de adutora, locação da rede de água e locação nivelamento da adutora, trânsito, segurança e travessia, movimento de terra, escoramentos, assentamentos de tubos e conexões.

E para definir os parâmetros iniciais da planilha, implementou-se na função do default novas funções para armazenar os valores iniciais necessários para gerar a planilha são eles: altura mínima de escoramento, recobrimento mínimo e precisão. Os valores que foram adotados para essas variáveis foram obtidos através da CAGECE. Os valores são os seguintes:

$$\begin{aligned} \text{Altura mínima de escoramento (metros)} &= 1.25 \\ \text{Recobrimento mínimo (metros)} &= 0.90 \end{aligned}$$

Volume de escavação é calculado da seguinte equação:

$$V_{ESC} = (\text{Recobrimento} \times \text{Dia}) \times \text{Vala} \times \text{Comprimento} \quad (\text{equação 1})$$

Depois de calcular os volumes de escavação para todos os trechos, o programa realiza a soma de todos esses valores e obtém o valor total do volume a ser escavado  $V_{ET}$  como mostra a equação 2.

$$V_T = \sum V_{ESC} \quad (\text{equação 2})$$

O cálculo da área que necessita de escoramento, esse procedimento é realizado com a intenção de garantir a segurança e evitar desabamentos. Utiliza-se uma altura mínima de escoramento 1.25 (metros), para profundidades superiores a ela, calcula-se a área de escoramento ( $A_{ESC}$ ). Calcula-se a área média a ser escorada ( $A_M$ ) que é o produto entre a profundidade média ( $P_M$ ) e a precisão estabelecida ( $P$ ) (de 1 em 1 metro até de 5 em 5 metros), como na equação 3.

$$A_M = P_M \times P \quad (\text{equação 3})$$

E, ainda, tem-se a expressão usada para calcular o valor da área escorada mostrada na equação 4.

$$A_{ESC} = 2(A_M \times L) \quad (\text{equação 4})$$

Onde  $L$  é o comprimento total da área escorada.

Calcula-se, ainda, o valor do bota-fora (BT) que é igual ao volume ocupado pela tubulação. Esse valor é utilizado para o cálculo de reaterro ( $V_{RE}$ ) que é a diferença entre o volume total de escavação e o de bota-fora. Como mostra a equação 5.

$$V_{RE} = V_{ET} - BT \quad (\text{equação 5})$$

As demais funções são as seguintes, a primeira é o cálculo de perdas de material onde se define um índice em porcentagem para o cálculo das perdas de tubulação e conexão. O default do programa para o cálculo desse índice é de 5% para tubos e conexões.



A segunda é a para definição dos elementos de segurança, trânsito e travessia. Para a travessia é calculado através da área do passadiço de madeira e multiplica pela a extensão da rede. Para o trânsito e segurança através do produto entre a extensão em metros da sinalização pela extensão da rede e da divisão entre a extensão da rede por cada unidade de sinalização de advertência utilizada.

O default para cada um desses itens é:

- *Passadiços de madeira (metros quadrados) = 0.05*
- *Sinalização noturna (metros) = 0.5*
- *Sinalização de advertência = 300*

A terceira é a rotina para refazer o cálculo no caso de alguma alteração, após a geração da planilha. Por último, é a rotina que envia os dados uma planilha gerada em Visual Basic para o Excel.

## 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 UFC3. Esse ícone esta representado abaixo na figura 2.

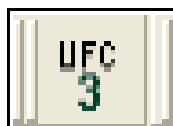


Figura 2: Iniciar seção.

Quando o programa é executado uma nova barra de ferramentas é inserida dentro da janela do AutoCAD. Essa palheta contém todas as funções disponíveis do programa, como mostra a figura 3.

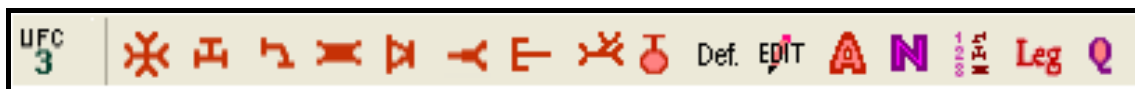


Figura 3: Palhetas de ferramentas do programa UFC3.

O programa reconhece se, no local de inserção da conexão, existe tubulação traçada com as devidas configurações e se a mesma está adequada para receber o tipo de conexão escolhida. Maneira essa que evita a ocorrência de erros grosseiros, causados pela falta de atenção, ou mesmo pelo desgaste físico e mental do projetista. A seguir, na figura 4, estão descritas a função de cada elemento mostrado na figura 3:

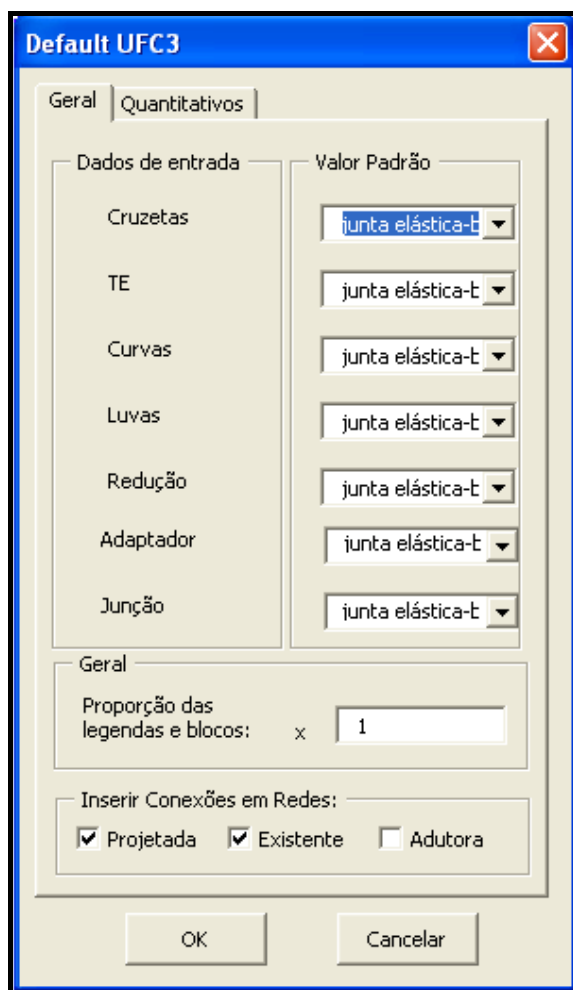


	<b>Iniciar Seção</b> - Carrega a barra de ferramentas do programa UFC3
	<b>Botão Cruzetas</b> - Insere conexões tipo cruzetas
	<b>Botão TE</b> - Insere conexões tipo te
	<b>Botão Curvas</b> - Insere conexões tipo curvas
	<b>Botão Luvas</b> - Insere conexões tipo luvas
	<b>Botão Redução</b> - Insere conexões tipo redução
	<b>Botão Adaptador</b> - insere adaptador na rede
	<b>Botão Junção</b> - Insere junções na rede
	<b>Botão Registro</b> - insere registro
	<b>Botão Cap</b> - Insere conexões tipo Cap
	<b>Botão Default</b> - Define os padrões do programa UFC3
	<b>Botão Edit</b> - Edita as conexões
	<b>Botão Automático</b> - Insere as conexões automaticamente na rede
	<b>Botão Números</b> - Insere a numeração nas conexões da rede
	<b>Listar Conexões</b> - Lista as conexões em um novo desenho do AutoCAD
	<b>Botão Legenda</b> - insere uma legenda com todas as conexões
	<b>Botão Quantitativo</b> - gera quantitativos da rede projetada

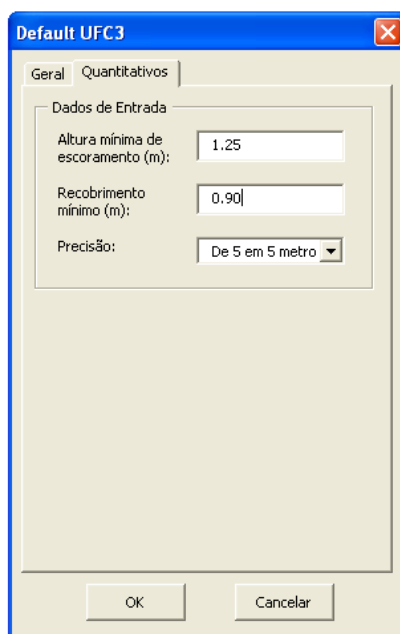
Figura 4: Quadro de funções dos elementos do programa.

#### Default

O default possui duas páginas para modificações e visualizações: a Geral e Quantitativo. Na página geral, estão contidos os dados de entrada: cruzetas, tes, curvas, luvas, reduções, adaptadores e junções. E nela o usuário pode modificar o valor padrão para cada objeto inserido e a escala para legendas e blocos.

**Figura 5: Default do programa.**

Na aba de quantitativos é onde são definidos os dados de entrada usados para gerar a planilha.

**Figura 6: Default de quantitativos.**



### Edit do programa

Esta função permite que o usuário possa modificar características das conexões, caso elas já estejam inseridas.

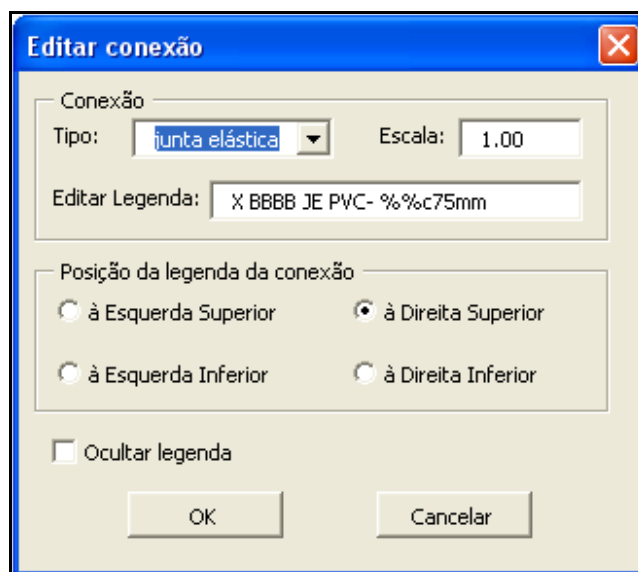


Figura 7: Edit do programa.

As demais conexões cruzetas, tes, curvas, luvas, adaptadores, reduções, registros, junções e caps podem ser inseridas manualmente ou automaticamente. Para inserir automaticamente, existe a função Automático, como mostra a figura 8:

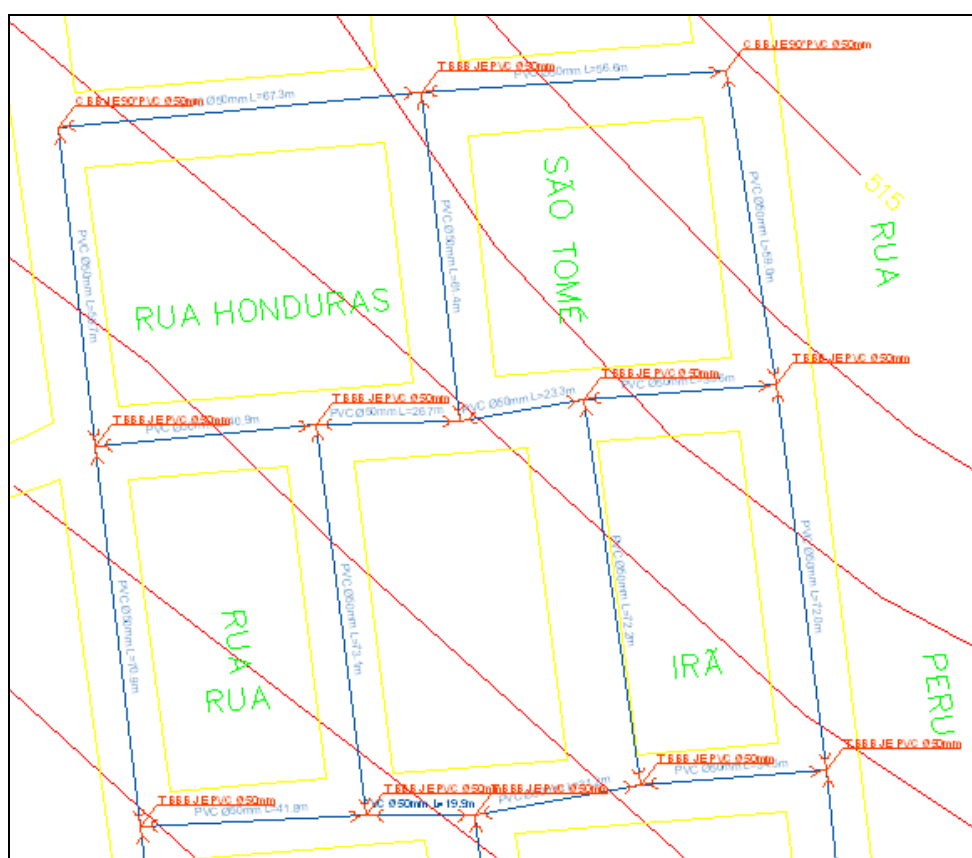


Figura 8: Rede com as conexões inseridas pelo programa.

### Função Numerar

Essa função permite numerar as conexões e as tubulações da rede.

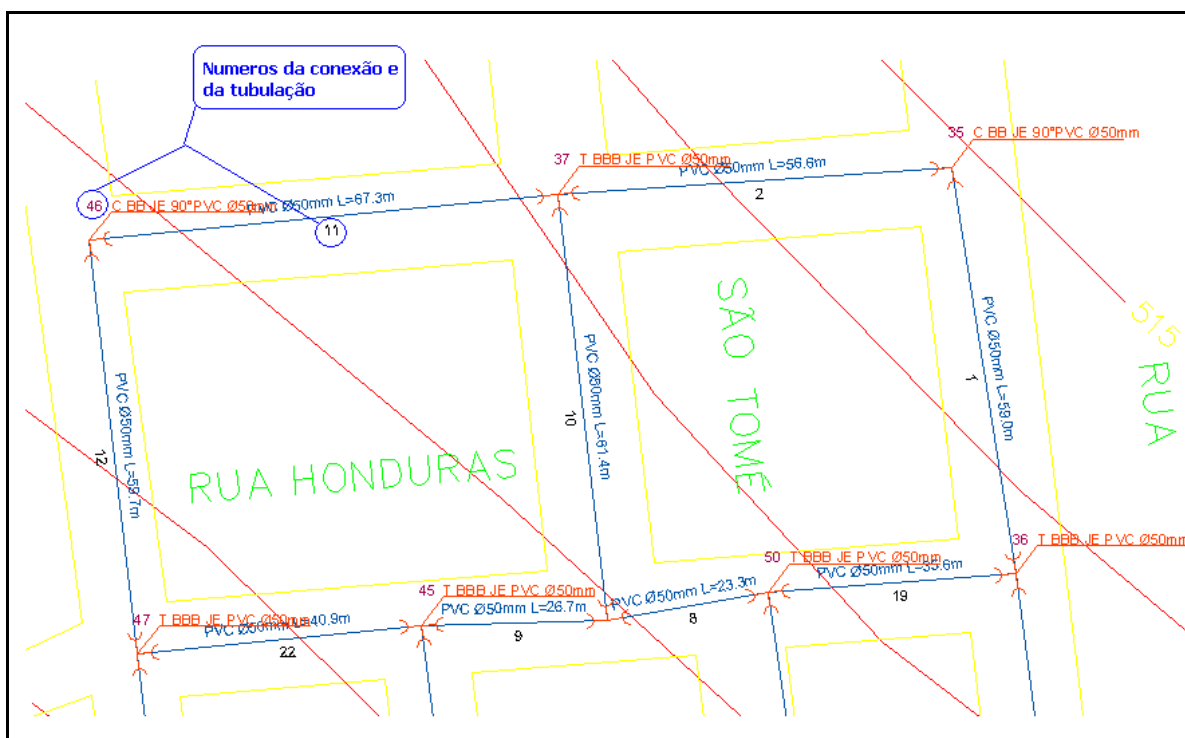


Figura 9: Exemplo dos números na rede.

### Função Listar

Lista todas as conexões que foram inseridas em uma nova página do AutoCAD. Como na figura 10.

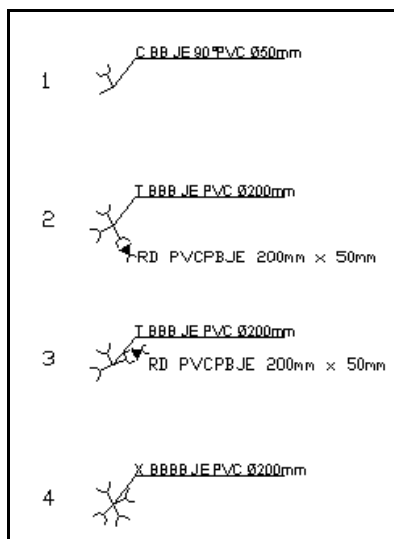


Figura 10: Exemplo da lista de conexões.





## Função Legenda

Essa função insere um quadro de legenda para as conexões.

LEGENDA - CONEXÕES	
	Cruzeta
	Te
	Curva
	Luva
	Redução
	Adaptador
	Cap
	Registro

Figura 11: Legenda do programa.

## Quantitativo

Gera os quantitativos de toda a rede (tubulação e conexões) como a quantidade de movimento de terra, quantidade de material, cadastro de rede e adutora. A partir dele pode ser gerado um orçamento inicial, uma vez que a planilha gerada pode ser transferida, com todos os dados, para o Excel.

UFC3 - Quantitativos de Rede de Abastecimento de Água			
Arquivo Modificar Quantitativos			
P T R			
Autora: Renata Shirley de Andrade Valdivino - Orientador: Marco Aurélio Holanda de Castro			
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
CADASTRO			
Cadastro de rede de água (MEIO MAGNÉTICO)	m	1093.50	
Cadastro de Adutora	m	511.99	
LOCAÇÃO			
Locação de rede de água	m	1093.50	
Locação e nivelamento de adutora	m	511.99	
TRÂNSITO, SEGURANÇA E TRAVESSIA			
Passadiços com pranchas em madeira	m²	80.27	
Sinalização noturna de trânsito com barreiras	m	802.75	
Sinalização de advertência	un.	6.00	
MOVIMENTO DE TERRA			
Escavação com profundidade até 2 metros	m³	750.73	
Aterro com profundidade até 2 metros	m³	0.25	
Reaterro de valas	m³	738.40	
Bota-fora	m³	12.33	
ESCORAMENTO			
Escoramento até 2 metros	m²	589.88	
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES			
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 100 mm	m	342.83	
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 150 mm	m	337.40	
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 75 mm	m	275.37	
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 50 mm	m	265.02	
Assentamento de tubos e conexões em PVC- DN 80 mm	m	384.87	
FORNECIMENTO DE MATERIAL			
CURVA BB JE 90 PVC DN 50 mm	un.	8.00	
TÊ BBB JE PVC DN 75 mm	un.	3.00	

Figura 12: Planilha gerada pelo programa.



## CONCLUSÕES

O software UFC3, programa para inserção de conexões e gerar quantitativos de uma rede de abastecimento de água traçada a partir da plataforma UFC2, é uma ferramenta que complementa o traçado do projeto de rede, pois, insere elementos indispensáveis à rede com maior praticidade e, ainda, gera uma planilha de quantitativos que auxiliará na construção do orçamento final com maior precisão.

Isso faz com que gastos desnecessários de tempo com esse tipo de trabalho, que é muito oneroso e cansativo para o projetista, sejam diminuídos. E menos cansaço implica em redução de erros grosseiros no projeto, uma maior velocidade na conclusão do projeto final, ou seja, cumprimento de prazos, e aproximação do desenho teórico, da realidade de projeto. Além disso, outra vantagem muito importante do programa é a sua facilidade de manuseio pelo usuário, pois a sua interface é auto-explicativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KRAMER, B.; GIBB, J. *AutoCAD VBA Programming*. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.
2. KRAMER, W. *Programando em AutoLISP*. São Paulo: Makron Books, 1995. 274 p.
3. MATSUMOTO, E. Y. *AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD*. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.
4. PERRY, G. *Aprenda em 21 dias Visual Basic6*. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844p.
5. PORTO, R. M. *Hidráulica Básica*. 2ª ed. São Carlos: EESC/USP, 2001. 519p.
6. TSUTIYA, M. T. Universidade de São Paulo. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2004. 643p.