

# Instalações

*Manual do utilizador*

*Tradução e Adaptação: Top – Informática, Lda.*



**IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUER A SUA ATENÇÃO E A SUA LEITURA**

A informação contida neste documento é propriedade da CYPE Ingenieros, S.A. e nenhuma parte dela pode ser reproduzida ou transferida sob nenhum conceito, de nenhuma forma e por nenhum meio, quer seja electrónico ou mecânico, sem a prévia autorização escrita da CYPE Ingenieros, S.A.

Este documento e a informação nele contida são parte integrante da documentação que acompanha a Licença de Utilização dos programas informáticos da CYPE Ingenieros, S.A. e da qual são inseparáveis. Por conseguinte, está protegida pelas mesmas condições e deveres. Não esqueça que deverá ler, compreender e aceitar o Contrato de Licença de Utilização do software, do qual esta documentação é parte, antes de utilizar qualquer componente do produto. Se NÃO aceitar os termos do Contrato de Licença de Utilização, devolva imediatamente o software e todos os elementos que o acompanham ao local onde o adquiriu, para obter um reembolso total.

Este manual corresponde à versão do software denominada por CYPE Ingenieros, S.A. como Instalações. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. A informação contida neste documento pode ter sido modificada posteriormente à edição mecânica deste livro sem prévio aviso. O software que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.

Para seu interesse, CYPE Ingenieros, S.A. dispõe de outros serviços, entre os quais se encontra o de Actualizações, que lhe permitirá adquirir as últimas versões do software e a documentação que o acompanha. Se tiver dúvidas relativamente a este texto ou ao Contrato de Licença de Utilização do software, ou se quiser contactar a CYPE Ingenieros, S.A., pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado ou ao Departamento Posventa da CYPE Ingenieros, S.A. na direcção:

Avda. Eusebio Sempere, 5 – 03003 Alicante (Spain)

Tel: +34 965 92 25 50 – Fax: +34 965 12 49 50 – <http://www.cype.com>

© CYPE Ingenieros, S.A.

1ª Edição (Novembro 2006)

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®



## Índice geral

Apresentação .....	15	1.1.2.2.3. Consideração de elementos especiais .....	27
<b>Generalidades.....</b>	<b>17</b>	1.1.2.3. Escavações.....	29
1. Ajudas no ecrã .....	17	1.1.2.3.1. Características do terreno.....	29
1.1. Tecla F1.....	17	1.1.2.3.2. Medição.....	30
1.2. Ícone com o sinal de interrogação.....	17	1.1.2.3.3. Limitações .....	30
1.3. Ícone em forma de livro.....	17	1.1.3. Cálculo (Opção Calcular).....	30
1.4. Guia rápido .....	17	1.1.3.1. Formulação tubagens .....	30
2. Perguntas e respostas .....	17	1.1.3.2. Tubagens com consumos distribuídos .....	32
<b>Infraestruturas Urbanas .....</b>	<b>21</b>	1.1.3.3. Formulação válvulas.....	32
<b>1. Memórias de cálculo.....</b>	<b>23</b>	1.1.3.4. Formulação bombas .....	33
1.1. De Abastecimento de água.....	23	1.1.3.5. Resolução do sistema malhado .....	34
1.1.1. Introdução.....	23	1.1.3.6. Dimensionamento (Opção Dimensionar).....	34
1.1.2. Dados prévios.....	23	1.1.3.7. Unidades.....	35
1.1.2.1. Condições do fornecimento .....	23	1.2. De Saneamento .....	36
1.1.2.1.1. Consumos .....	23	1.2.1. Introdução .....	36
1.1.2.1.2. Consumos distribuídos (caudal de percurso) .....	24	1.2.2. Dados prévios .....	36
1.1.2.1.3. Depósitos ou alimentação da rede.....	25	1.2.2.1. Condições de recolha .....	36
1.1.2.1.4. Velocidade nas condutas.....	25	1.2.2.1.1. Caudais recolhidos pela rede.....	36
1.1.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento .....	26	1.2.2.1.2. Caudais distribuídos .....	38
1.1.2.2. Condutas .....	26	1.2.2.1.3. Infiltração.....	38
1.1.2.2.1. Materiais .....	26	1.2.2.1.4. Ponto de descarga.....	38
1.1.2.2.2. Diâmetros .....	26	1.2.2.1.5. Velocidade nos colectores.....	38
		1.2.2.2. Colectores.....	39
		1.2.2.2.1. Materiais .....	39
		1.2.2.2.2. Geometria.....	41

1.2.2.2.3. Diâmetros.....	43	1.3.2.1.5. Tensão nos pontos de consumos .....	50
1.2.2.3. Escavações .....	43	1.3.2.2. Cabos .....	50
1.2.2.3.1. Características do terreno .....	43	1.3.2.2.1. Material condutor .....	50
1.2.2.3.2. Medição .....	43	1.3.2.2.2. Isolamento .....	50
1.2.2.3.3. Limitações.....	44	1.3.2.2.3. Secções .....	50
1.2.3. Cálculo (Opção: Calcular) .....	44	1.3.2.2.4. Incremento de comprimento.....	51
1.2.3.1. Formulação .....	44	1.3.3. Cálculo (Opção: Calcular) .....	51
1.2.3.1.1. Fórmula de Prandtl-Colebrook .....	44	1.3.3.1. Formulação .....	51
1.2.3.1.2. Formulação geral de Chesy .....	46	1.3.3.1.1. Cálculo eléctrico em regime permanente .....	51
1.2.3.1.3. Fórmula de Manning-Strickler .....	46	1.3.3.1.2. Cálculo da corrente máxima de curto-circuito em tramos .....	52
1.2.3.1.4. Fórmula de Tadini.....	46	1.3.3.1.3. Cálculo da corrente de curto-circuito mínima .....	52
1.2.3.1.5. Fórmula de Bazin.....	46	1.3.3.1.4. Curto-circuito nos bornes do primário do transformador .....	53
1.2.3.1.6. Fórmula de Sonier .....	46	1.3.3.1.5. Curto-circuito nos bornes do secundário do transformador .....	53
1.2.3.1.7. Fórmula de Kutter .....	46	1.3.3.2. Instalações com consumos distribuídos.....	54
1.2.3.1.8. Fórmula de Ganguillet-Kutter .....	47	1.3.3.3. Resolução do sistema malhado .....	54
1.2.3.2. Colectores com caudais afluentes distribuídos .....	47	1.3.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar).....	55
1.2.3.3. Dimensionamento (Opção: Dimensionar) .....	47	1.3.3.5. Unidades .....	55
1.2.3.4. Unidades .....	48	1.4. De Gás.....	57
1.3. De Electricidade .....	48	1.4.1. Introdução.....	57
1.3.1. Introdução .....	48	1.4.2. Dados prévios.....	57
1.3.2. Dados prévios .....	49	1.4.2.1. Condições do fornecimento .....	57
1.3.2.1. Condições de abastecimento .....	49	1.4.2.1.1. Consumos .....	57
1.3.2.1.1. Consumos.....	49	1.4.2.1.2. Consumos distribuídos .....	58
1.3.2.1.2. Consumos distribuídos.....	49		
1.3.2.1.3. Alimentação da rede.....	49		
1.3.2.1.4. Intensidade nos condutores.....	50		

1.4.2.1.3. Alimentação da rede .....	58	3.1.1.3. Separador Limites.....	72
1.4.2.1.4. Velocidade nas condutas.....	58	3.1.1.4. Separador Coeficientes .....	72
1.4.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento .....	58	3.1.1.5. Separador Escavações .....	72
1.4.2.2. Condutas.....	59	3.1.2. Hipóteses.....	72
1.4.2.2.1. Materiais .....	59	3.1.3. Combinações .....	73
1.4.2.2.2. Diâmetros .....	59	3.1.4. Introdução da geometria.....	73
1.4.2.2.3. Consideração de elementos especiais.....	59	3.1.5. Edição de nós.....	75
1.4.2.3. Escavações .....	59	3.1.6. Edição de tramos .....	76
1.4.2.3.1. Características do terreno .....	60	3.1.7. Cálculo.....	77
1.4.2.3.2. Medição .....	60	3.2. Saneamento .....	78
1.4.2.3.3. Limitações.....	60	3.2.1. Dados gerais .....	79
1.4.3. Cálculo (Opção: Calcular) .....	60	3.2.1.1. Separador Geral .....	79
1.4.3.1. Formulação .....	61	3.2.1.2. Separador Parâmetros .....	80
1.4.3.2. Condutas com consumos distribuídos.....	61	3.2.1.3. Separador Limites.....	80
1.4.3.3. Resolução do sistema malhado .....	62	3.2.1.4. Separador Coeficientes .....	81
1.4.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar) .....	62	3.2.1.5. Separador Escavações .....	81
1.4.3.5. Unidades.....	63	3.2.2. Hipóteses.....	81
<b>2. Conceitos básicos.....</b>	<b>65</b>	3.2.3. Combinações .....	81
2.1. Listagens .....	66	3.2.4. Introdução da geometria.....	81
2.2. Desenhos.....	66	3.2.5. Edição de nós.....	83
<b>3. Exemplos práticos.....</b>	<b>69</b>	3.2.6. Edição de tramos .....	84
3.1. Abastecimento de Água.....	69	3.2.7. Cálculo.....	84
3.1.1. Dados gerais.....	71	3.3. Electricidade .....	87
3.1.1.1. Separador Geral.....	71	3.3.1. Dados gerais .....	89
3.1.1.2. Separador Parâmetros.....	72	3.3.1.1. Separador Geral .....	89
		3.3.1.2. Separador Parâmetros .....	90
		3.3.1.3. Separador Limites.....	90
		3.3.1.4. Separador Coeficientes .....	90
		3.3.1.5. Separador Escavações .....	91

3.3.2. Hipóteses .....	91	1.1.2.2. Linhas monofásicas .....	110
3.3.3. Combinações .....	91	1.1.2.3. Correção da resistência com a temperatura .....	110
3.3.4. Introdução da geometria .....	91	1.1.3. Cálculo de curto-circuito .....	110
3.3.5. Edição de nós .....	93	1.1.3.1. Tipos de curto-circuito .....	110
3.3.6. Edição de tramos .....	94	1.1.3.2. Cálculo de curto-circuito trifásico no início da linha .....	110
3.3.7. Cálculo .....	94	1.1.3.3. Cálculo de curto-circuito monofásico no final da linha .....	111
3.4. Gás .....	95	1.1.4. Curto-circuito em instalações interiores .....	111
3.4.1. Dados gerais .....	96	1.1.4.1. Dados: Impedância curto-circuito a montante .....	111
3.4.1.1. Separador Geral .....	96	1.1.4.2. Dados: Características do transformador do cliente .....	111
3.4.1.2. Separador Parâmetros .....	98	1.1.4.3. Dados: Características do transformador da companhia .....	112
3.4.1.3. Separador Limites .....	98	1.1.4.4. Dados: Intensidade de curto-circuito no ramal – Aproximado .....	112
3.4.1.4. Separador Coeficientes .....	98	1.1.4.5. Dados: Potência do transformador da companhia – Aproximado .....	112
3.4.1.5. Separador Escavações .....	98	1.1.4.6. Dados: Nenhum – Aproximado .....	112
3.4.2. Hipóteses .....	98	1.2. Verificações realizadas no QC: Caixa de Corte Geral .....	113
3.4.3. Combinações .....	99	1.2.1. Verificações gerais QC: Caixa de Corte Geral, Caixa de Barramentos e Caixa de Protecção das Saídas .....	115
3.4.4. Introdução da geometria .....	99	1.2.1.1. Tipo de Caixa de Corte Geral .....	115
3.4.5. Edição de nós .....	100	1.2.1.2. Tipo de Caixa de Barramentos .....	115
3.4.6. Edição de tramos .....	101	1.2.2. Colunas Montantes .....	115
3.4.7. Cálculo .....	102	1.2.2.1. As Colunas Montantes deverão ser trifásicas e de secção maior que 10 mm <sup>2</sup> .....	115
<b>Cypelec .....</b>	<b>107</b>	1.2.2.2. Queda de tensão máxima .....	115
<b>1. Memória de cálculo .....</b>	<b>109</b>	1.2.2.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente .....	115
1.1 Cálculos eléctricos básicos .....	109		
1.1.1. Cálculo de cargas .....	109		
1.1.1.1. Cargas monofásicas .....	109		
1.1.1.2. Cargas trifásicas .....	109		
1.1.2. Quedas de tensão .....	109		
1.1.2.1. Linhas trifásicas .....	109		

1.2.2.4. Secção normalizada e definida .....	115	1.3.3.2. O calibre do fusível é normalizado.....	121
1.2.2.5. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro .....	116	1.3.3.3. Tensão de utilização válida .....	121
1.2.2.6. Condutor de protecção da coluna .....	116	1.3.3.4. Poder de corte suficiente.....	121
1.2.3. Protecções.....	116	1.3.4. Protecções contra sobreintensidade .....	121
1.2.3.1. O fusível deve ser do tipo gL/gG .....	116	1.4. Verificações realizadas nas Caixas de Coluna .....	122
1.2.3.2. O calibre do fusível deverá ser normalizado.....	116	1.4.1. Verificações das entradas .....	124
1.2.3.3. Tensão de utilização válida.....	116	1.4.1.1. Secção das saídas .....	124
1.2.3.4. Poder de corte suficiente .....	116	1.4.1.2. Queda de tensão .....	124
1.2.4. Protecções contra sobreintensidades.....	117	1.4.1.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente .....	124
1.2.4.1. Calibre da protecção adequada à utilização .....	117	1.4.1.4. Secção normalizada .....	124
1.2.4.2. Calibre da protecção adequada ao calibre do cabo .....	117	1.4.1.5. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro .....	124
1.2.4.3. Protecção da canalização contra sobrecargas .....	117	1.4.1.6. Condutor de protecção das entradas .....	124
1.2.4.4. Protecção da canalização contra curto-circuitos.....	117	1.4.1.7. Diâmetro mínimo do tubo.....	124
1.3. Verificações realizadas no QC: Caixa de Protecção das Saídas .....	119	1.4.2. Protecção das saídas .....	124
1.3.1. Verificações gerais QC: Caixa de Protecção das Saídas.....	121	1.4.2.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG.....	124
1.3.1.1. Tipo de Caixa de Protecção das Saídas.....	121	1.4.2.2. O calibre do fusível é normalizado.....	124
1.3.2. Colunas Montantes.....	121	1.4.2.3. Tensão de utilização válida .....	124
1.3.2.1. As Colunas Montantes deverão ser trifásicas e de secção maior que 10 mm <sup>2</sup> .....	121	1.4.2.4. Poder de corte suficiente.....	124
1.3.2.2. Queda de tensão .....	121	1.4.3. Protecções sobreintensidade no esquema .....	125
1.3.2.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente .....	121	1.5. Circuitos interiores – Habitações .....	126
1.3.3. Protecção da coluna.....	121	1.5.1. Linhas interiores de habitações .....	127
1.3.3.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG .....	121	1.5.1.1. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente .....	127
		1.5.1.2. Queda de tensão .....	128
		1.5.1.3. Secção normalizada .....	128
		1.5.1.4. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro .....	128

1.5.1.5. Conductor de protecção .....	128	1.5.9. Verificações aos espaços de telecomunicações.....	130
1.5.1.6. Diâmetro mínimo do tubo .....	128	1.6. Circuitos interiores – Instalações gerais .....	131
1.5.2. Protecção interiores de habitações - fusíveis.....	128	1.6.1. Linhas interiores gerais .....	133
1.5.2.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG .....	128	1.6.1.1. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente .....	133
1.5.2.2. O calibre do fusível é normalizado .....	128	1.6.1.2. Queda de tensão .....	133
1.5.2.3. Tensão de utilização válida.....	128	1.6.1.3. Secção normalizada .....	133
1.5.3. Protecções interiores de habitações – disjuntores.....	128	1.6.1.4. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro .....	133
1.5.3.1. O calibre do disjuntor é normalizado – Só EN/UNE 60898 .....	128	1.6.1.5. Conductor de protecção .....	133
1.5.3.2. Tensão de utilização válida.....	128	1.6.1.6. Diâmetro mínimo do tubo .....	133
1.5.4. Protecções interiores de habitações – diferenciais .....	129	1.6.2. Protecções gerais – Fusíveis.....	133
1.5.4.1. O calibre do diferencial consta de uma série comercial .....	129	1.6.3. Protecções gerais – Disjuntores.....	133
1.5.4.2. Tensão de utilização válida.....	129	1.6.4. Protecções gerais – Diferenciais .....	133
1.5.5. Protecções contra sobreintensidade.....	129	1.6.5. Protecções de sobreintensidade .....	133
1.5.5.1. Poder de corte suficiente .....	129	1.6.5.1. Poder de corte suficiente.....	133
1.5.6. Protecções diferenciais no esquema .....	129	1.6.5.2. P. Corte de serviço é 100% de P. Corte último – Recomendação opcional .....	133
1.5.6.1. A intensidade nominal do diferencial é suficiente.....	129	1.6.6. Protecções diferenciais no esquema.....	134
1.5.6.2. A sensibilidade do diferencial é suficiente para detectar a corrente de defeito .....	129	1.6.7. Protecções sobreintensidade no esquema .....	134
1.5.6.3. A intensidade diferencial residual de não funcionamento é superior à corrente de fuga .....	129	1.6.8. Protecção contra contactos indirectos .....	134
1.5.7. Protecções contra sobreintensidade.....	130	1.7. Protecções de sobreintensidade reguláveis ....	134
1.5.8. Protecção contra contactos indirectos.....	130	1.8. Verificações de selectividade.....	134
1.5.8.1. Protegida com diferenciais contra contactos indirectos .....	130	1.8.1. Selectividade de protecções de sobreintensidade em curto-circuito .....	134
		1.9. Verificações do sistema de terra.....	138
		1.9.1. Sistema de Terra .....	138
		1.9.1.1. Elementos do Sistema de Terra .....	138

1.9.1.2. Verificações de sistema de terra.....	139	3.2.2. Criação de obra nova.....	158
1.9.2. Sistema de terra do neutro do transformador .....	141	3.2.3. Dados gerais .....	158
1.10. Norma aplicada .....	141	3.2.4. Sistema de terra .....	159
<b>2. Descrição do programa .....</b>	<b>143</b>	3.2.5. Informação para listagens.....	159
2.1. Máscaras .....	143	3.2.6. Plantas .....	159
2.2. Janela principal .....	143	3.2.7. Escolha de materiais .....	160
2.2.1. Esquema .....	144	3.2.8. Definição inicial de esquema .....	162
2.2.1.1. Edição do esquema eléctrico activo .....	144	3.2.9. Entrada de energia.....	163
2.2.1.2. Listagens .....	145	3.2.10. Completar o esquema.....	164
2.2.1.3. Desenhos .....	146	3.2.11. Dimensionamento e verificação.....	170
<b>3. Exemplos práticos.....</b>	<b>149</b>	<b>Instalações de Edifícios.....</b>	<b>173</b>
3.1. Exemplo 1. Habitações. Utilizando o assistente.....	149	<b>1. Memórias de cálculo.....</b>	<b>175</b>
3.1.1. Dados necessários. ....	149	1.1. Águas .....	175
3.1.2. Criação de obra nova .....	150	1.1.1. Dados prévios .....	175
3.1.3. Dados gerais.....	150	1.1.1.1. Condições do abastecimento .....	175
3.1.4. Sistema de terra.....	150	1.1.1.2. Simultaneidade nos débitos.....	175
3.1.5. Informação para listagens .....	151	1.1.1.3. Biblioteca de débitos .....	176
3.1.6. Plantas .....	151	1.1.1.4. Velocidade nas tubagens.....	176
3.1.7. Escolha de materiais .....	152	1.1.1.5. Pressões nos pontos de débito .....	176
3.1.8. Definição do esquema.....	153	1.1.2. Tubagens.....	177
3.1.9. Dimensionamento e verificação .....	156	1.1.2.1. Materiais.....	177
3.1.10. Desenhos e listagens .....	157	1.1.2.2. Diâmetros.....	177
3.2. Exemplo 2. Escritórios. Não utilizando o assistente.....	158	1.1.2.3. Consideração de elementos especiais .....	177
3.2.1. Dados necessários .....	158	1.1.3. Cálculo.....	178
		1.1.3.1. Formulação tubagens .....	178
		1.1.3.2. Cálculo das redes de retorno de água quente.....	179

1.1.4. Dimensionamento .....	179	1.3.3.1. Materiais .....	185
1.1.5. Unidades .....	180	1.3.3.2. Diâmetros .....	185
1.2. Gás .....	180	1.3.3.3. Consideração de elementos especiais .....	186
1.2.1. Introdução .....	180	1.3.4. Cálculo .....	186
1.2.2. Dados prévios .....	180	1.3.4.1. Formulação tubagens.....	186
1.2.2.1. Condicionantes do abastecimento .....	180	1.3.4.2. Cálculo em sprinklers .....	187
1.2.2.2. Potências .....	181	1.3.4.3. Dimensionamento .....	187
1.2.2.3. Simultaneidade nos consumos .....	181	1.3.5. Unidades.....	187
1.2.2.4. Abastecimentos da rede .....	181	1.4. Saneamento - Residuais .....	187
1.2.2.5. Velocidade nas tubagens.....	182	1.4.1. Introdução.....	187
1.2.2.6. Pressões nos aparelhos.....	182	1.4.2. Dados prévios.....	188
1.2.3. Tubagens .....	182	1.4.2.1. Condições de recolha.....	188
1.2.3.1. Materiais .....	182	1.4.2.2. Caudais de descarga por aparelho.....	188
1.2.3.2. Diâmetros .....	182	1.4.2.3. Simultaneidade nas descargas .....	188
1.2.3.3. Consideração de elementos redutores de pressão .....	182	1.4.2.4. Ponto de descarga .....	188
1.2.3.4. Consideração de elementos especiais.....	182	1.4.3. Tubagens .....	188
1.2.4. Cálculo .....	182	1.4.3.1. Materiais .....	189
1.2.4.1. Formulação .....	183	1.4.3.2. Diâmetros .....	189
1.2.4.2. Dimensionamento .....	183	1.4.4. Cálculo .....	189
1.3. Incêndios .....	183	1.4.4.1. Formulação .....	189
1.3.1. Introdução .....	183	1.4.4.2. Ramais de descarga .....	189
1.3.2. Dados prévios .....	184	1.4.4.3. Cálculo de tubos de queda .....	190
1.3.2.1. Condições do abastecimento .....	184	1.4.4.4. Cálculo de colunas de ventilação.....	190
1.3.2.2. Redes com bocas de incêndio .....	184	1.4.4.5. Colectores .....	190
1.3.2.3. Redes com sprinklers.....	184	1.4.4.6. Elementos .....	191
1.3.2.4. Simultaneidade nos consumos .....	185	1.4.5. Dimensionamento.....	191
1.3.2.5. Velocidade nas tubagens.....	185	1.4.6. Unidades.....	191
1.3.2.6. Pressões nos débitos.....	185	1.5. Saneamento - Pluviais.....	191
1.3.3. Tubagens .....	185	1.5.1. Introdução.....	191

1.5.2. Dados prévios.....	191	3.1.1. Introdução .....	209
1.5.2.1. Caudais de descarga por área .....	191	3.1.2. Rede de Abastecimento de Água .....	209
1.5.2.2. Ponto de descarga final .....	192	3.1.2.1. Criação da Obra .....	209
1.5.3. Tubagens .....	192	3.1.2.2. Dados Gerais .....	209
1.5.3.1. Materiais .....	193	3.1.2.3. Opções.....	209
1.5.3.2. Diâmetros .....	193	3.1.2.4. Plantas/Grupos .....	210
1.5.4. Cálculo .....	193	3.1.2.5. Máscaras DXF-DWG .....	211
1.5.4.1. Formulação .....	193	3.1.2.6. Copiar grupo.....	213
1.5.4.2. Ramais de descarga .....	193	3.1.2.7. Comando Ver.....	213
1.5.4.3. Caleiras.....	194	3.1.2.8. Introdução da rede no Rés do chão .....	213
1.5.4.4. Cálculo de tubos de queda .....	194	3.1.2.9. Introdução da rede na Cave.....	232
1.5.4.5. Colectores .....	194	3.1.2.10. Introdução da rede no 1º e 2º Andar.....	232
1.5.5. Elementos .....	194	Como este grupo de plantas admite automaticamente a posição das tubagens junto ao tecto, então tem-se que colocar o desnível dos nós dentro do apartamento à cota 0.00m. ....	234
1.5.6. Dimensionamento.....	194	3.1.2.11. Introdução da rede no Duplex .....	235
1.5.7. Unidades.....	194	3.1.2.12. Introdução da rede no Recuado .....	236
1.6. Climatização .....	194	3.1.2.13. Visualização 3D .....	237
1.6.1. Dados prévios.....	195	3.1.3. Cálculo.....	238
Dados exteriores.....	195	3.1.4. Resultados.....	239
Dados dos tapamentos .....	195	3.1.4.1. Tubagens, Colunas montantes, Nós e Elementos .....	239
Dados dos compartimentos.....	195	3.1.4.2. Alterar resultados.....	239
1.6.2. Cálculo .....	195	3.1.5. Listagens e Desenhos .....	239
Carga térmica de arrefecimento .....	195	3.2. Residuais.....	240
<b>2. Conceitos Básicos.....</b>	<b>199</b>	3.2.1. Introdução .....	240
2.1. Modo de trabalho .....	205	3.2.2. Rede de águas residuais domésticas.....	240
2.2. Listagens .....	205	3.2.2.1. Criação da obra .....	240
2.3. Desenhos.....	206		
<b>1. Exemplos Práticos .....</b>	<b>209</b>		
3.1. Águas.....	209		

3.2.2.1. Plantas/Grupos.....	240	3.3.2.7.3. Tubos de queda .....	264
3.2.2.3. Máscaras DXF-DWG .....	241	3.3.2.7.4. Nós .....	265
3.2.2.4. Comando Ver .....	242	3.3.2.8. Introdução da rede no Recuado .....	265
3.2.2.5. Introdução da rede no recuado .....	243	3.3.2.8.1. Áreas.....	265
3.2.2.5.1. Tubagens .....	243	3.3.2.8.2. Caleiras.....	270
3.2.2.5.2. Tubos de queda.....	243	3.3.2.8.3. Tubos de queda .....	274
3.2.2.5.3. Nós .....	245	3.3.2.8.4. Ramais .....	277
3.2.2.6. Introdução da rede no Duplex .....	246	3.3.2.8.5. Nós .....	278
3.2.2.7. Introdução da rede no 1º Andar e 2º Andar.....	248	3.3.2.9. Introdução da rede no Rés do Chão .....	279
3.2.2.8. Introdução da rede no Rés do chão .....	248	3.3.2.9.1. Tubagens.....	279
3.2.2.9. Introdução da rede na Cave .....	249	3.3.2.10. Visualização 3D.....	283
3.2.3. Cálculo .....	254	3.3.3. Cálculo .....	284
3.2.4. Resultados .....	255	3.3.4. Resultados .....	284
3.2.4.1. Tubagens, Tubo de queda, Nós e Elementos.....	255	3.3.4.1. Tubagens, Tubo de queda e Nós.....	284
3.2.4.2. Alterar resultados .....	256	3.3.4.2. Alterar resultados .....	285
3.2.5. Listagens e Desenhos.....	256	3.3.5. Listagens e Desenhos .....	286
3.3. Pluviais.....	257	3.4. Gás .....	287
3.3.1. Introdução .....	257	3.4.1. Introdução.....	287
3.3.2. Rede de Águas Pluviais .....	257	3.4.2. Rede de Gás .....	287
3.3.2.1. Criação da Obra .....	257	3.4.2.1. Criação da Obra.....	287
3.3.2.2. Local .....	257	3.4.2.2. Descrição do edifício .....	287
3.3.2.3. Opções .....	258	3.4.2.3. Local.....	288
3.3.2.4. Plantas/Grupos.....	258	3.4.2.4. Plantas/Grupos .....	288
3.3.2.5. Máscaras DXF-DWG .....	259	3.4.2.5. Máscaras DXF-DWG .....	289
3.3.2.6. Comando Ver .....	260	3.4.2.6. Introdução da rede no Rés do Chão .....	291
3.3.2.7. Introdução da rede na Cobertura .....	260	3.4.2.6.1. Ramais.....	291
3.3.2.7.1. Áreas .....	261	3.4.2.6.2. Colunas montantes .....	292
3.3.2.7.2. Tubagens .....	262		

3.4.2.6.3. Equipamentos .....	292	3.5.5.1. Criação da Obra .....	310
3.4.2.7. Introdução da rede no 1º Andar .....	295	3.5.5.2. Dados Gerais .....	311
3.4.2.7.1. Obra .....	295	3.5.5.3. Máscaras DXF-DWG .....	311
3.4.2.8. Introdução da rede no 2º Andar .....	296	3.5.5.4. Introdução da rede manualmente .....	312
3.4.2.8.1. Obra .....	297	3.5.5.4.1. Tubagens .....	312
3.4.2.9. Introdução da rede no Duplex .....	297	3.5.5.4.2. Nós .....	317
3.4.2.9.1. Obra .....	297	3.5.5.5. Visualização 3D .....	318
3.4.2.10. Visualização 3D .....	298	3.5.5.6. Introdução da rede de forma automática .....	319
3.4.3. Cálculo .....	298	3.5.5.6.1. Áreas .....	319
3.4.4. Listagens e Desenhos .....	298	3.5.6. Cálculo .....	321
3.5. Incêndios .....	300	3.5.6.1. Tubagens e Equipamento .....	321
3.5.1. Introdução .....	300	3.5.7. Listagens e Desenhos .....	322
3.5.2. Rede de Incêndio Armada .....	300	3.6. Climatização .....	323
3.5.2.1. Criação da obra .....	300	3.6.1. Introdução .....	323
3.5.2.2. Dados Gerais .....	301	3.6.2. Cargas térmicas e Instalações de Ar condicionado .....	323
3.5.2.3. Máscaras DXF-DWG .....	301	3.6.2.1. Criação da Obra .....	323
3.5.2.4. Introdução da rede no Piso 0 .....	302	3.6.2.2. Dados Gerais .....	323
3.5.2.4.1. Tubagens .....	302	3.6.2.3. Opções .....	324
3.5.2.4.2. Colunas Montantes .....	304	3.6.2.4. Orientação .....	325
3.5.2.4.3. Equipamento .....	304	3.6.2.5. Plantas/Grupos .....	325
3.5.2.5. Introdução da rede no Piso 1 .....	305	3.6.2.6. Máscaras DXF-DWG .....	325
3.5.2.5.1. Tubagens .....	305	3.6.2.7. Obra > Copiar grupo .....	327
3.5.2.5.2. Equipamento .....	306	3.6.2.8. Introdução do Rés do Chão .....	327
3.5.2.6. Visualização 3D .....	308	3.6.2.8.1. Elementos .....	327
3.5.3. Cálculo .....	309	3.6.2.8.1.1. Muros e divisões .....	327
3.5.4. Resultados .....	309	3.6.2.8.1.2. Lajes .....	335
3.5.4.1. Tubagens, Coluna montante e Equipamentos .....	309	3.6.2.8.1.3. Aberturas .....	336
3.5.5. Rede de sprinklers .....	310	3.6.2.9. Introdução do 1º Andar .....	338

3.6.2.10. Introdução da Cobertura.....	341
3.6.2.11. Compartimentos.....	343
3.6.2.11.1. Criação de Compartimentos .....	343
3.6.2.11.2. Conjunto de Compartimentos .....	345
3.6.2.12. Resultados e Verificar (Cargas Térmicas) .....	347
3.6.2.13. Introdução da Instalação .....	349
3.6.2.13.1 Equipamentos.....	349
3.6.2.13.2. Sistemas de condução de água ...	351
3.6.2.13.2.1. Tubagens verticais.....	351
3.6.2.13.2.2. Tubagens horizontais .....	352
3.6.2.13.3. Continuação introdução de dados da instalação .....	353
3.6.2.13.4. Sistemas de condução de ar .....	353
3.6.2.13.5. Continuação da introdução geral de dados.....	356
3.6.2.14. Cálculo.....	367
3.6.2.14.1. Dimensionamento.....	367
3.6.2.14.2. Resultados e verificar .....	368
3.6.2.14.3. Sistema de controle da instalação.....	371
3.6.2.15. Listagens e Desenhos .....	371

## Apresentação

*Este livro recolhe parte da documentação dos programas de **CYPE Ingenieros** que se utilizam para o cálculo de instalações. Nele resumem-se os seguintes manuais do utilizador:*

- **Infraestruturas Urbanas:** *Abastecimento de Água, Saneamento, Electricidade e Gás.*
- **Cypelec**
- **Instalações de Edifícios:** *Águas, Gás, Incêndios, Saneamento e Climatização.*

*Os pontos correspondentes a cada programa não têm a mesma estrutura, em geral contêm memórias de cálculo, características gerais de utilização, exemplos e modos de funcionamento básico. As memórias e os manuais dos programas, incluídos os que se reúnem neste livro, estão também disponíveis em formato PDF e podem-se aceder do menu principal dos programas de **CYPE Ingenieros**.*

*A informação que este livro contém complementa-se com a restante documentação que se oferece ao utilizador através dos manuais em formato PDF e das ajudas directas no ecrã, disponíveis estas últimas no momento oportuno: quando se está a utilizar a aplicação.*



## Generalidades

### 1. Ajudas no ecrã


Os programas de **CYPE Ingenieros** dispõem de ferramentas de ajuda no ecrã, através das quais o utilizador pode obter directamente do programa a informação necessária sobre o funcionamento dos menus dos diálogos e das suas opções.

Esta ajuda está disponível em quatro formas diferentes:


#### 1.1. Tecla F1


A maneira de obter ajuda de uma opção é abrir o menu, colocar-se sobre a mesma e, sem chegar a executá-la, premir a tecla F1.

#### 1.2. Ícone com o sinal de interrogação


Na barra de título da janela principal de cada programa existe um ícone com o sinal de interrogação . Pode obter ajuda específica de uma opção do programa da seguinte forma: faça clique sobre esse ícone; abra o menu que contém a opção cuja ajuda quer consultar; prima sobre a opção. E aparecerá uma janela com a informação solicitada. Esta informação é a mesma que se obtém com a tecla F1.

Pode desactivar a ajuda de três maneiras diferentes: prima o botão direito do rato, premindo o ícone com o sinal de interrogação, ou com a tecla **Esc**.

Também pode obter ajuda dos ícones da barra de ferramentas. Para isso prima sobre o ícone com o sinal de interrogação . Nesse momento os ícones que dispõem de informação ficarão com o bordo **azul**. A seguir, prima sobre o ícone do qual quer obter ajuda.

Na barra de título dos diálogos que se abrem ao executar algumas opções do programa existe também um ícone com o sinal de interrogação . Depois de premir sobre este ícone, as opções ou partes do diálogo que dispõem de ajuda ficarão com o bordo **azul**. Prima sobre aquela da qual deseja obter ajuda.

#### 1.3. Ícone em forma de livro

Na barra de título de alguns quadros de diálogo, aparece um ícone em forma de livro aberto , que oferece informação geral do quadro de diálogo onde aparece.

#### 1.4. Guia rápido

Pode-se consultar e imprimir a informação da tecla F1 com a opção **Ajuda > Guia rápido**. Alguns programas como **Cypelec** ou os incluídos em **Instalações de Edifícios** têm ecrãs diferentes seleccionáveis através de tarefas situadas na parte inferior de cada um dos programas.

As opções dos diálogos não estão reflectidas neste guia. visualizar

## 2. Perguntas e respostas

Na página web (<http://www.cype.pt>), poderá encontrar a resolução das consultas mais frequentes, em constante actualização, recebidas pela **Assistência Técnica CYPE**.







# Infraestruturas Urbanas

**Infraestruturas Urbanas** é um conjunto de programas que lhe oferece as ferramentas necessárias para resolver todos os aspectos relativos ao cálculo de infraestruturas para urbanizações. São programas desenhados de modo similar e equivalente, de forma que as opções e ferramentas gerais coincidem no seu modo de utilização. Desta maneira a aprendizagem de um dos programas servir-lhe-á para avançar no conhecimento dos restantes.

**Abastecimento de Água**, o programa desenvolvido para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de abastecimento de águas.

**Saneamento**, a ferramenta pensada para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de saneamento, cujo objectivo é evacuar as águas residuais desde os pontos de recolha até ao ponto de descarga.

**Electricidade**, a aplicação para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes eléctricas, que dá a potência requerida em cada ponto de consumo. Permite redes malhadas, ramificadas ou mistas, em média e baixa tensão e em redes de iluminação pública.

**Gás**, o programa para o cálculo, desenho, verificação e dimensionamento automático de redes de gás, cujo objectivo é fazer chegar o gás a cada ponto de abastecimento.



# 1. Memórias de cálculo

## 1.1. De Abastecimento de água

### 1.1.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de distribuição é fazer chegar a água a cada ponto de abastecimento. O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento.** Pode ser o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de consumo e topografia se deseja obter os diâmetros adequados das condutas de água.
- **Verificação.** A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada da água aos pontos de abastecimento.** É necessário respeitar uma série de condicionantes, como as pressões nos pontos de abastecimento ou a qualidade da água distribuída.
- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto nas suas dimensões, como no seu comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso,

um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.1.2. Dados prévios

#### 1.1.2.1. Condições do fornecimento

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

##### 1.1.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

O caudal a fornecer em cada um dos nós da rede deve estimar-se em função do tipo de abastecimento (urbano, industrial, rural ...).

No caso de distribuição domiciliária, deve-se ajustar esse consumo dependendo do número de habitantes.

De forma orientadora, na tabela 1.1 apresentam-se as capitações a considerar na distribuição exclusivamente domiciliária.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1 + \alpha)^t$$

sendo:

- P: A população futura  
P<sub>a</sub>: População do último censo  
 $\alpha$ : Taxa de crescimento da população  
t: Tempo decorrido desde o último censo

Capitação na distribuição domiciliária	
a) 80 l/habitante/dia	até 1000 habitantes
b) 100 l/habitante/dia	de 1000 a 10 000 habitantes
c) 125 l/habitante/dia	de 10 000 a 20 000 habitantes
d) 150 l/habitante/dia	de 20 000 a 50 000 habitantes
e) 175 l/habitante/dia	acima de 50 000 habitantes

Tabela 1.1

Por aparelhos instalados, o caudal é o que se mostra na tabela 1.2. Os valores dos consumos aqui apresentados são orientadores para a distribuição domiciliária, o Regulamento apresenta outros tipos de consumos, de acordo com o fim a que se destina a rede, apresenta ainda os caudais para combate a incêndios.

Os caudais calculados nos nós de abastecimento para a rede de água são posteriormente levados à rede de saneamento, na hipótese de águas residuais em redes unitárias de saneamento, ou como único caudal em redes separativas. Deve-se ter em conta que as redes de água potável devem-se instalar sempre por cima das redes de saneamento, para evitar contaminação da água potável em caso de ruptura ou fuga nas redes de saneamento.

Uma vez determinado o caudal de consumo em cada nó, é necessário introduzir uma consideração de picos de consumo.

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações. Este coeficiente poderá aplicar-se apenas

no momento de cálculo sobre os caudais a abastecer nos nós.

Caudais mínimos nos dispositivos de utilização Água fria ou quente	
Dispositivos de utilização para:	Caudais mínimos(l/s)
Lavatório individual	0.10
Lavatório colectivo (por bica)	0.05
Bidé	0.10
Banheira	0.25
Chuveiro individual	0.15
Pia de despejo com torneira de Ø 15 mm	0.15
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Mictório com torneira individual	0.15
Pia lava-louça	0.20
Bebedouro	0.10
Máquina de lavar louça	0.15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0.20
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Mictório com fluxómetro	0.50
Boca de rega ou de lavagem de Ø 15 mm	0.30
Idem de Ø 20 mm	0.45
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados	Em conformidade com as indicações dos fabricantes

Tabela 1.2

1.1.2.1.2. Consumos distribuídos (caudal de percurso)

Em casos especiais, pode ser de grande utilidade no projecto simular os consumos da rede como distribuídos linearmente ao longo de um tramo de tubagem. Para isso, o caudal deve-se indicar por metro linear de conduta.

Isto dá um primeiro cálculo na resolução de redes com consumos similares distribuídos ao longo de um tramo de grande comprimento de tubagem. Nos resultados gráficos podem-se verificar a partir de que ponto, não se cumpre os requisitos estabelecidos para a obra, podendo dividir o tramo em dois com diâmetros mais adequados.

Para a resolução de casos como os de rega gota a gota, podem-se ajustar mais os resultados com esta opção, sem necessidade de introduzir nós de consumo.

#### 1.1.2.1.3. Depósitos ou alimentação da rede

Uma rede de água recebe alimentação por um ou vários pontos. Tais pontos podem ser:

- **Depósitos.** Quando se encontram numa cota elevada, geram a altura piezométrica que move a água através das condutas. Considera-se a sua capacidade para produzir pressão como a altura piezométrica do mesmo, isto é, a sua cota mais o seu nível.
- **Alimentação de rede.** São os pontos de entrada procedentes da entidade fornecedora ou então de outras redes capazes de fornecer água à rede. Como os depósitos, são os pontos que geram o movimento de água na rede. A sua altura piezométrica é determinada pela sua cota mais a pressão que a entidade fornecedora assegurar em tal ponto.

A nível de cálculo, ambos os nós são do mesmo tipo, isto é, pontos com altura piezométrica fixa e igual à sua cota mais a pressão disponível (o nível no caso de depósitos; a pressão disponível, no caso de pontos de alimentação).

Deve-se consultar a entidade fornecedora sobre a pressão que é capaz de garantir em cada um dos

pontos de alimentação da rede que se tiver planeado incluir no cálculo.

Com efeito, dois pontos de alimentação com pressões similares e alturas geométricas diferentes podem produzir circulações entre eles, devido à diferença de alturas piezométricas. Se não existir entre eles uma carga suficientemente grande para atenuar a diferença de alturas piezométricas, pode produzir-se um transvase de água de um para o outro.

Para evitar as circulações, pode-se tomar as seguintes medidas:

- Evitar quanto possível um grande número de nós de alimentação e, no caso de ser necessário colocar vários destes pontos, deverão estar o mais separado possível.
- Evitar grandes diferenças de altura piezométrica entre os nós de alimentação. Pode-se supor que a rede da entidade distribuidora é suficientemente extensa e está desenhada para proporcionar alturas similares em todos os pontos.
- Colocar válvulas anti-retorno que permitem a circulação apenas no sentido desejado.

---

► *Ao ser possível a introdução numa rede de vários pontos de alimentação, podem produzir-se circulações entre pontos de alimentação da rede. Se desejar fazer o cálculo com circulações de água entre depósitos ou pontos de alimentação, deve recordar que este tipo de comportamento pode falsear o dimensionamento das condutas.*

---

#### 1.1.2.1.4. Velocidade nas condutas

Uma das principais limitações para dimensionar uma rede de condutas de água é a velocidade do fluido nas mesmas.

Deve-se utilizar como limite inferior de velocidade o valor regulamentar, pois abaixo deste valor têm lugar processos de sedimentação e estancamento.

A velocidade máxima não deve ultrapassar o valor regulamentar, para evitar fenómenos de arrasto e ruídos, assim como grandes perdas de carga.

**1.1.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento**

Quando se desenha uma rede hidráulica de abastecimento de água potável, é necessário assegurar nos pontos de abastecimento uma pressão disponível mínima à qual se distribui a água.

Também pode limitar o dimensionamento, em alguns casos, o excesso de pressão, já que poderia provocar rupturas.

Existe definido um intervalo de pressões disponíveis nos nós de consumo, mesmo quando estes valores são determinados em grande medida pelas necessidades e tipo próprios de cada consumo, juntamente com um incremento nas fugas na rede e a necessidade de válvulas redutoras nos locais dos consumos que não podem suportar tão altas pressões.

**1.1.2.2. Condutas**

O funcionamento de uma rede de abastecimento de água depende em grande medida do tipo e tamanho das condutas utilizadas.

**1.1.2.2.1. Materiais**

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Deve-se utilizar em milímetros.

Estes são os valores habituais, no projecto, da rugosidade absoluta:

Valores habituais de rugosidade absoluta	
PVC	0.0025 mm
Fibrocimento	0.0250 mm
Ferro fundido revestido	0.0300 mm
Ferro fundido não revestido	0.1500 mm
Ferro galvanizado	0.1500 mm
Betão armado	0.1000 mm
Betão liso	0.0250 mm

Tabela 1.3

**1.1.2.2.2. Diâmetros**

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar. Cada um destes materiais ocasiona a sua característica de rugosidade absoluta juntamente com uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes de rugosidade, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

► *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior da conduta seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve-se consultar em qualquer caso. Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca ou no momento de atribuir o diâmetro a cada tramo. Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior da conduta.*

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas condutas e válvulas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas ou pressões demasiado altas nos nós.

#### 1.1.2.2.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de água requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, como válvulas (nas suas diferentes variantes), cotovelos, redutores.

No caso das válvulas, podem-se introduzir de vários tipos que, atendendo ao modo como realizam a sua função no sistema, podem classificar-se em:

- **Válvula de regulação.** É a que origina perdas de carga na rede para as suas posições intermédias, com o objectivo de variar desta maneira a distribuição de pressões na mesma. Também pode ser utilizada como válvula tudo/nada. Pode definir-se distintos graus de abertura para cada combinação.

Do ponto de vista construtivo, existem diversas válvulas que realizam esta função: de comporta, de borboleta, de assento plano,... Por isso, são necessários os dados do fabricante sobre o coeficiente adimensional de perdas com válvula aberta e a tabela de relação das perdas com o grau de abertura dessa válvula.

- **Válvula anti-retorno ou de retenção.** Trata-se de uma válvula que apenas permite a passagem da água num sentido. As suas aplicações podem ser múltiplas: evitar recirculações num *by-pass*, tornar independente zonas da rede com pontos de abastecimento distintos, etc. O tipo de válvula que realiza esta função construtivamente é muito diferente das anteriores. Segundo o desenho, terá

umas perdas de carga no sentido de passagem e um encerramento rápido perante a circulação da água no sentido contrário. Como dado, requer-se o coeficiente de perdas com válvula aberta e o sentido em que se situa relativamente à tubagem (da origem ao extremo).

- **Válvula de controle de pressão.** Esta é uma válvula de regulação pilotada por pressão. Controlando a sua posição de fecho fará com que a jusante da válvula se alcance o limite de pressão estabelecida, sempre que a pressão a montante seja superior a esta. Podem-se definir distintas taras de pressão para cada combinação. Se a rede ficar com uma pressão inferior à estabelecida, só se introduzirão as perdas com válvula aberta.
- **Válvula de controle de caudal.** Esta válvula de regulação é de funcionamento similar à anterior, mas o limite é de caudal. Da mesma forma, podem-se definir distintas taras de caudal para cada combinação. Se o fluxo for menor ou igual ao estabelecido, só se introduzirão as perdas com válvula aberta.

Os restantes elementos especiais da rede (redutores, cotovelos, ...) podem-se considerar agrupados num mesmo tipo que unicamente requer o coeficiente adimensional de perdas que virá nos catálogos dos fabricantes.

#### • Bombas.

As redes de abastecimento de água podem ver-se intercaladas com elementos de ganho de pressão como são as bombas para ultrapassar obstáculos geográficos.

Distinguem-se três grandes grupos em função da trajectória que segue o fluido junto à turbina da mesma:

**Centrífugas.** São as de uso mais vulgar. Estão especialmente indicadas para caudais moderados e alturas consideráveis.

**Heliocentrífugas.** O seu campo de utilização é intermédio entre as bombas centrífugas e as axiais. Os elementos constituintes como turbina, difusor,... podem ser comuns nuns casos às primeiras e noutros casos às segundas.

**Axiais.** Utilizam-se na elevação de grandes caudais a uma altura bem mais reduzida. A sua rede é praticamente sempre com o eixo vertical e submergida num depósito de aspiração

Seja qual for o tipo de bomba a tratar, o dado que a define é a curva característica obtida a partir de ensaios que o fabricante realiza num banco de ensaios e que deve vir detalhada nos catálogos.

Esta é a curva da bomba a uma velocidade de rotação dada, onde  $H_b$  é a altura manométrica da bomba e  $Q$ , a outra variável mais significativa, é o caudal trasfegado.

$$H_b = H_b(Q)$$

Dito de outra maneira, em função do caudal impulsionado pela bomba, produz-se-á um incremento de pressão no fluido que corresponde à diferença de pressão manométrica (altura manométrica  $H_b$ ) que existe entre a entrada e a saída da bomba. Isto supondo a existência de tubos de aspiração e impulsão do mesmo diâmetro.

O ângulo de saída do fluido da turbina  $\beta$  pode ser pequeno, entre  $15^\circ$  e  $35^\circ$ , para reduzir as perdas por fricção nos elementos posteriores à turbina. Isto faz que a curva seja de pendente decrescente sempre que  $\beta < 90^\circ$ .

O programa só permite definir a curva da bomba de pendente decrescente, por ser condição de

dimensionamento habitual nas bombas centrífugas.

Outras curvas de interesse que definem uma bomba são a curva de potência em função do caudal e a curva de rendimento em função do caudal. Estas também devem vir nos catálogos de bombas e caracterizam as prestações e qualidade de desenho da turbomáquina, embora para efeitos de cálculo hidráulico não são necessários e portanto, não se requerem neste programa.

$$P_b = P_b(Q)$$

$$\eta_b = \eta_b(Q)$$

Na falta de dados do fabricante, pode-se utilizar esta tabela de valores (tabela 1.4.) do coeficiente adimensional de perdas para válvulas em posição de abertura:

Válvulas (abertas)	Coef. perdas
De esfera	$K = 0.1$
Comporta	$K = 0.1 - 0.3$
Retenção	$K = 1.0$
De assento standard. Assento de ferro fundido	$K = 4.0 - 10.0$
De assento standard. Assento de forja (pequenas)	$K = 5.0 - 13.0$
De assento a 45°. Assento de ferro fundido	$K = 1.0 - 3.0$
De assento em ângulo. Assento de ferro fundido	$K = 2.0 - 5.0$
De assento em ângulo. Assento de forja (pequenas)	$K = 1.5 - 3.0$
Borboleta	$K = 0.2 - 1.5$
Diafragma	$K = 2.0 - 3.5$
De cunha. Rectangular	$K = 0.3 - 0.5$
De cunha. Circular	$K = 0.2 - 0.3$

Tabela 1.4

Para o aumento de perdas em válvulas parcialmente abertas relativamente ao valor do coeficiente em abertura total, podem-se considerar:

Quociente K / K (aberta)			
Condição	Comporta	Esfera	Borboleta
Aberta	1.0	1.0	1.0
Fechada 25%	3.0 – 5.0	1.5 – 2.0	2.0 – 15.0
50%	12 – 22	2.0 – 3.0	8 – 60
75%	70 – 120	6.0 – 8.0	45 – 340

Tabela 1.5

Em alguns casos, as perdas de carga sofridas nestes elementos, podem-se considerar incrementando uma

percentagem ao comprimento físico dos tramos para conseguir um comprimento resistente que inclua estas perdas de carga localizadas.

Por isso, é possível definir uma percentagem de incremento do comprimento resistente para simular estas perdas. Este incremento de comprimento apenas se aplica no dimensionamento, não na medição da tubagem.

### 1.1.2.3. Escavações

As condutas de água potável instalam-se geralmente enterradas. Para isso, deve-se escavar valas para acolher as condutas.

A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

#### 1.1.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará a conduta.

Para isso, devem conhecer-se os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação da conduta:

- **Talude.** É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral.** Distância mínima que se deverá separar a conduta das paredes da vala.
- **Largura mínima.** Por limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso da conduta ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais não se completar ou superar a

largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.

- **Leito.** Distância entre a soleira da vala e a base da conduta. Deve encher-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento.** Uma vez depositada a conduta sobre o leito, enche-se com areia até cobrir a conduta. Denominar-se-á distância de enchimento a espessura de areia por cima da conduta.

#### 1.1.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação:

- **Cota do nó.** Indica a cota da parte inferior da conduta em cada um dos nós da rede. É necessária também para o cálculo hidráulico das condutas.
- **Cota do terreno.** É a cota na qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante.** É a cota na qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda uma obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, dado que, se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existir dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

#### 1.1.2.3.3. Limitações

Devido à situação, debaixo da terra, de diferentes tipos de redes (electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras redes.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais da conduta.

### 1.1.3. Cálculo (Opção Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de condutas, diâmetros, elementos intercalados, caudais e pressões de abastecimento. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

#### 1.1.3.1. Formulação tubagens

Em redes hidráulicas, utiliza-se para a resolução do sistema de equações, malhadas, ramificadas ou mistas, o método dos elementos finitos de forma discreta.

Para resolver os segmentos da rede calculam-se as quedas de altura piezométrica entre dois nós ligados por um tramo, através da fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

sendo:

$h_p$ : Perda de carga (m.c.a.)

L: Comprimento equivalente da conduta (m)

Q: Caudal que circula pela conduta (m³/s)

g: Aceleração da gravidade (m/s²)

D: Diâmetro interior da conduta (mm)

f: Factor de fricção

O factor de fricção  $f$  é função de:

- **O número de Reynolds (Re).** Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem.
  - Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem.
  - Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente) e passa a regime turbulento, cujo estudo de forma exacta é praticamente impossível.

Quando o regime for laminar, a importância da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido do que no regime turbulento.

Ao contrário, no regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.

- **A rugosidade relativa ( $\varepsilon/D$ ).** Traduz matematicamente as imperfeições do tubo.

No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, e calcula-se como:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

sendo:

$v$ : A velocidade do fluido na conduta (m/s)

D: O diâmetro interior da conduta (m)

$\nu$ : A viscosidade cinemática do fluido ( $m^2/s$ )

Para valores de Re abaixo do limite de turbulência, aconselha-se a utilização da fórmula de Poiseuille para obter o factor de fricção:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Para o regime turbulento é aconselhável a utilização da equação de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

que se deve iterar para poder chegar a um valor  $f$ , devido ao carácter implícito da mesma e onde:

$f$ : Factor de fricção

$\varepsilon$ : Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior da conduta (m)

Re: Número de Reynolds

Como parâmetros, supõe-se:

- Viscosidade cinemática do fluido:  $1.15 \times 10^{-6} m^2/s$
- Nº de Reynolds de transição entre regime turbulento e regime laminar: 2500.

Infelizmente, não se pode assegurar que para o valor umbral de Reynolds escolhido como ponto de transição entre regime laminar e turbulento ( $Re = 2500$ ), o factor de fricção calculado por Poiseuille seja igual ao calculado por Colebrook-White.

Por isso, ao calcular o factor de perdas é necessário realizar uma primeira iteração com Colebrook-White.

Se esta iteração proporcionar um valor de caudal na zona laminar, calcula-se por meio de Poiseuille.

Se Poiseuille der um resultado na zona turbulenta, toma-se como valor definitivo o calculado por Colebrook-White.

### 1.1.3.2. Tubagens com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais pedidos por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, por conseguinte, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal e uma velocidade variável linearmente com o comprimento do tramo e a curva correspondente de pressões, que poderá variar em função de se a tubagem tem também intercalada uma válvula, se tem consumo de caudal pelos dois extremos, etc.

Este último caso provoca que o tramo seja percorrido pelo fluxo nos dois sentidos, encontrando ao longo do mesmo um caudal e velocidade nula, correspondente a uma pressão mínima (máxima queda no tramo).

### 1.1.3.3. Formulação válvulas

As perdas locais em válvulas ou outros elementos intercalados, calculam-se através da fórmula seguinte que, substituindo termos para que fique de forma equivalente a Darcy-Weisbach, é:

$$h_p = K \cdot \frac{V^2}{2g} \rightarrow h_p = K \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^4}$$

sendo,

$h_p$ : Perda de carga local (m.c.a.)

$Q$ : Caudal que circula pela válvula (m<sup>3</sup>/s)

$g$ : Aceleração da gravidade (m<sup>2</sup>/s)

$D$ : Diâmetro interior da válvula (m)

O coeficiente adimensional  $K$  para perdas locais depende do tipo de elemento de que se tratar: curvas, cotovelos, tês ou outros acessórios, válvulas abertas ou parcialmente fechadas. Habitualmente, este termo de queda de pressão mede-se experimentalmente e, sobretudo no caso das válvulas, depende do desenho do fabricante. Em tabelas anteriores, pode-se ver alguns valores médios habituais. Geralmente  $K$  diminui ao aumentar o diâmetro.

Alguns tipos de válvulas influem de maneira especial no cálculo da rede:

- **Válvulas anti-retorno.** Segundo o sentido no qual o caudal tente circular pelo tramo onde estão instaladas (sempre de maior altura piezométrica para menor), considerar-se-á que a válvula afecta a rede com o  $K$  de válvula aberta, ou como uma válvula completamente fechada com  $K$  de perdas infinita. Neste caso, em que a válvula impede a circulação de água, será necessário o transporte de caudal por outro ponto da rede; doutra forma, surgirá um problema de cálculo.
- **Válvulas de controle de pressão.** A resolução de um sistema com este tipo de válvulas realiza-se numa primeira iteração considerando as quedas de pressão para as válvulas inicialmente abertas. Vão-se obtendo as pressões nos nós e verificando se a jusante o sistema chegaria a pressões superiores à taras da válvula.

Se não alcançar o valor estabelecido, as perdas são introduzidas através da fórmula geral de perdas locais com a constante  $K$  para válvula aberta. Se o valor da pressão do ponto a jusante da válvula alcançar ou superar a pressão da tara, fecha-se a válvula até à posição que introduziria as perdas necessárias para alcançar a pressão estabelecida.

Esta modificação altera as condições da rede e modifica a distribuição de pressões de forma que

na seguinte iteração ajusta-se esta regulação até que as diferenças sejam mínimas.

- **Válvulas de controle de caudal.** No controle de caudal, actua-se de igual modo, verificando os caudais circulantes pelo tramo da válvula com o caudal de tara.

As perdas da válvula aumentar-se-ão até que o caudal nesse tramo não supere o da tara, fazendo com que os consumos se alcancem através do transporte de água por outros tramos da rede. Se não houver transporte para todos os pontos de abastecimento da rede, o programa avisará que existe um problema de cálculo.

- 
- *Se a válvula estiver numa tubagem situada num terreno inclinado, com cotas nos nós diferentes, a altura piezométrica da válvula calcula-se com a pressão que lhe chegar ou com a da tara mais a sua cota de terreno real. Assim, é conveniente que coloque as válvulas de controle de pressão próximas do ponto de abastecimento que quiser controlar para ter alturas piezométricas similares.*
- 

#### 1.1.3.4. Formulação bombas

Para calcular uma rede em que exista uma bomba de impulsão de água é necessário uma expressão matemática que modele a curva obtida experimentalmente num banco de ensaios referente a essa bomba.

Geralmente os fabricantes fornecem nos seus catálogos, informação acerca de pontos de funcionamento a partir dos quais se ajustará analiticamente à bomba, através do método dos mínimos quadrados.

A forma analítica da curva característica da bomba corresponde a uma parábola de segundo grau, na seguinte forma:

$$h_p = C - B \cdot Q - A \cdot Q^2$$

sendo,

$h_p$ : Incremento de altura manométrica (m.c.a.)

$Q$ : Caudal que circula pela bomba (m³/s)

$C, B, A$ : Coeficientes calculados.

A variável  $Q$  costuma-se suprimir devido a representar a parte ascendente do gráfico, distante dos pontos de funcionamento recomendados para a bomba, ficando a equação da seguinte forma:

$$h_p = C - A \cdot Q^2$$

O coeficiente  $C$  será sempre positivo por representar a altura da bomba a caudal nulo. O termo  $AQ^2$  apresenta-se com sinal negativo pela concavidade da curva para baixo. O programa permite tanto a introdução directa destes coeficientes para modelizar a bomba a verificar na rede, como a introdução de pontos caudal-altura obtidos nos gráficos dos catálogos.

Por baixo da lista onde se devem introduzir os pontos, o diálogo mostra a curva de ajuste realizada pelo método dos mínimos quadrados. Os pontos devem introduzir-se por ordem de caudais crescentes e alturas decrescentes. Se os parâmetros obtidos do ajuste dos pontos resultarem ficar fora dos limites normais, não se desenhará no gráfico a curva da bomba.

- 
- **ATENÇÃO:** Para colocar uma bomba numa tubagem situada num terreno inclinado, com cotas nos nós diferentes, há que ter em conta que a altura piezométrica da bomba se calcula com a pressão que lhe chega, mais a sua cota de terreno real. As bombas devem instalar-se num ponto mais abaixo da rede para evitar problemas de ferrugem.
-

### 1.1.3.5. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo da conduta como uma matriz de rigidez  $[K]$  para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

sendo,

$G^{(e)}$  o factor que relaciona a queda de pressão no elemento e com o caudal circulante de forma linear.

Denominaremos  $G^{(e)}$  o factor de rigidez do elemento (e).

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da rede numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de abastecimento com pressão fixa.

### 1.1.3.6. Dimensionamento (Opção Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, aliado à falta de linearidade e necessidade de iteração que apresentam as redes hidráulicas, o dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

Tenha em conta que não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e pressões.

O tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade for o maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

No caso de encontrar oscilações, isto é, que não exista uma solução que contemple os dois limites, automaticamente tirar-se-á a condição menos restritiva a nível técnico, isto é, a velocidade mínima.

Depois de os tramos cumprirem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão máxima e mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das condutas mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior. Novamente, no caso de encontrar soluções impossíveis de alcançar, o sistema eliminará automaticamente a condição de pressão máxima.

Deve ter em conta que o dimensionamento de redes com válvulas de controle de caudal ou de pressão, realizar-se-á da mesma forma. Isto fará com que ao obter o diâmetro óptimo para a tubagem, seja possível que as pressões e caudais da rede sejam inferiores às da tara e por conseguinte, as válvulas deixem de ser necessárias.

### 1.1.3.7. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. Estas são as unidades utilizadas (Tabela 1.6):

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
R (Rugosidade)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	litros por segundo (l/s) ou (m³/h)	metros cúbicos por hora (m³/h)
H (Altura Piezométrica)	metros coluna de água (m.c.a.)	metros coluna de água (m.c.a.)
v (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)
ν (Viscosidade cinemática)	metros quadrados por segundo (m²/s)	metros quadrados por segundo (m²/s)

Tabela 1.6

## 1.2. De Saneamento

### 1.2.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de saneamento é evacuar as águas residuais dos pontos de recolha até ao ponto de descarga.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de águas residuais recolhidas e topografia, se deseja obter as dimensões adequadas dos colectores.
- **Verificação.** A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **Exigências de caudal a evacuar.** É necessário respeitar uma série de condicionantes, tanto na recolha de águas residuais, como de águas pluviais.
- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões, e em comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.2.2. Dados prévios

#### 1.2.2.1. Condições de recolha

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

##### 1.2.2.1.1. Caudais recolhidos pela rede

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede. Para calcular os caudais recolhidos em cada câmara, deve-se partir de duas fontes:

- **Águas residuais.** São as geradas como consequência do desenvolvimento de actividades urbanas, industriais, etc. O caudal pode-se estimar mais facilmente devido ao seu valor estar muito ligado ao consumo de água potável.
- **Águas pluviais.** Procedentes da recolha da água de chuva, a sua estimativa é mais complexa. Geralmente, gera maiores volumes de água transvasada.

Adicionalmente, o cálculo de caudais a evacuar depende também do tipo de rede de saneamento:

- **Redes unitárias.** Recolhem tanto águas residuais como pluviais. O cálculo realiza-se com base em duas condições: Velocidade mínima com apenas residuais e velocidade máxima, somando as pluviais e as residuais.
- **Redes separativas.** Estabelecem-se como redes independentes e, por isso, calculam-se independentemente com os caudais recolhidos quer de residuais, quer de pluviais.

Em qualquer caso, as redes de saneamento devem ser **ramificadas**, com **um só ponto de descarga**. O seu funcionamento deve ser, salvo casos que requeiram um cálculo especial, em **superfície livre**. Existem métodos de cálculo para resolver redes malhadas de saneamento, mas a sua utilização requer uma modelação dos cruzamentos e a sua validade é limitada.

O caudal a recolher em cada nó da rede deve basear-se no tipo de utilização (urbano, industrial, rural, ...).

No caso de drenagem de águas residuais domésticas, o caudal depende do número de habitantes da população.

De forma orientadora, na tabela 1.7 mostram-se valores habituais para projectos.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1 + \alpha)^t$$

sendo:

P: A população futura

$P_a$ : População do último censo

$\alpha$ : Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Capitação na distribuição domiciliária	
a) 80 l/habitante/dia	até 1000 habitantes
b) 100 l/habitante/dia	de 1000 a 10 000 habitantes
c) 125 l/habitante/dia	de 10 000 a 20 000 habitantes
d) 150 l/habitante/dia	de 20 000 a 50 000 habitantes
e) 175 l/habitante/dia	acima de 50 000 habitantes

Tabela 1.7

Os valores dos consumos aqui apresentados são orientadores para o consumo doméstico, o regulamento apresenta outros tipos de consumo de acordo com o fim a que se destina a rede, bem como os restantes requisitos necessários na determinação dos caudais a drenar.

Os caudais calculados nas câmaras de recolha para a rede de saneamento estão relacionados com os caudais consumidos na rede de água.

Deve-se ter em conta que as redes de abastecimento de água potável devem-se instalar sempre por cima das redes de saneamento, para evitar contaminação da água potável em caso de ruptura ou fuga nas redes de saneamento.

Uma vez determinado o caudal de consumo em cada nó, é necessário introduzir considerações como o factor de afluência à rede e os picos de consumo, que se repercutirão no caudal a drenar.

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais, ou com menores ocupações.

Este coeficiente poderá aplicar-se apenas no momento de efectuar o cálculo sobre os caudais a drenar.

#### 1.2.2.1.2. Caudais distribuídos

Em casos especiais pode ser de grande utilidade no dimensionamento simular a afluência à rede como distribuída linearmente ao longo de um tramo de colector, em vez de acrescentar um grande número de câmaras de recolha.

Isto dá um primeiro cálculo da rede com uma rápida introdução dos caudais afluentes ao longo de um tramo de grande comprimento de colector.

Dos resultados gráficos, pode-se verificar a partir de que ponto o colector entra em carga e dividir o tramo em dois com os diâmetros ou as inclinações mais adequadas.

A afluência de caudal uniforme deve-se indicar em unidades por metro linear de colector.

#### 1.2.2.1.3. Infiltração

O factor de infiltração define afluências lineares nos colectores devidos à porosidade (quer seja natural, por má conservação, fendilhação ou intencional).

Esta pode-se definir a nível geral e aplicável a todos os tramos da obra, ou então a nível particular para um determinado tramo no qual se queira aplicar um nível diferente de infiltração.

Os caudais e infiltração devem definir-se de acordo com os requisitos regulamentares.

#### 1.2.2.1.4. Ponto de descarga

O local de despejo é o ponto final onde chega toda a água residual drenada pela rede de saneamento. Tais pontos podem ser:

- **Central de bombagem.** Local onde a água residual recolhida é bombada à pressão, geralmente até à zona de tratamento de águas residuais.

- **Emissários.** Tramos de tubagem que entram no mar e levam a água até pontos distantes da costa. O emissário requer um cálculo especial que não é objecto deste programa, por isso o ponto de descarga encontrar-se-á no início e não no extremo do próprio emissário.
- **Redes de saneamento existentes.** É a situação mais habitual, na qual a nossa rede da urbanização desemboca na rede geral de saneamento urbano.

As redes de saneamento devem ter **um único ponto de descarga**.

#### 1.2.2.1.5. Velocidade nos colectores

As principais limitações para dimensionar uma rede de saneamento são:

- **A altura da lâmina líquida.** A água deve circular pelo colector em superfície livre. Se for necessário o trabalho em carga do colector, o tramo afectado deve-se calcular como um tramo em pressão.  
  
Um tramo cuja altura da lâmina líquida exceda a dimensão vertical máxima do colector entra em carga e, por isso, os cálculos de velocidade não são válidos.  
  
A altura da lâmina líquida a verificar deve ser a estabelecida no regulamento.
- **Velocidade mínima.** Deve-se utilizar como limite inferior de velocidade o valor regulamentar, uma vez que abaixo destes valores têm lugar processos de sedimentação e estancamento.
- **Velocidade máxima.** A velocidade máxima não deve exceder o valor regulamentar, para evitar fenómenos de erosão e ruídos.

### 1.2.2.2. Colectores

O funcionamento de uma rede de saneamento depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho dos colectores utilizados.

#### 1.2.2.2.1. Materiais

- 
- *Uma rugosidade menor do material implica maior velocidade no tramo.*
- 

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água residual se vai encontrar.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que se vai utilizar.

No caso mais desenvolvido, a fórmula de Manning-Strickler, os valores recomendados na prática são os da tabela 1.8.

No caso da fórmula de Prandtl-Colebrook, utilizam-se os valores da rugosidade absoluta em metros (Tabela 1.9).

Se se vai utilizar a fórmula de Tadini, não se requer nenhum valor específico do material.

No caso de optar pela fórmula de Bazin, os valores são os indicados na tabela 1.10.

Se se utilizar a fórmula de Sonier, veja a tabela 1.11.

Para a fórmula de Kutter, os valores do coeficiente de rugosidade são os da tabela 1.12.

A fórmula de Ganguillet-Kutter utiliza o mesmo factor que a fórmula de Manning-Strickler (Tabela 1.8).

Superfície	Ótimo	Bom	Mediano	Mau
<b>Tubo</b>				
Ferro fundido não revestido	0.012	0.013	0.014	0.015
Ferro fundido revestido	0.011	0.012	0.013	0.014
Ferro forjado comercial, preto	0.012	0.013	0.014	0.015
Ferro forjado comercial, galvanizado	0.013	0.014	0.015	0.017
Betão	0.012	0.013	0.015	0.016
Vidro e latão, lisos	0.009	0.010	0.011	0.013
Soldados, lisos	0.010	0.011	0.013	0.014
Aço em espiral	0.013	0.015	0.017	0.018
Vitrificado para esgotos	0.010	0.013	0.015	0.017
Drenagem argila comum, uniões abertas	0.011	0.012	0.014	0.017
<b>Construído “In situ”</b>				
Alvenaria de tijolo vitrificado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tijolo com argamassa	0.012	0.013	0.015	0.017
Superfícies de cimento sem areia	0.010	0.011	0.012	0.013
Superfícies de argamassa de cimento	0.011	0.012	0.013	0.015
Tubo de aduelas de madeira	0.010	0.011	0.012	0.013
Canais de madeira tratada	0.010	0.012	0.013	0.014
Canais de madeira não tratada	0.011	0.013	0.014	0.015
Canais com ripas de madeira	0.012	0.015	0.016	0.018
Canais revestidos a betão	0.012	0.014	0.016	0.018
Superfície de entulho de obras em cimento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superfície de entulho de obras	0.025	0.030	0.033	0.035
Superfície de pedra lavrada	0.013	0.014	0.015	0.017
<b>Canais e valas</b>				
Canais semicirc. metal, liso	0.011	0.012	0.013	0.015
Canais semicirc. metal, ondulados	0.023	0.025	0.028	0.030
Valas de terra, rectas e uniformes	0.017	0.020	0.023	0.025
Valas escav. em rocha, lisas	0.025	0.030	0.033	0.035
Valas escav. em rocha, irregulares	0.035	0.040	0.045	0.050
Valas com formas sinuosas	0.023	0.025	0.028	0.030
Canais dragados na terra	0.025	0.028	0.030	0.033
Canais leito pedregoso, com vegetação	0.025	0.030	0.035	0.040
Fundo de terra, margens de cascalho	0.028	0.030	0.033	0.035
<b>Cursos naturais</b>				
Limpos, margens rectas	0.025	0.028	0.030	0.033
Margens rectas, alguns matagais	0.030	0.033	0.035	0.040
Serpenteantes limpos	0.033	0.035	0.040	0.045
Serpenteantes profundos	0.040	0.045	0.050	0.055
Serpenteantes, matagais e pedras	0.035	0.040	0.045	0.050
Serpenteantes profundos com pedras	0.045	0.050	0.055	0.060
Tramos lentos com vegetação fechada	0.050	0.060	0.070	0.080
Tramos lentos com muita vegetação fechada	0.075	0.100	0.125	0.150

Tabela 1.8

Material	Rugosidade absoluta $\varepsilon$ (m)
Grés	0.00010 - 0.00025 m
PVC	0.00010 - 0.00025 m
PRV	0.00020 - 0.00050 m
Fibrocimento	0.00025 - 0.00040 m
Ferro fundido recoberto	0.00040 - 0.00080 m
Betão normal	0.00080 - 0.00150 m
Betão rugoso	0.00120 - 0.00400 m

Tabela 1.9

Tipo de parede dos canais	Coef. Bazin $\gamma$
Paredes muito lisas (madeira aplainada, rebocado de cimento, fibrocimento)	0.06
Paredes lisas (pedra talhada, tijolo, betão)	0.16
Paredes pouco lisas (alvenaria, empedrado)	0.46
Paredes de natureza mista (taludes alisados)	0.85
Canais em terra normais (fundo e taludes sem irregularidades)	1.30
Canais em terra com irregularidades (fundos de cantos arredondados, paredes com vegetação ou pedras)	1.75

Tabela 1.10

Tubagens	Factor de fricção de Sonier $f_s$
Rebocadas de cimento	0.00103
De betão	0.00214

Tabela 1.11

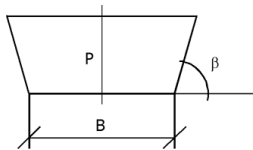
Secção	Natureza paredes	Coef.Kutter m
Circular	Plástico, fibrocimento	0.10 - 0.15
	Cimento liso, tábuas aplainadas	0.15 - 0.20
	Betão liso de alta qualidade	0.20 - 0.25
	Betão liso de qualidade média	0.30 - 0.35
Rectangular	Tábuas aplainadas	0.15 - 0.20
	Tábuas não aplainadas, pedra talhada, blocos ordinários de cimento	0.25 - 0.30
	Alvenaria de pedra ou tijolo, cuidada	0.30 - 0.35
	Alvenaria de pedra ou tijolo, normal	0.40 - 0.45
	Alvenaria de pedra ou tijolo, encaixada	0.50 - 0.55
	Alvenaria rugosa com juntas	0.60 - 0.75
	Alvenaria deteriorada com juntas	0.90 - 1.00
Trapezoidal	Pequenos canais em rocha ou terra, regulares sem vegetação	1.25 - 1.50
	Canais em terra, mal cuidados, com vegetação, cursos regulares	1.75 - 2.00
	Canais em terra, não tratados, cursos naturais com plantas	2.00 - 2.50

Tabela 1.12

#### 1.2.2.2.2. Geometria

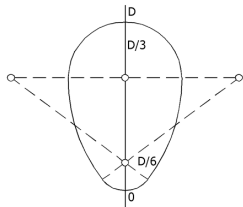
Em alguns casos, é conveniente utilizar outro tipo de geometria diferente da circular. Pode-se utilizar:

**Secção trapezoidal**

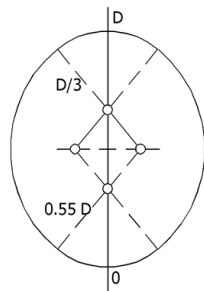


Sendo B a base do trapézio,  $\beta$  o ângulo da parede, P a altura da lâmina líquida máxima

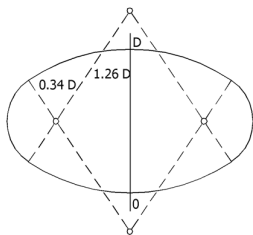
**Secção ovóide**



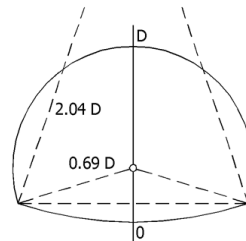
**Secção oval vertical**



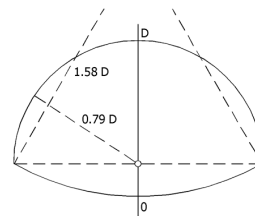
**Secção oval horizontal**



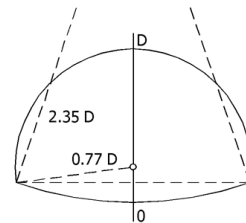
**Secção ferradura 1**



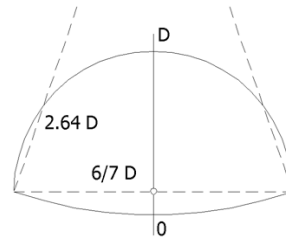
**Secção ferradura 2**



**Secção ferradura 3**



**Secção ferradura 4**



sendo D a dimensão considerada como diâmetro base.

### 1.2.2.2.3. Diâmetros

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais contém o seu coeficiente juntamente com uma série de dimensões de canalização. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

- 
- *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior do colector seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve-se consultar em qualquer caso. Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca, ou no momento de atribuir o diâmetro a cada tramo. Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior do colector.*
- 

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

### 1.2.2.3. Escavações

Os colectores de saneamento em urbanização geralmente instalam-se enterrados. Para isso, devem escavar-se valas para acolher os colectores.

A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

#### 1.2.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará o colector. Para isso deve-se conhecer os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação do colector:

- **Talude.** É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral.** Distância mínima que se deve separar o colector das paredes da vala.
- **Largura mínima.** Por limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso do colector ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais, não se completar ou superar a largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.
- **Leito.** Distância entre a soleira da vala e a base do colector. Deve encher-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento.** Uma vez depositado o colector sobre o leito, enche-se com areia até cobrir o colector. Chamaremos distância de enchimento à espessura de areia por cima do colector.

#### 1.2.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação. Deve-se dispor, portanto, de:

- **Cota do terreno.** É a cota à qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante.** É a cota à qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.
- **Profundidade de enterramento do colector.** Pode mudar ao longo do colector. Deve-se indicar a profundidade dos extremos do colector.
- **Profundidade da caixa.** Considera-se como a profundidade do fundo da câmara medida desde a cota de rasante. Deve ser maior ou igual à maior profundidade dos tramos confluentes. Existe a possibilidade, deixando este valor a 0, de o programa calcular este valor de forma automática.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda uma obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, uma vez que, se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existirem dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

#### 1.2.2.3.3. Limitações

Devido à situação debaixo da terra de diferentes tipos de redes (tais como electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras redes.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota da rasante até à aresta superior da face interior do colector.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais do colector.

### 1.2.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de colectores, diâmetros e caudais recolhidos. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

#### 1.2.3.1. Formulação

No caso de redes de saneamento, utiliza-se o método de contagem de caudais desde a recolha até ao ponto de descarga.

Por isso a rede deve ser **ramificada e com um único ponto de descarga**.

Devido à diversidade de fórmulas utilizadas no cálculo de colectores de saneamento, e aos costumes locais no uso das mesmas, é possível utilizar qualquer um das fórmulas indicadas.

Estas fórmulas proporcionam um cálculo aproximado, dado que supõem um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em colectores reais.

#### 1.2.3.1.1. Fórmula de Prandtl-Colebrook

Parte da fórmula de Darcy-Weisbach para colectores sob pressão:

$$l = f \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

sendo:

l: Perda de carga (m.c.a.) por metro de colector. Se o colector trabalhar em superfície livre, ao não existir pressão no

colector, a perda de carga é devida apenas à perda de cota geométrica. A perda de cota geométrica por unidade de comprimento de colector é a pendente da soleira do colector.

f: Factor de fricção de Darcy-Weisbach

v: Velocidade do fluido que circula pelo colector (m/s)

g: Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

D: Diâmetro interior do colector (mm)

O factor de fricção  $f$  é função de:

- **O número de Reynolds (Re).** Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem.

Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem.

Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente) e passa a regime turbulento, cujo estudo de forma exacta é praticamente impossível.

Quando o regime for laminar, a importância da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido do que no regime turbulento.

Ao contrário, no regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.

- **Rugosidade relativa ( $\varepsilon/D$ ).** Traduz matematicamente as imperfeições do tubo.

No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, e calcula-se como:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

sendo:

v: A velocidade do fluido no colector (m/s)

D: O diâmetro interior do colector (m)

$\nu$ : A viscosidade cinemática do fluido (m<sup>2</sup>/s)

É aconselhável a utilização da equação de Colebrook-White para o cálculo do factor de fricção:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

que se deve iterar para poder chegar a um valor  $f$ , devido ao carácter implícito da mesma e onde:

f: Factor de fricção

$\varepsilon$ : Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior do colector (m)

Re: Número de Reynolds

Como parâmetros supõe-se:

Viscosidade cinemática do fluido: 1.31e-6m<sup>2</sup>/s

Se se eliminar  $f$  nas fórmulas, obtém-se:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D} \cdot \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3.71 D} + \frac{2.51 \nu}{D \sqrt{2g D}} \right)$$

válida para colectores de secção cheia.

Para secções circulares, utiliza-se o coeficiente corrector de Thormann-Franke baseado no ângulo de enchimento:

$$W = \frac{V_p}{V} = \left[ \frac{2\beta - \sin 2\beta}{2(\beta + \gamma \sin \beta)} \right]^{-0.625}$$

onde:

V: Velocidade de secção cheia

Vp: Velocidade de secção parcialmente cheia

2 $\beta$ : Arco da secção molhada

$\gamma$ : Coeficiente de Thormann que representa o atrito entre o líquido e o ar do interior do colector, calculando-se da seguinte forma:

$$\eta = \frac{y}{D} \leq 0.5 \Rightarrow \gamma = 0$$

$$\eta = \frac{y}{D} > 0.5 \Rightarrow \gamma = \frac{\eta - 0.5}{20} + \frac{20(\eta - 0.5)^3}{3}$$

y: Altura da lâmina líquida

D: Diâmetro interior do colector

O único inconveniente na fórmula de Prandtl-Colebrook é a sua limitação em colectores circulares, uma vez que a obtenção de coeficientes correctores não é habitual noutras secções.

#### 1.2.3.1.2. **Formulação geral de Chesy**

A expressão de Chesy agrupa grande parte das fórmulas aproximadas de cálculo de colectores de qualquer secção parcialmente cheia:

$$v = C \cdot R_h^a \cdot I^b$$

sendo:

v: Velocidade do fluido no colector (m/s)

C, a, b: Valores específicos conforme as diferentes formulações

$R_h$ : Raio hidráulico, obtido como a secção de água dividida pelo perímetro molhado (m)

I: Pendente da soleira do colector (m/m)

#### 1.2.3.1.3. **Fórmula de Manning-Strickler**

Possivelmente a fórmula mais utilizada para o cálculo de saneamento, expressa-se como:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}; \quad Q = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} A_h$$

sendo:

$A_h$ : secção de fluido (m<sup>2</sup>)

n: coeficiente de Manning. Este valor depende do material (ver o ponto **Materiais**) e da geometria da canalização, embora se possa desprezar esta última influência

#### 1.2.3.1.4. **Fórmula de Tadini**

É das mais antigas. A sua simplicidade chega ao extremo de não requerer nenhum parâmetro do material utilizado:

$$v = 50 \cdot \sqrt{R_h \cdot I}$$

#### 1.2.3.1.5. **Fórmula de Bazin**

É bastante utilizada em França, e a sua expressão é:

$$v = \frac{87 \cdot R_h \cdot \sqrt{I}}{\gamma + \sqrt{R_h}}$$

onde:

$\gamma$ : Coeficiente de rugosidade de Bazin, que depende da natureza das paredes (ver o ponto **Materiais**).

#### 1.2.3.1.6. **Fórmula de Sonier**

Vem dada pela expressão:

$$v = \frac{3.135}{\sqrt{f_s}} \cdot R_h^{0.65} \cdot \sqrt{I}$$

onde:

$f_s$ : Factor de fricção de Sonier (ver o ponto **Materiais**).

#### 1.2.3.1.7. **Fórmula de Kutter**

Bastante utilizada na Alemanha e na Bélgica:

$$v = \frac{100 \cdot R_h \cdot \sqrt{I}}{m + \sqrt{R_h}}$$

onde:

m: Coeficiente de rugosidade de Kutter (ver o ponto **Materiais**).

### 1.2.3.1.8. Fórmula de Ganguillet-Kutter

Utilizada antigamente na Alemanha e nos Estados Unidos:

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left( 23 + \frac{0.00155}{I} \right) \frac{n}{R_h}}$$

onde:

n: Coeficiente de Ganguillet-Kutter, que coincide com o coeficiente de Manning (ver o ponto **Materiais**).

### 1.2.3.2. Colectores com caudais afluentes distribuídos

Para a resolução de um tramo com afluência uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais afluentes por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, e portanto, o número de equações do sistema.

Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada uma das câmaras geradas por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal variável linearmente com o comprimento do tramo e as curvas correspondentes à altura da lâmina líquida e à velocidade, que poderão mudar a sua trajectória, em função de se o colector chega a entrar em carga.

### 1.2.3.3. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Ao utilizar séries de diâmetros normalizados e ter diferentes geometrias na secção, juntamente com o carácter implícito da maior parte das fórmulas, recorre-se ao método de prova e rectificação para o pré-dimensionamento.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade e altura da lâmina líquida).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos como o menor da série do material atribuído.

Tenha em conta que não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e alturas da lâmina líquida.

Qualquer tramo que se encontre que não cumpra as condições de altura da lâmina líquida, é aumentado e recalcula-se até que, se as séries e caudais o permitirem, nenhum tramo entre em carga.

A partir desse ponto, verificam-se as velocidades da rede.

O tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade for o maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

No caso de existir oscilações, isto é, se não existir uma solução que contemple os três limites, automaticamente tirar-se-á a condição menos restritiva a nível técnico, isto é, a velocidade mínima.

1.2.3.4. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. Estas são as unidades utilizadas:

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
R (Rugosidade)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	litros por segundo (l/s) ou (m³/h)	metros cúbicos por segundo (m³/h)
I (Pendente)	percentagem (%)	tanto por um (m/m)
v (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)
ν (Viscosidade cinemática)	metros quadrados por segundo (m²/s)	metros quadrados por segundo (m²/s)

Tabela 1.13

1.3. De Electricidade

1.3.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede eléctrica é proporcionar a potência requerida em cada ponto a alimentar. O problema pode abordar-se de dois pontos de vista:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados sobre os consumos se deseja obter as secções adequadas dos condutores eléctricos.
- **Verificação.** A partir de uma instalação já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas pelos regulamentos ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de fornecimento de potência aos pontos de consumo.** É necessário respeitar uma

série de condicionantes como quedas de tensão nos pontos a alimentar ou intensidades máximas nos cabos.

- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas nas suas dimensões e no seu comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da instalação para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não serve apenas fazer com que a instalação funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.3.2. Dados prévios

#### 1.3.2.1. Condições de abastecimento

São necessários vários dados para calcular uma instalação. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

##### 1.3.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede. Dependem em grande medida do tipo de instalação, sendo habituais três tipos fundamentais a nível de urbanização:

- **Rede de média tensão.** Liga os centros de transformação da zona a urbanizar com a rede existente de média tensão.
- **Rede de baixa tensão.** Distribui a potência a partir dos centros de transformação até aos pontos de consumo em baixa tensão.
- **Redes de iluminação pública.** Distribuem a potência necessária para alimentar os pontos de luz que configuram a instalação.

Adicionalmente, deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também se deve realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a(1 + \alpha)^t$$

sendo,

P: A população futura

$P_a$ : População do último censo

$\alpha$ : Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações.

Este coeficiente apenas se aplica para o cálculo sobre as potências consumidas nos nós.

##### 1.3.2.1.2. Consumos distribuídos

Em casos especiais, pode ser de utilidade no dimensionamento simular os consumos da instalação, como distribuídos linearmente ao longo de um tramo. A potência indica-se em kW por metro linear de condutor.

Isto dá uma primeira estimativa da instalação com uma rápida introdução dos consumos. A resolução de casos como os de iluminação pública, pode-se simplificar com esta opção, sem necessidade de introduzir tantos nós de consumo quantos pontos de iluminação tenha a instalação.

##### 1.3.2.1.3. Alimentação da rede

Uma rede eléctrica recebe alimentação por um ou vários pontos. Dependendo do tipo de rede eléctrica, os fornecimentos podem ser:

- **Média tensão:** Posto de transformação, subestação ou rede de média tensão existente.
- **Baixa tensão:** Posto de transformação ou rede de baixa tensão existente.
- **Iluminação:** Posto de transformação ou rede de baixa tensão existente.

As tensões de alimentação dependem da gama pela qual se distribui. À baixa tensão correspondem 400 V.

A distribuição de energia eléctrica realiza-se normalmente em trifásica.

#### 1.3.2.1.4. Intensidade nos condutores

Uma das principais limitações para dimensionar uma rede eléctrica é a intensidade nos condutores.

Cada material, dependendo da sua composição, isolamento e instalação, tem uma intensidade máxima admissível. Esta intensidade admissível é aquela que, circulando em regime permanente pelo cabo, não causa danos no mesmo. Uma intensidade superior à intensidade admissível pode produzir efeitos como a fusão do material condutor ou a perda de capacidade dieléctrica do isolante por causa de uma deterioração do mesmo por excesso de temperatura.

A intensidade admissível vem especificada nos regulamentos vigentes. Em função do tipo de instalação, devem considerar-se certos coeficientes redutores da intensidade admissível (tipo de enterramento, temperatura média do terreno, múltiplos condutores em vala, ...).

#### 1.3.2.1.5. Tensão nos pontos de consumos

Quando se dimensiona uma rede eléctrica, é necessário assegurar nos pontos de consumos uma tensão próxima da tensão nominal da rede eléctrica.

O valor máximo da queda de tensão em qualquer nó de consumo em relação à tensão nominal da instalação é de 5% em redes de alimentação, e de 3% em redes de iluminação pública.

#### 1.3.2.2. Cabos

O bom funcionamento de uma instalação eléctrica depende em grande medida do tipo e secção dos cabos utilizados.

#### 1.3.2.2.1. Material condutor

Determina a resistência eléctrica dos condutores. Praticamente os dois únicos utilizados são o cobre e o alumínio.

A resistência do condutor expressa-se em  $\Omega/\text{Km}$  e faz parte das características que o fabricante dos cabos fornece.

#### 1.3.2.2.2. Isolamento

Esta característica é a que proporciona dois parâmetros básicos:

- **Tensão nominal.** O isolamento determina o intervalo de tensão válido para a sua utilização. Indica-se esta tensão nominal de utilização como o conjunto tensão simples/tensão composta, isto é, tensão entre uma fase e o neutro/tensão entre duas fases. As espessuras dos revestimentos dos cabos variarão em função da capacidade dieléctrica do material isolante.
- **Reactância.** A capacidade de isolamento determina a reactância de fase de um condutor, juntamente com a disposição do mesmo (cabo unipolar ou tripolar), disposição de blindagens do cabo e, em menor medida, distância entre cabos. A reactância mede-se em  $\Omega/\text{Km}$  e fornece-se com as características do cabo. É habitual desprezar este valor em instalações de baixa tensão, pela sua pouca importância no cálculo.

#### 1.3.2.2.3. Secções

O tratamento das secções realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada material traz uma série de secções juntamente com as suas características eléctricas.

Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode eliminar ou acrescentar secções à série e modificar as características de cada secção.

Para cada material há séries pré-definidas de secções normalizadas. Deve-se utilizar o número de condutores de fase como multiplicador da secção.

Para trifásica, por exemplo, utiliza-se '3xS', indicando três condutores de fase de secção S. Noutros casos pode convir a forma '3xS+S<sub>n</sub>', indicando adicionalmente a secção S<sub>n</sub> do condutor de neutro.

De cada secção pode-se definir:

- **Secção.** Serve para que o programa ordene as secções de forma crescente, facilitando o processo de selecção, tanto manual como a nível de pré-dimensionamento.
- **Resistência por unidade de comprimento.** A resistência em  $\Omega/\text{Km}$  do condutor.
- **Reactância por unidade de comprimento.** A reactância em  $\Omega_r/\text{Km}$  do condutor. Este valor é opcional no caso de redes de baixa tensão e pode ser 0.
- **Intensidade admissível.** Indica em amperes (A) a intensidade máxima em regime permanente que o cabo pode suportar.

Secções maiores proporcionam quedas de tensão menores nos condutores e incrementam a intensidade máxima admissível, mas encarecem o custo da instalação, já que se incrementa com a secção o volume total de metal condutor.

#### 1.3.2.2.4. Incremento de comprimento

É possível incrementar uma percentagem o comprimento resistente do cabo em relação ao seu comprimento real, embora esta prática não seja habitual e apenas se justifica em casos especiais.

### 1.3.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da instalação, de acordo com os tipos de cabos, secções, potências e tensão de abastecimento.

Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

#### 1.3.3.1. Formulação

##### 1.3.3.1.1. Cálculo eléctrico em regime permanente

No cálculo de instalações eléctricas utiliza-se para a resolução do sistema de equações, seja malhado, ramificado ou misto, o método dos elementos finitos de forma discreta.

Como cargas, utilizam-se as potências consumidas em cada um dos nós, juntamente com o  $\cos \varphi$  local em tal consumo. Para obter a intensidade consumida no nó utiliza-se:

$$I_{\text{Trifásica}} = \frac{P}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi_{\text{nó}}}$$

$$I_{\text{Monofásica}} = \frac{P}{U_n \cos \varphi_{\text{nó}}}$$

onde:

I: Intensidade consumida no nó (A)

P: Potência pedida (W)

U<sub>n</sub>: Tensão nominal da instalação. Para instalações trifásicas utiliza-se a tensão composta

$\cos \varphi_{\text{nó}}$ : Factor de potência da carga. Geralmente utilizar-se-á na medida do possível o mesmo factor de potência que se utiliza a nível geral para toda a obra. Pode-se modificar pontualmente para penalizar o consumo de potência em nós com  $\cos \varphi$  piores.

Para a resolução de cada um dos segmentos da instalação calculam-se as quedas de tensão, entre dois nós ligados por um tramo, através da lei de Ohm para corrente alterna:

$$\Delta U_{\text{Trifásica}} = \sqrt{3} L (R \cos \varphi_{\text{obra}} + X \sin \varphi_{\text{obra}}) I$$

$$\Delta U_{\text{Monofásica}} = 2L (R \cos \varphi_{\text{obra}} + X \sin \varphi_{\text{obra}}) I$$

sendo:

$\Delta U$ : Queda de tensão ao longo do tramo (V)

L: Comprimento equivalente do tramo (m)

R: Resistência por unidade de comprimento do tramo ( $\Omega/\text{m}$ )

$\cos \varphi_{\text{obra}}$ : Factor de potência global da obra

X: Reactância linear do tramo ( $\Omega/\text{m}$ )

$\sin \varphi_{\text{obra}}$ : Factor de potência reactiva global da obra

I: Intensidade circulante pelo tramo (A)

### 1.3.3.1.2. Cálculo da corrente máxima de curto-circuito em tramos

Este tipo de curto-circuito apenas se calcula em redes ramificadas e com um só abastecimento.

Calcula-se para cada tramo a intensidade de curto-circuito que deve suportar, provocando um curto-circuito no nó mais próximo da fonte de alimentação.

Este curto-circuito gera a máxima intensidade que deve suportar o cabo do tramo, já que um curto-circuito em qualquer outro ponto do cabo deveria contar com a impedância da parte do tramo abarcada pelo curto-circuito, reduzindo a intensidade.

Desta maneira verifica-se um curto-circuito justamente no ponto imediatamente depois do nó.

Para o calcular recorre-se a:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{cc} + R)^2 + (X_{cc} + X)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

$I_{cc}$ : Intensidade de curto-circuito (A)

$U_n$ : Tensão nominal é a que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito (V)

$R_{cc}$ : Resistência de curto-circuito do transformador ( $\Omega$ )

$X_{cc}$ : Reactância de curto-circuito do transformador ( $\Omega_r$ )

$\varepsilon_{cc}$ ,  $\varepsilon_{Rcc}$ ,  $\varepsilon_{Xcc}$ : Percentagens de tensão de curto-circuito. Especificam-se nas características do transformador. Expressam-se em % mas utilizam-se na formulação directamente.

R: Resistência dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito ( $\Omega$ )

X: Reactância dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito ( $\Omega_r$ )

$S_n$ : Potência do transformador (VA)

### 1.3.3.1.3. Cálculo da corrente de curto-circuito mínima

Este tipo de curto-circuito apenas se calcula em redes ramificadas e com um só abastecimento. Calcula-se para conhecer a sensibilidade mínima das protecções que devem proteger a instalação. Considera-se o curto-circuito no ponto mais afastado de cada ramal, isto é, o que produz uma intensidade menor quando se gera um curto-circuito.

Para o calcular recorre-se à fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{cc} + R)^2 + (X_{cc} + X)^2}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

$I_{cc}$ : Intensidade de curto-circuito (A)

$U_n$ : Tensão nominal, é a tensão que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito (V)

$R_{cc}$ : Resistência de curto-circuito do transformador ( $\Omega$ )

$X_{cc}$ : Reactância de curto-circuito do transformador ( $\Omega_r$ )

$\varepsilon_{cc}$ ,  $\varepsilon_{Rcc}$ ,  $\varepsilon_{Xcc}$ : Percentagens de tensão de curto-circuito. Vêm especificados nas características do próprio transformador (geralmente no seu protocolo de testes). Expressam-se em % mas utilizam-se na formulação directamente.

$R$ : Resistência dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito ( $\Omega$ )

$X$ : Reactância dos cabos que formam o caminho desde a fonte de alimentação até ao nó onde se produz o curto-circuito ( $\Omega_r$ )

$S_n$ : Potência do transformador (VA)

#### 1.3.3.1.4. Curto-circuito nos bornes do primário do transformador

Para cada nó de alimentação da rede calculam-se as correntes de curto-circuito que geraria um curto-circuito nos bornes do primário do transformador. Esta intensidade permite calcular a linha de alimentação requerida para o transformador.

Para isso, utiliza-se a fórmula:

$$I_{cc,p} = \frac{S_R}{\sqrt{3}U_p}$$

onde:

$I_{cc,p}$ : Intensidade permanente de curto-circuito no primário(A)

$S_R$ : Potência de curto-circuito da rede eléctrica. Os valores usuais devem rondar os 350 MVA, ou superiores. Este valor é fornecido pelos serviços técnicos da companhia eléctrica fornecedora (VA)

$U_p$ : Tensão nominal do primário do transformador (V)

A intensidade obtida seria a **intensidade permanente de curto-circuito**, que se utiliza para o estudo dos efeitos a nível térmico.

Calcula-se a **intensidade máxima de curto-circuito**, que aparece no instante inicial, como:

$$I_{cc,max} = 25 I_{cc,p}$$

A intensidade de curto-circuito máxima permite estudar fenómenos de tipo electrodinâmico.

#### 1.3.3.1.5. Curto-circuito nos bornes do secundário do transformador

Para cada nó de alimentação da rede, calculam-se as correntes de curto-circuito que geraria um curto-circuito nos bornes do primário do transformador.

Este cálculo tem duas variantes:

- **Supondo potência infinita no primário.**  
Proporciona valores maiores de intensidade de curto-circuito.
- **Supondo potência finita no primário.** Obtêm-se intensidades de curto-circuito menores.

Para isso, no caso de potência infinita, utiliza-se a fórmula:

$$I_{cc,s} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}}$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} U_n^2}{S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc} U_n^2}{S_n}$$

$$\varepsilon_{cc} = \sqrt{\varepsilon_{Rcc}^2 + \varepsilon_{Xcc}^2}$$

sendo:

$I_{cc,s}$ : Intensidade de curto-circuito no secundário (A)

$U_n$ : Tensão nominal, que é a tensão que existe na instalação um instante antes de se produzir o curto-circuito (V)

$R_{cc}$ : Resistência de curto-circuito do transformador ( $\Omega$ )

$X_{cc}$ : Reactância de curto-circuito do transformador ( $\Omega_r$ )

$\varepsilon_{cc}$ ,  $\varepsilon_{Rcc}$ ,  $\varepsilon_{Xcc}$ : Percentagens de tensão de curto-circuito. Vêm especificados nas características do próprio transformador (geralmente no seu protocolo de testes). Expressam-se em %, mas utilizam-se na formulação directamente.

$S_n$ : Potência do transformador (VA)

No caso de supor uma potência finita no primário:

$$Z_t = I + \left( \frac{\varepsilon_{cc} S_R}{S_n} \right)$$

$$S_{cc} = \frac{S_R}{Z_t}$$

$$I_{cc,s} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3}U_n}$$

onde  $S_R$  é a potência de curto-circuito da rede eléctrica. Este valor é fornecido pelos serviços técnicos da companhia eléctrica fornecedora. Os valores devem rondar os 350 MVA ou superiores (VA).

A intensidade obtida seria a **intensidade permanente de curto-circuito**, que se utiliza para o estudo dos efeitos a nível térmico. Calcula-se a **intensidade máxima de curto-circuito**, que aparece no instante inicial, como:

$$I_{cc,max} = 2.5 I_{cc,s}$$

A intensidade de curto-circuito máxima permite estudar fenómenos de tipo electrodinâmico.

### 1.3.3.2. Instalações com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização das potências requeridas por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que tem a instalação e, conseqüentemente, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se uma intensidade variável linearmente com o comprimento do tramo e uma curva correspondente à tensão.

Deve-se ter em conta que existe a possibilidade de encontrar tramos percorridos pela intensidade em dois sentidos, nos quais o consumo distribuído é levado desde os dois nós extremos do tramo, encontrando ao longo do mesmo, um ponto de intensidade nula, correspondente a uma tensão mínima (máxima queda no tramo).

### 1.3.3.3. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo do condutor como uma matriz de rigidez  $|K|$  para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

sendo  $G^{(e)}$  o factor que relaciona a queda de tensão no elemento 'e' com a intensidade circulante de forma linear. Denominar-se-á  $G^{(e)}$  o factor de rigidez do elemento "e".

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da instalação numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de fornecimento em tensão fixa.

#### **1.3.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)**

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram com todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, o pré-dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar a secção mínima que cumpra todas as restrições (intensidade, queda de tensão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se a secção de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

- 
- *Não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra devem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.*
- 

Incrementa-se a secção do tramo que se encontra em piores condições, isto é, cujo desvio sobre a intensidade admissível seja maior.

Uma vez determinados os tramos, verifica-se se existem nós que não cumpram a condição de queda de tensão. No caso de existir, modificar-se-á a secção dos cabos mais carregados, isto é, aqueles com uma queda de tensão unitária maior ( $\Delta U/L$ ).

#### **1.3.3.5. Unidades**

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. As unidades utilizadas mostram-se na seguinte tabela:

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em intensidades admissíveis e quedas de tensão.

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	Metros (m)	Metros (m)
S (Secção de condutor)	Milímetros quadrados (mm²)	Metros quadrados (m²)
R (Resistência)	Ohm por quilómetro (Ω/Km)	Ohm por metro (Ω/m)
X (Reactância)	Ohm por quilómetro (Ω/Km)	Ohm por metro (Ω/m)
I (Intensidade)	Ampere (A)	Ampere (A)
V (Tensão Eléctrica)	Volt (V)	Volt (V)
P (Potência activa)	Kilowatt (KW)	Watt (W)
Z <sub>cc</sub> , R <sub>cc</sub> , X <sub>cc</sub> (Impedimento de curto-circuito)	Mili Ohm (mΩ)	Ohm (Ω)
ε (Tensões de curto-circuito)	% (Tanto por cento)	Tanto por um
S <sub>n</sub> , S <sub>p</sub> (Pot. Transformador, Pot. Curto-circuito)	Mega Volt-ampere (MVA)	Volt-ampere

Tabela 1.14

## 1.4. De Gás

### 1.4.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de distribuição é fazer chegar o gás a cada ponto de abastecimento.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- **Dimensionamento.** É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de consumo se deseja obter os diâmetros adequados das condutas de gás.
- **Verificação.** A partir de uma rede já dimensionada, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de projecto impostas ou consideradas pelo critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada do gás aos pontos de abastecimento.** É necessário respeitar uma série de condicionantes, como as pressões nos pontos de abastecimento ou a sua velocidade.
- **Facilidade de construção.** A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto nas suas dimensões, como no seu comportamento.
- **Manutenção.** Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, ao mesmo tempo que se facilita a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia.** Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável, evitando quanto possível, sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.4.2. Dados prévios

#### 1.4.2.1. Condições do fornecimento

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

##### 1.4.2.1.1. Consumos

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

O caudal a fornecer em cada um dos nós da rede deve estimar-se baseando-se no tipo de abastecimento.

Opcionalmente, o consumo num determinado nó pode expressar-se, no caso de redes com gases combustíveis, sob a forma de potência calorífica necessária no nó, para o que se deverá fornecer o poder calorífico superior do gás.

Deve-se ter em conta não apenas os habitantes actuais das zonas que se deseja urbanizar, mas também realizar uma previsão de um possível crescimento da população que se teria de abastecer a partir da rede que se está a calcular.

De forma orientadora, pode-se calcular a população futura como:

$$P = P_a (1 + \alpha)^t$$

sendo:

P: A população futura

$P_a$ : População do último censo

$\alpha$ : Taxa de crescimento da população

t: Tempo decorrido desde o último censo

Em alguns casos, pode ter interesse a utilização de um coeficiente que incremente ou reduza, de forma geral, os consumos de uma rede. Desta forma é possível simular funcionamentos sazonais ou com menores ocupações. Este coeficiente apenas se aplica no momento de cálculo sobre os caudais consumidos nos nós.

#### **1.4.2.1.2. Consumos distribuídos**

Em casos especiais pode ser de grande utilidade no dimensionamento simular os consumos da rede como distribuídos linearmente ao longo de um tramo de conduta.

Isto dá uma primeira estimativa na resolução de redes com consumos similares fornecidos ao longo de um tramo longo de conduta.

Nos resultados gráficos pode-se verificar a partir de que ponto não se cumprem os requisitos de pressão estabelecidos para a obra, para desdobrar o tramo em dois com diâmetros mais adequados.

O consumo de caudal ou potência uniforme deve-se indicar em unidades por metro linear de conduta.

#### **1.4.2.1.3. Alimentação da rede**

Uma rede de gás recebe alimentação por um ou vários pontos. Tais pontos podem ser abastecimentos de rede procedentes da entidade fornecedora.

Esta entidade deverá indicar em cada caso o valor da pressão de abastecimento, assim como a pressão mínima a obter nos pontos de abastecimento.

- 
- ▶ *Ao ser possível a introdução numa rede de vários pontos de alimentação, com diferentes pressões, podem produzir-se circulações entre pontos de alimentação da rede.*
- 

Com efeito, duas alimentações com pressões diferentes podem produzir circulações entre eles, devido à diferença de pressão. Se não existir entre eles uma carga suficientemente grande para atenuar esta diferença, pode produzir-se um transvase de gás de um para o outro. Para evitar as circulações, podem tomar-se as seguintes medidas:

- Evitar quanto possível um grande número de nós de abastecimento e, no caso de ser necessário colocar vários destes pontos, deverão estar o mais separados possível.
- Evitar quanto possível grandes diferenças de pressão entre os nós de abastecimento. Pode-se supor que a rede da entidade distribuidora é suficientemente extensa e que está desenhada para fornecer pressões similares em todos os pontos.

Pode acontecer, ainda assim, que se deseje fazer o cálculo com circulações de gás entre pontos de abastecimento, mas convém ter em conta que este tipo de comportamento pode falsear o dimensionamento de condutas.

#### **1.4.2.1.4. Velocidade nas condutas**

Uma das principais limitações ao dimensionar uma rede de condutas de gás é a velocidade do fluido nas mesmas.

Não deve ultrapassar a velocidade máxima regulamentar, embora a fórmula de Renouard tenha validade até aos 30 m/s.

#### **1.4.2.1.5. Pressões nos pontos de abastecimento**

Quando se dimensiona uma rede de abastecimento de gás é necessário assegurar nos pontos de abastecimento uma pressão disponível mínima, que

depende da pressão de abastecimento e das necessidades próprias dos consumos.

#### 1.4.2.2. **Condutas**

O funcionamento de uma rede de abastecimento de gás depende em grande medida do tipo e tamanho das condutas utilizadas.

##### 1.4.2.2.1. **Materiais**

Devido à baixa densidade dos gases que circulam, pode-se ignorar a influência do material e o seu acabamento no cálculo do gás, tomando-se em conta apenas como método de identificação.

##### 1.4.2.2.2. **Diâmetros**

O tratamento dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais ocasiona uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode retirar ou acrescentar diâmetros à série.

Para cada material, existem séries pré-definidas de diâmetros normalizados. Estes têm, habitualmente, a anotação 'DN' juntamente com a dimensão aproximada do seu diâmetro em milímetros.

- 
- ▶ *Um 'DNx' não significa que o diâmetro interior da conduta seja de x milímetros. Provavelmente é menor, mas deve consultar-se em qualquer caso. Os materiais pré-definidos procedentes das bibliotecas contemplam esta diferença e pode-se consultar directamente na própria biblioteca ou ao atribuir o diâmetro a cada tramo. Para os materiais criados ou editados, deve ser o próprio utilizador a designar o diâmetro interior da conduta.*
- 

É habitual no gás utilizar a denominação de diâmetros por polegadas, embora se deva anotar que o número de polegadas também não indica exactamente o diâmetro interior e deve ser tomado como uma denominação.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas condutas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede.

##### 1.4.2.2.3. **Consideração de elementos especiais**

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de gás requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens.

Para poder ter em conta as perdas de carga sofridas nestes elementos, é uma prática habitual no âmbito do cálculo, incrementar uma percentagem ao comprimento físico dos tramos para conseguir um comprimento que inclua estas perdas de carga localizadas.

Por isso, é possível definir uma percentagem de incremento do comprimento para simular estas perdas. Este incremento de comprimento apenas se aplica no momento de cálculo, não na medição da tubagem.

Um valor recomendado na prática é 20% de incremento.

##### 1.4.2.3. **Escavações**

As condutas de gás em distribuição e urbanização instalam-se enterradas.

Para isso, deve-se escavar valas para acolher as condutas. A forma da vala, o volume de escavação e outra série de factores podem ter interesse para calcular uma rede.

#### 1.4.2.3.1. Características do terreno

A forma como será escavada a vala depende em grande medida das características do terreno onde se enterrará a conduta. Para isso devem-se conhecer os terrenos nos quais se vai escavar e algumas características próprias do processo de instalação da conduta:

- **Talude.** É a máxima inclinação de uma parede escavada num terreno com a solidez suficiente para não se desmoronar. Deve-se expressar em metros de abertura horizontal por cada metro escavado verticalmente.
- **Distância lateral.** Distância mínima que se deverá separar a conduta das paredes da vala.
- **Largura mínima.** Por algum tipo de limitações mecânicas, não se podem construir valas com larguras excessivamente pequenas. No caso da conduta ser de pequeno diâmetro e juntamente com as distâncias laterais não se completar ou superar a largura mínima, toma-se esta largura mínima como largura de cálculo.
- **Leito.** Distância entre a soleira da vala e a base da conduta. Normalmente enche-se com areia, embora também seja possível encontrar leitos de betão em alguns casos.
- **Enchimento.** Uma vez depositada a conduta sobre o leito, enche-se com areia até cobrir a conduta. Denominar-se-á distância de enchimento a espessura de areia por cima da conduta.

#### 1.4.2.3.2. Medição

Para realizar o cálculo da escavação, é necessário dispor de informação sobre as profundidades de escavação. Deve-se dispor, portanto, de:

- **Cota do nó.** É a cota da parte inferior da conduta em cada um dos nós da rede.

- **Cota do terreno.** É a cota na qual fica o terreno modificado, isto é, o terreno uma vez terraplenado, sobre o qual se vai realizar a escavação.
- **Cota da rasante.** É a cota na qual ficará a superfície depois de ter fechado as valas e construído o pavimento sobre o terreno.

É habitual que a espessura do pavimento seja constante para toda a obra, pelo que apenas seriam necessárias as cotas de rasante, deduzindo o terreno como a cota de rasante menos a espessura do pavimento. Se não existir pavimento (espessura = 0), coincidirão rasante e terreno.

Tudo isto é válido em obras novas, já que se se tratar de reparações ou modificações sobre ruas já existentes, podem existir diferenças na medição, ao existir dois estratos de características diferentes para efeitos de escavação.

#### 1.4.2.3.3. Limitações

Devido à situação debaixo da terra de diferentes tipos de instalações (electricidade, água, gás, telefones ...), deve existir uma limitação de **profundidade mínima** que se deve respeitar para evitar colisões com outras instalações.

Esta profundidade mínima mede-se a partir da cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta.

Respeitando estas profundidades mínimas, contribui-se para que em futuras escavações não se produzam rupturas acidentais da conduta.

### 1.4.3. Cálculo (Opção: Calcular)

Uma vez recolhidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de condutas, diâmetros, caudais pedidos e pressões de

fornecimento. Para tal, utiliza-se a formulação e o método de resolução que se pormenorizam a seguir.

#### 1.4.3.1. Formulação

No caso de redes de gás, utiliza-se para a resolução do sistema de equações, seja malhado, ramificado ou misto, o método dos elementos finitos de forma discreta.

No caso de fornecer o consumo nos nós em forma de potência calorífica, obtém-se o caudal através da fórmula:

$$Q = \frac{P}{PCS}$$

sendo:

Q: Caudal de gás pedido no nó (m³/h)

P: Potência calorífica pedida no nó (W)

PCS: Poder calorífico superior do gás (W.h/m³)

Para a resolução de cada um dos segmentos da rede calculam-se as quedas de pressão, entre dois nós ligados por um tramo, através da fórmula de Renouard:

$$P \leq 0.1 \text{ bar} \Rightarrow \Delta P = CR_l \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

$$P > 0.1 \text{ bar} \Rightarrow P_1^2 - P_2^2 = CR_q \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

sendo:

P1, P2: Pressões absolutas do gás nos dois pontos inicial e final do tramo (bar)

CR<sub>l</sub>: Coeficiente constante da fórmula de Renouard linear. O seu valor toma-se habitualmente 23.2

CR<sub>q</sub>: Coeficiente constante da fórmula de Renouard quadrática. O seu valor toma-se habitualmente 48.66 para pressões entre 0.1 e 4 bar, tomando 51.5 para pressões até aos 16 bar.

ρ<sub>r</sub>: Densidade relativa do gás utilizado. Para o gás natural, pode oscilar entre 0.55 e 0.65

L: Comprimento da conduta (m)

D: Diâmetro interior da conduta (mm)

Q: Caudal que circula pela conduta (m³/h)

O cálculo da velocidade realiza-se através de:

$$v = \frac{C_v \cdot Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

onde:

C<sub>v</sub>: É um factor constante. O seu valor habitual é 354, embora para pressões superiores aos 4 bar se utilize o valor 378

Z: Factor de compressibilidade do gás. Abaixo dos 5 bar absolutos pode-se considerar 1.

---

► A fórmula de Renouard não tem validade para valores de P1 e P2 menores que 0.

---

Com efeito, a fórmula de Renouard quadrática proporciona o mesmo valor de caudal, tanto se P1 for igual a 1 bar e P2 igual a 0.5 bar, como no caso em que P2 seja igual a - 0.5 bar.

A fórmula de Renouard quadrática tem uma zona na qual não está definida biunivocamente e, portanto, a sua evolução não é válida.

**Nessa zona**, com valores negativos de alguma das duas pressões, aproxima-se o valor com uma ponderação entre a fórmula quadrática e a linear, pelo que os **resultados não podem ser considerados fiáveis**. Este valor apenas dá uma ideia de se a diferença de pressão sobre o limite estabelecido é grande ou pequena.

A fórmula de Renouard é válida abaixo dos 30 m/s. Para velocidades maiores, os resultados são apenas orientadores.

#### 1.4.3.2. Condutas com consumos distribuídos

Para a resolução de um tramo com consumo uniforme, realiza-se uma discretização dos caudais ou potências

requeridas por metro linear em pequenos consumos pontuais.

A introdução desta discretização incrementa o número de nós que a rede tem, e consequentemente, o número de equações do sistema. Isto implica um aumento no tempo de cálculo, similar ao produzido pela introdução manual de cada um dos nós gerados por essa discretização.

Uma vez obtida a solução do sistema de equações para os subtramos, obtém-se um caudal e uma velocidade variável linearmente com o comprimento do tramo e a curva correspondente de pressões, que poderá variar em função de se a conduta tem chegada de caudal pelos dois extremos, etc.

Este último caso provoca que o tramo seja percorrido pelo fluxo nos dois sentidos, encontrando ao longo do mesmo um ponto de caudal e velocidade nula, correspondente a uma pressão mínima (máxima queda no tramo).

#### 1.4.3.3. Resolução do sistema malhado

Para resolver o sistema malhado, utiliza-se uma variante do método dos elementos finitos discretizado.

Considera-se o modelo da conduta como uma matriz de rigidez [K] para cada um dos elementos da rede:

$$[K] = G^{(e)} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

onde:

$G^{(e)}$  é o factor que relaciona a queda de pressão no elemento “e” com o caudal circulante de forma linear.  $G^{(e)}$  denominar-se-á factor de rigidez do elemento “e”.

Realiza-se posteriormente a união das matrizes de rigidez da rede numa única matriz, cuja resolução se aborda por métodos matriciais.

Graças a este método, é possível resolver indistintamente sistemas malhados, ramificados ou mistos, com um ou vários pontos de fornecimento em pressão fixa.

#### 1.4.3.4. Dimensionamento (Opção: Dimensionar)

Se, depois de efectuar o cálculo, existirem tramos e/ou nós que não cumpram com todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático.

Devido à complexidade no comportamento de sistemas malhados, aliado à falta de linearidade e necessidade de iteração que apresentam as redes de gás, o dimensionamento deve-se realizar pelo método de prova e rectificação.

Ao pré-dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão).

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

---

► Não se alterará durante o dimensionamento o material do tramo, uma vez que as variações no material utilizado numa obra podem ser limitações impostas ao projecto por factores externos ou normas.

---

O cálculo desta primeira iteração proporciona uma série de desvios sobre os limites estabelecidos em velocidades e pressões.

Aumenta-se o diâmetro do tramo que se encontrar em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade seja o maior.

Depois de os tramos cumprirem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das condutas mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior.

#### 1.4.3.5. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, embora internamente utilize as unidades requeridas pela formulação. As unidades utilizadas mostram-se na seguinte tabela:

Variável	Dados e resultados	Operação
L (Comprimento)	metros (m)	metros (m)
D (Diâmetro)	milímetros (mm)	metros (m)
Q (Caudal)	metros cúbicos por hora (m <sup>3</sup> /h)	metros cúbicos por hora (m <sup>3</sup> /h)
P (Pressão)	bar (bar)	bar (bar)
Pt (Potência)	kW	W
v (Velocidade)	metros por segundo (m/s)	metros por segundo (m/s)

Tabela 1.16



## 2. Conceitos básicos

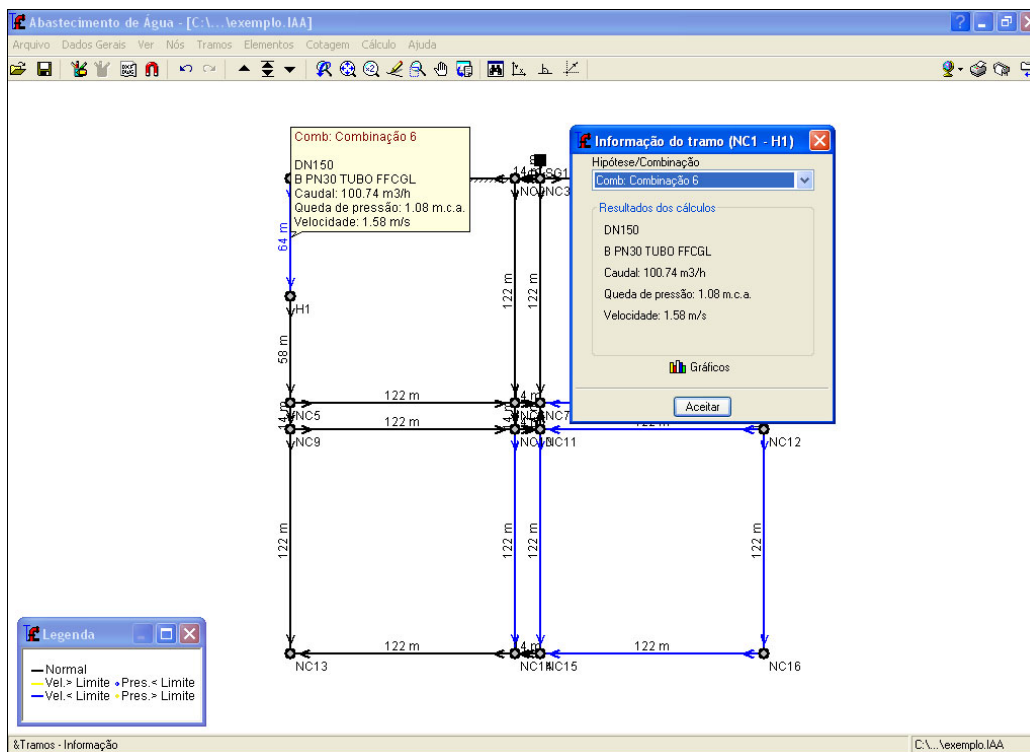


Fig. 2.1

2.1. Listagens

A forma de obter as listagens realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Listagens da obra.**

As listagens podem ser dirigidas para impressora (com vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) ou podem gerar-se ficheiros HTML, PDF, RTF e TXT.

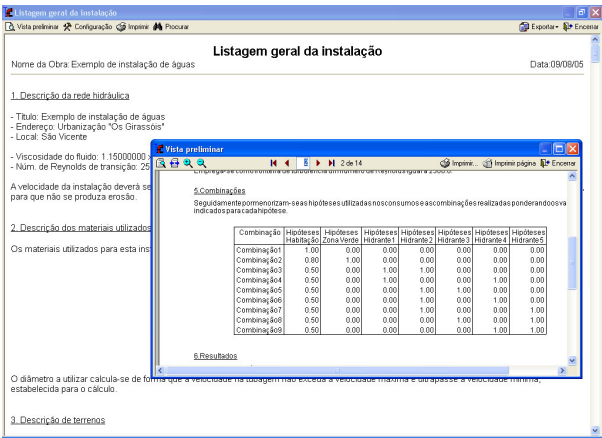


Fig. 2.2

2.2. Desenhos

A forma de obter os desenhos realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Desenhos da obra.**

Podem realizar-se as seguintes operações:

- A janela **Seleção de desenhos** permite acrescentar um ou vários desenhos para imprimir simultaneamente e especificar o periférico de saída: impressora, plotter, DXF ou DWG; seleccionar uma legenda (da **CYPE** ou qualquer outra definida pelo utilizador) e configurar as layers.

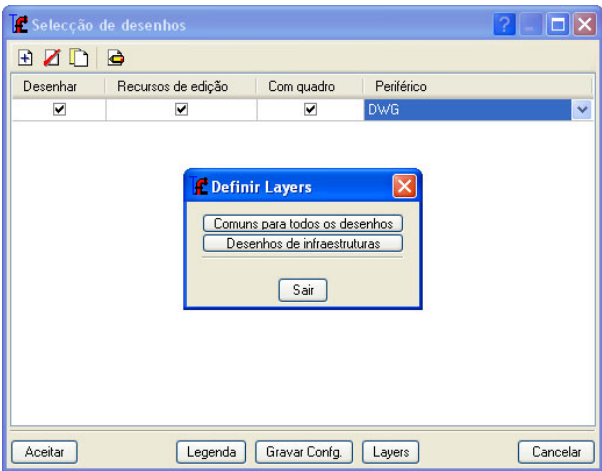


Fig. 2.3

- Em cada desenho configurar os elementos a imprimir, com possibilidade de incluir pormenores do utilizador previamente importados.

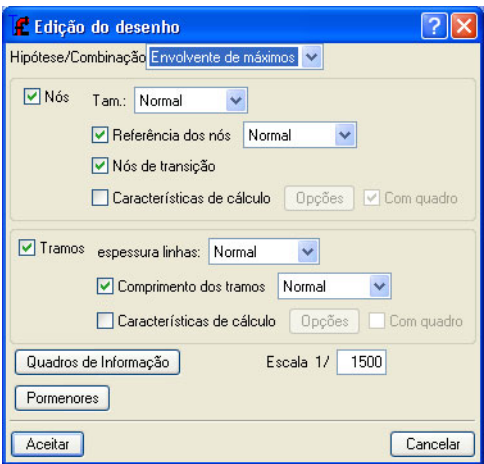


Fig. 2.4

- Modificar a posição de textos.





## 3. Exemplos práticos

### 3.1. Abastecimento de Água

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. No exemplo seleccionado realiza-se o cálculo de uma rede de abastecimento de água.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de abastecimento de água**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Abastecimento de água. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo. A rede é de tipo malhado e considerar-se-ão os consumos de cálculo que se especificam a seguir.

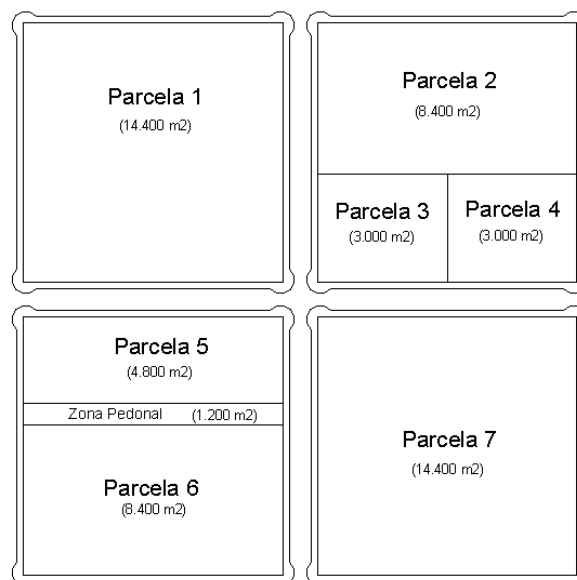


Fig. 3.1

Considere-se uma captação de 0.01 l/habitante/s, incluindo já o factor de ponta. Considere-se ainda 4 habitantes por habitação. Obtém-se o seguinte caudal por habitação:

$$4 \text{ habitantes} \times 0.01 \text{ l/habitante/s} = 0.04 \text{ l/s} \quad (0.144 \text{ m}^3/\text{h})$$

O caudal para bocas de rega em zonas verdes será de 1.5 l/s (5.4 m<sup>3</sup>/h) e prevêem-se 2 uds. O caudal de cada hidrante (boca de incêndio) é de 16.66 l/s (59.98 m<sup>3</sup>/h). A captação para a zona comercial será de 7 l/s (25.2 m<sup>3</sup>/h) e para a zona escolar de 5 l/s (18.0 m<sup>3</sup>/h). Calcular-se-á a rede na sua totalidade em ferro fundido, começando com um diâmetro para toda ela de 80 mm, que é o mínimo estabelecido para a povoação.

As hipóteses simples de cálculo são:

- Habitações
- Zona verde
- Hidrante 1
- Hidrante 2
- Hidrante 3
- Hidrante 4
- Hidrante 5

Estabelecem-se as seguintes combinações de cálculo:

1. (Habitações). Com a capitação correspondente a todas as habitações (comercial + escolar + habitações)
2. (Hab. + Z.verde). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de duas bocas de rega para a zona verde com um caudal cada uma delas de 1.5 l/s.
3. (Hab. + Hidra.1 + Hidra.2). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 1 + Hidrante 2).
4. (Hab. + Hidra.1 + Hidra.4). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 1 + Hidrante 4).
5. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.3). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 3).
6. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.4). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 4)

7. (Hab. + Hidra.2 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 2 + Hidrante 5).
8. (Hab. + Hidra.3 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 3 + Hidrante 5).
9. (Hab. + Hidra.4 + Hidra.5). Com a capitação correspondente a todas as habitações e colocação em funcionamento de dois hidrantes simultaneamente (Hidrante 4 + Hidrante 5).

Os coeficientes de combinação para as hipóteses simples consideradas são os referidos na tabela 3.1.

Comb.	Hab.	Zona Verde	H1	H2	H3	H4	H5
1	1	0	0	0	0	0	0
2	0.8	1	0	0	0	0	0
3	0.5	0	1	1	0	0	0
4	0.5	0	1	0	0	1	0
5	0.5	0	0	1	1	0	0
6	0.5	0	0	1	0	1	0
7	0.5	0	0	1	0	0	1
8	0.5	0	0	0	1	0	1
9	0.5	0	0	0	0	1	1

Tabela 3.1

A rede de abastecimento de água que se vai introduzir pode-se ver na Fig. 3.2.

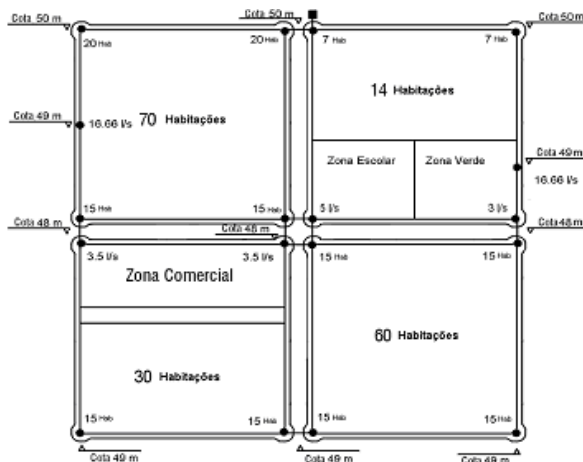


Fig. 3.2

### 3.1.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.


Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

#### 3.1.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Fig. 3.3

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima  para o utilizar como material da obra.

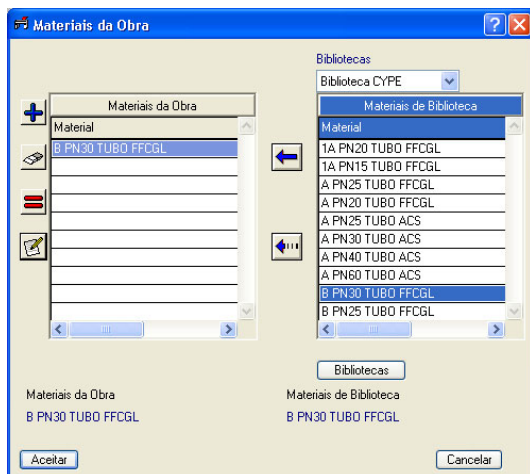



Fig. 3.4

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Selecciono o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão  para o utilizar como terreno da obra.

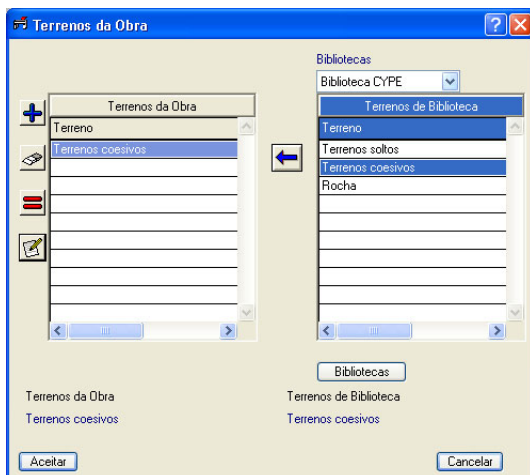


Fig. 3.5

### 3.1.1.2. Separador Parâmetros

A viscosidade do fluido deve ser de  $1.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . O nº de Reynolds de transição de 2500.

### 3.1.1.3. Separador Limites

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que a velocidade máxima nos tramos para qualquer combinação será de 2 m/s e a mínima de 0.3 m/s. A pressão máxima nos nós será de 50 m.c.a. e a mínima de 10 m.c.a.

### 3.1.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1, o coeficiente de majoração de comprimentos será de 20%, a carga introduzir-se-á por capitação e será de 0.04 l/s/habituação ( $0.144 \text{ m}^3/\text{h}/\text{habituação}$ ).

Note-se que poderá seleccionar o sistema de unidades na opção **Geral > Configuração geral > Unidades**.

O prefixo de nó de consumo será NC, o de fornecimento geral SG e o de transição N.

### 3.1.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima de cota de rasante até à aresta superior da face interior da conduta será de 0.90 m, e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

## 3.1.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais > Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

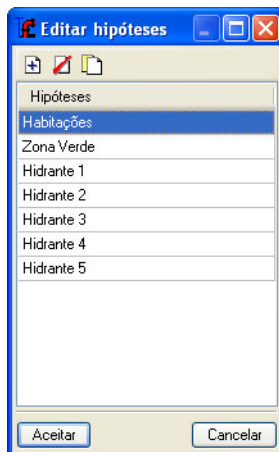


Fig. 3.6

### 3.1.3. Combinaciones

Prima **Dados Gerais > Editar Combinaciones**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Coloque os valores indicados na tabela de coeficientes de combinação para as hipóteses simples nas primeiras páginas deste capítulo.

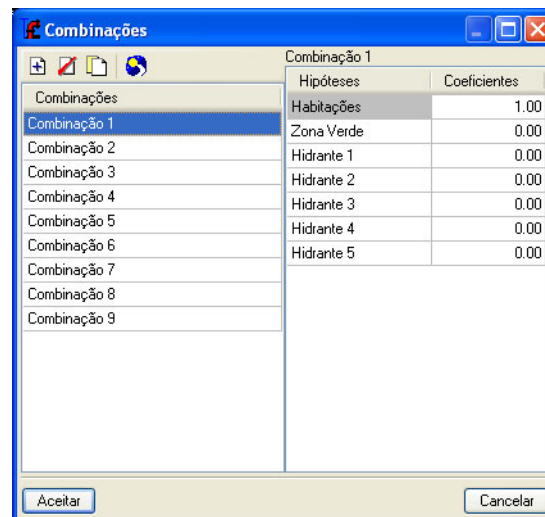



Fig. 3.7

### 3.1.4. Introducción da geometria

Como o mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo > Importar > Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone  **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

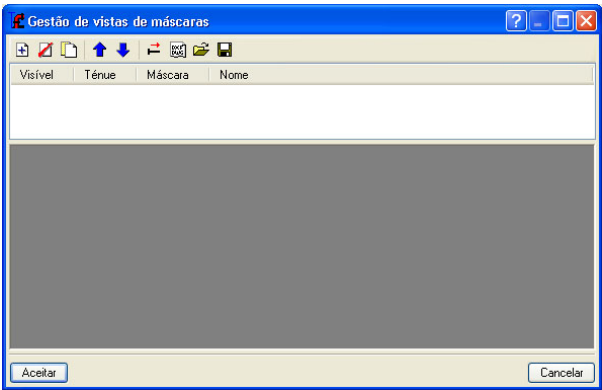


Fig. 3.8

- Prima o ícone **Acréscetar**. Abrir-se-á a janela **Seleção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro:  
\\CYPE Ingenieros\Exemplos\Abastecimento de Água\agua.dxf. Seleccione-o e prima **Abrir**.

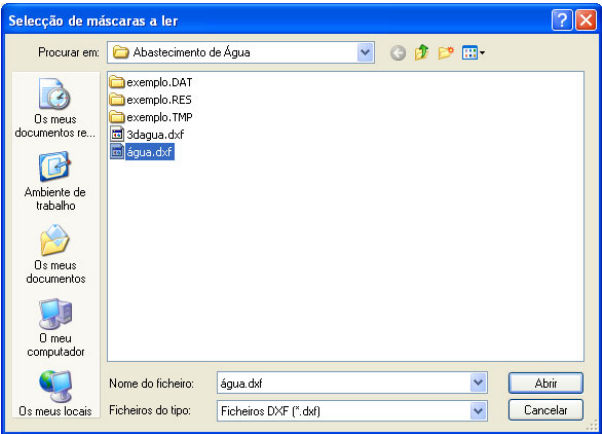


Fig. 3.9

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

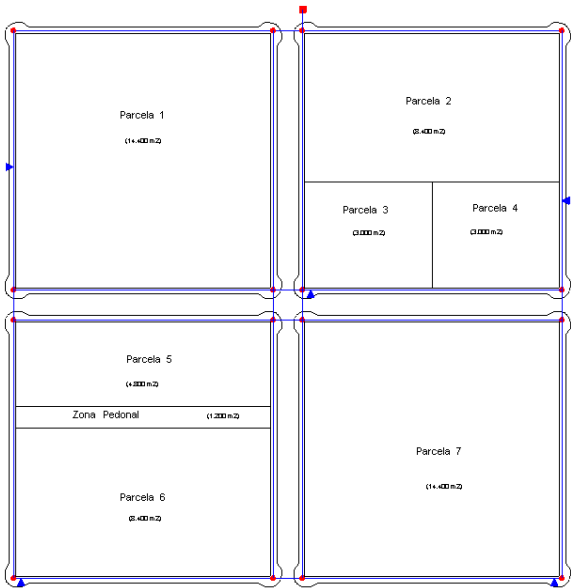


Fig. 3.10

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

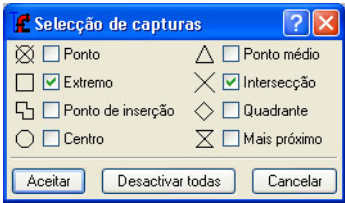


Fig. 3.11

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

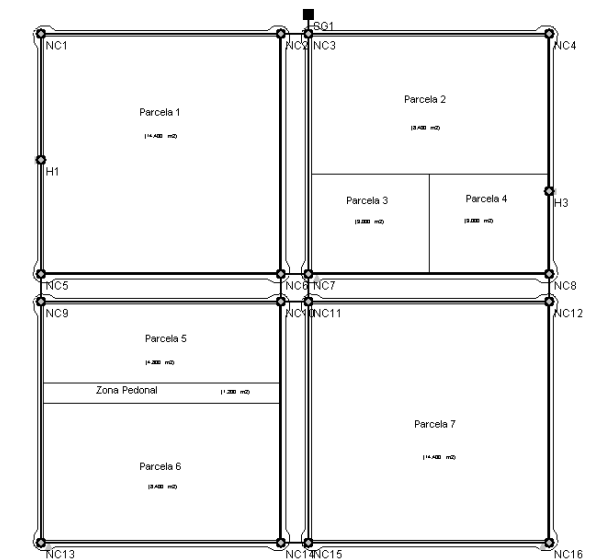


Fig. 3.12

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

### 3.1.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (SG1).

Combinações	Nível depósito (m)
Combinação 1	25.00
Combinação 2	25.00
Combinação 3	25.00
Combinação 4	25.00
Combinação 5	25.00
Combinação 6	25.00
Combinação 7	25.00

Fig. 3.13

Edite o nó de consumo NC1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Prima o botão **Editar** para a hipótese 'Habitações' e introduza o número de unidades.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de 0,04 l/s/habitação (0.144m³/h/habitação). O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 20. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:



Fig. 3.14

No nó H1 (hidrante) introduza uma carga directa de 16,66 l/s (59.98 m³/h).



Fig. 3.15

Pode acontecer que num mesmo nó de consumo, tenha que definir a carga por capitação e de forma directa, e inclusive, dentro da mesma hipótese.

Por exemplo, no nó NC16 o consumo para a hipótese de habitação é **Por Capitação** com 15 habitações e o consumo para a hipótese do hidrante 4 é **Directa** com 16,66 l/s (59.98 m³/h).

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.2.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

3.1.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**; prime-se sobre o tramo e aparece a figura seguinte.

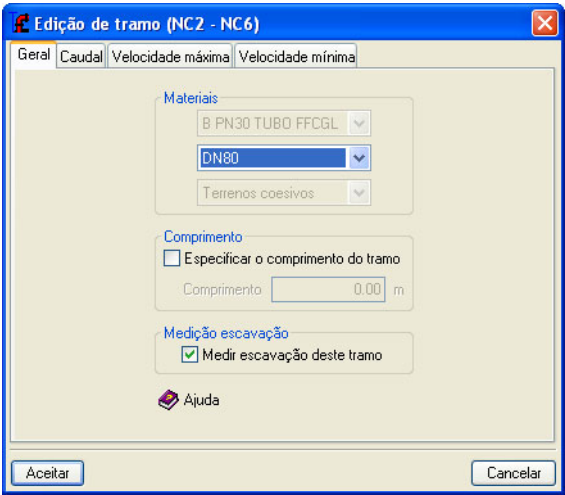


Fig. 3.16

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.1.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

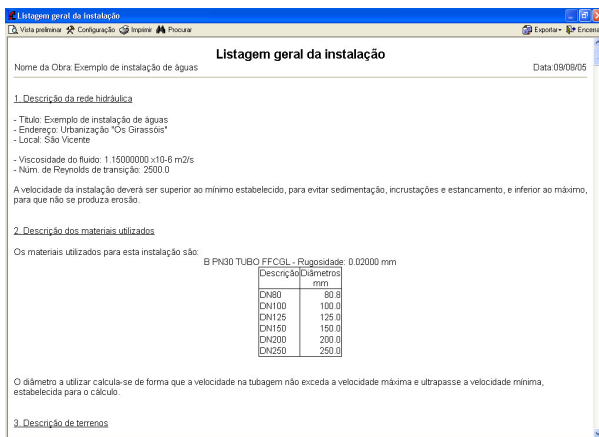



Fig. 3.17

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com  pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

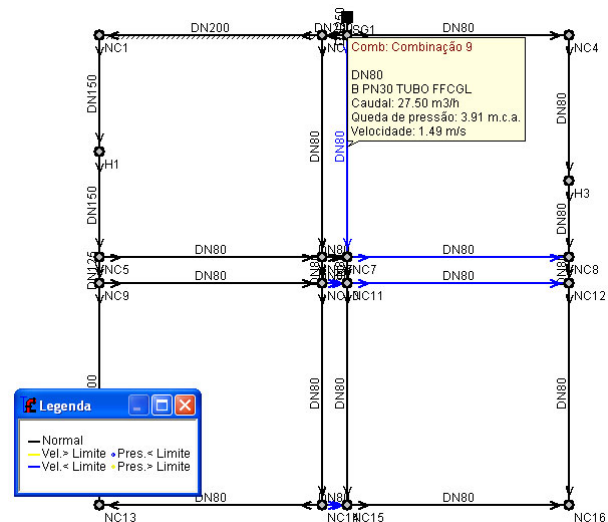


Fig. 3.18

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as

modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a **Memória de Cálculo de Abastecimento de Água**.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.

Pode acontecer, devido a imposições regulamentares, nomeadamente de diâmetros mínimos, que não seja possível verificar a velocidade mínima. O regulamento prevê esta situação, devendo nestes casos serem colocados dispositivos adequados para descarga periódica.

### 3.2. Saneamento

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. No exemplo seleccionado realiza-se o cálculo de uma rede de saneamento.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de saneamento**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Saneamento. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

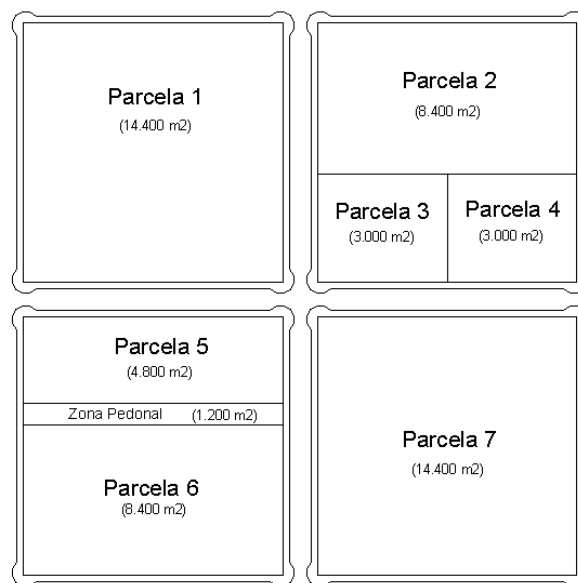


Fig. 3.19

A rede estruturou-se em forma ramificada, considere-se o sistema separativo, exemplificando-se para o caso da drenagem de águas residuais. O sistema de evacuação é por gravidade e considerar-se-ão a título de exemplo os caudais iguais ao exemplo de Abastecimento de águas, 0,04 l/s/habitação (0.144 m³/h/habitação).

Calcular-se-á a rede na sua totalidade de betão armado, começando com um diâmetro para toda ela de 250 mm.

A hipótese simples de cálculo a considerar é apenas:

- Residuais

A rede de saneamento que se vai introduzir como exemplo é a que se vê no esquema da figura seguinte.

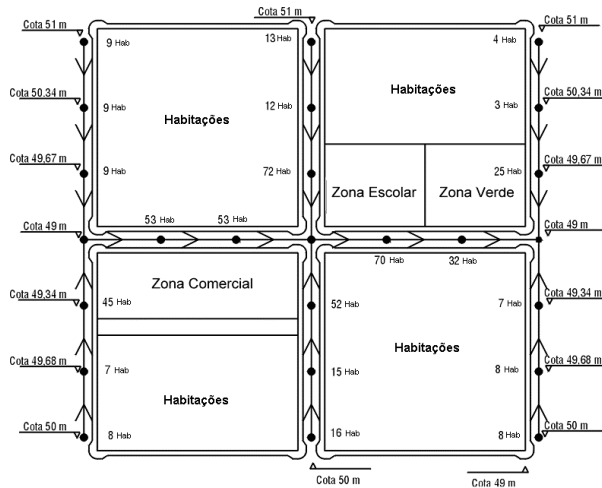


Fig. 3.20

### 3.2.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.


Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

#### 3.2.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Fig. 3.21

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Seccione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima  para o utilizar como material da obra.

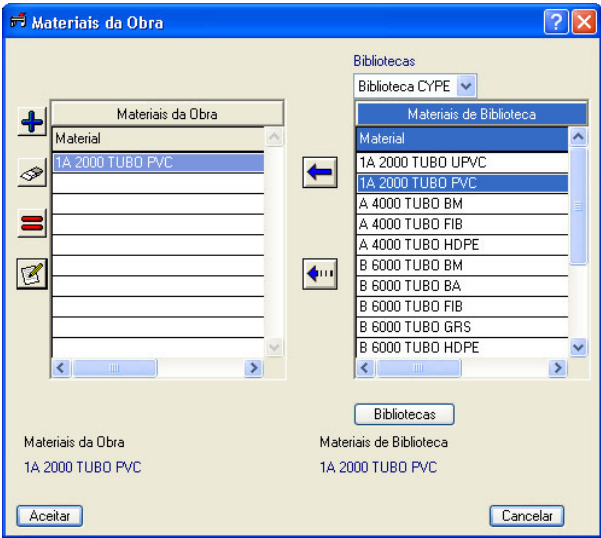



Fig. 3.22

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Selecione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão  para o utilizar como terreno da obra.

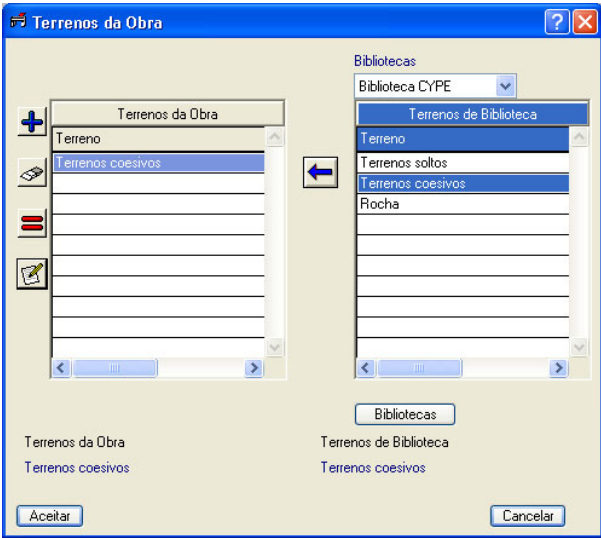


Fig. 3.23

**3.2.1.2. Separador Parâmetros**

A formulação será a de Manning. Deixe os restantes valores a 0.

**3.2.1.3. Separador Limites**

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que a velocidade máxima nos tramos para qualquer combinação será de 3 m/s e a mínima de 0.6 m/s. A pendente máxima será de 15% e a mínima de 0.3%, ambas para qualquer combinação. A lâmina líquida será 50% da altura total.

### 3.2.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1. A carga introduzir-se-á por capitação e será de 0.04 l/s/habituação (0.144 m³/h/habituação).

O prefixo de nó de consumo será PS, o de caixa interceptora SM e o de transição N.

### 3.2.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima do colector será de 1.15 m e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

### 3.2.2. Hipóteses

Prima **Dados Gerais > Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

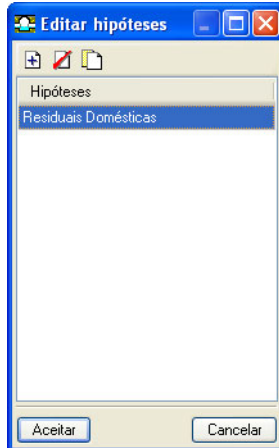


Fig. 3.24

### 3.2.3. Combinações

Prima **Dados Gerais > Editar Combinações**. Abrir-se-á uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Como se trata de um sistema separativo, considere-se apenas uma combinação.

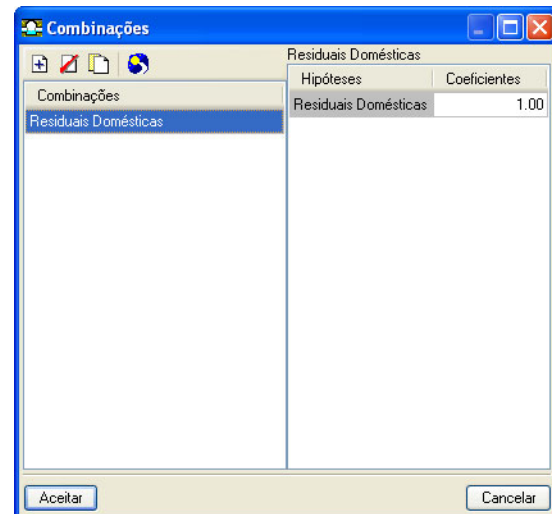



Fig. 3.25

### 3.2.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo > Importar > Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Selecione o ícone  **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abrir-se-á a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

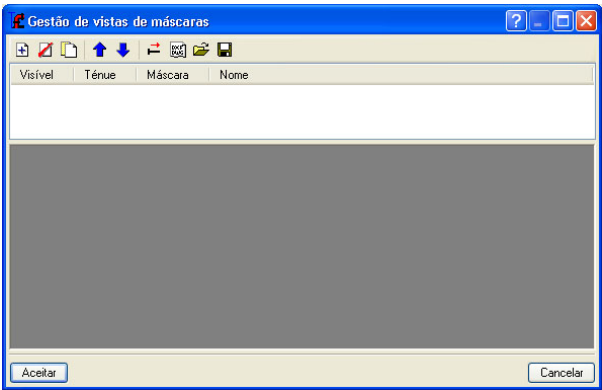


Fig. 3.26

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Seleção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro: \CYPE Ingenieros \Exemplos \Saneamento\ sanea.dxf. Selecciono-o e prima **Abrir**.

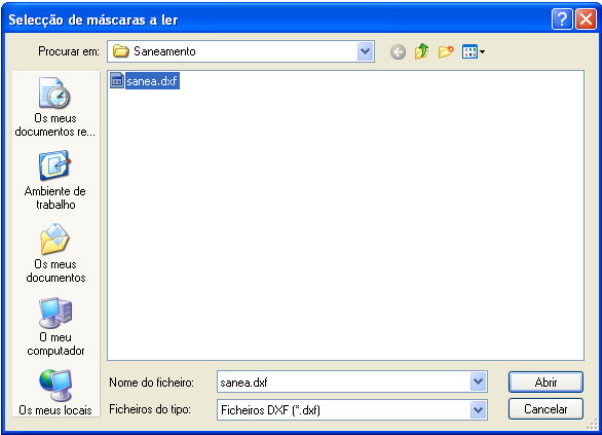


Fig. 3.27

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

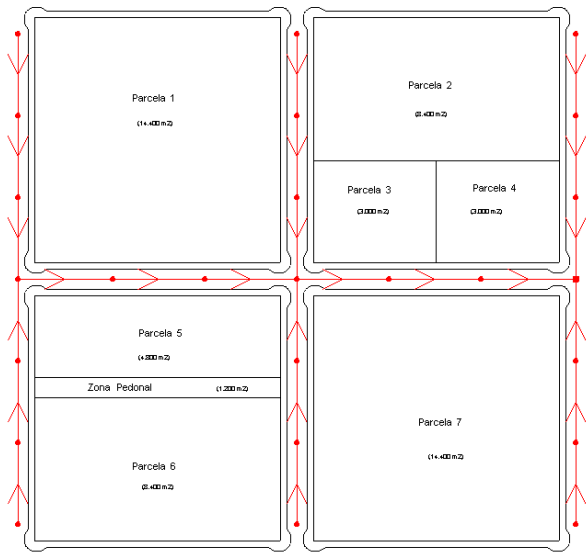


Fig. 3.28

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

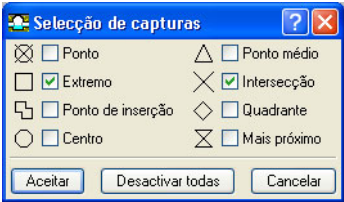


Fig. 3.29

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

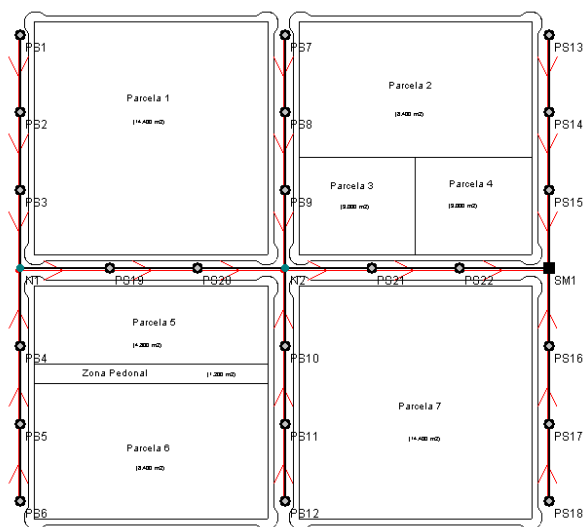


Fig. 3.30

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

### 3.2.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de caixa interceptora (SM1).



Fig. 3.31

Edite o nó de consumo PS1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Prima o botão **Editar** e introduza o número de unidades.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de 0,04 l/s/habitação (0.144 m³/h/habitação). O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 9. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:

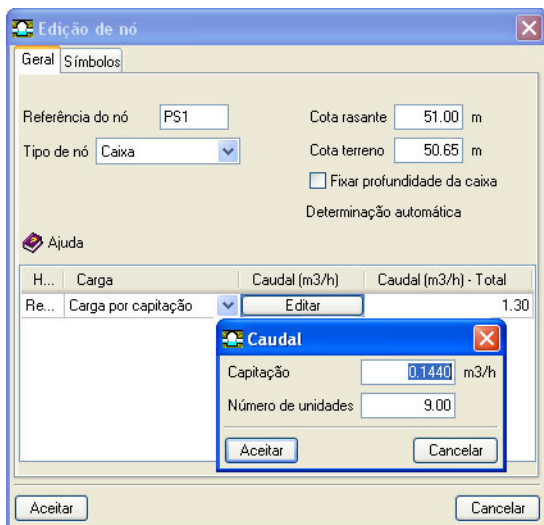


Fig. 3.32

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.20.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.2.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**; prime-se sobre esta e aparece a figura seguinte.

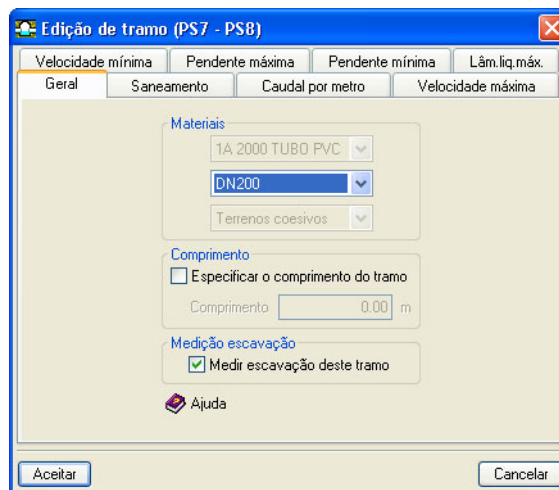


Fig. 3.33

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.2.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

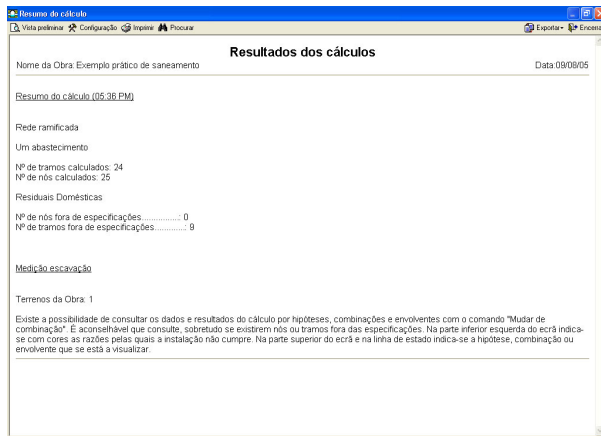



Fig. 3.34

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com  pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envoltentes. As envoltentes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

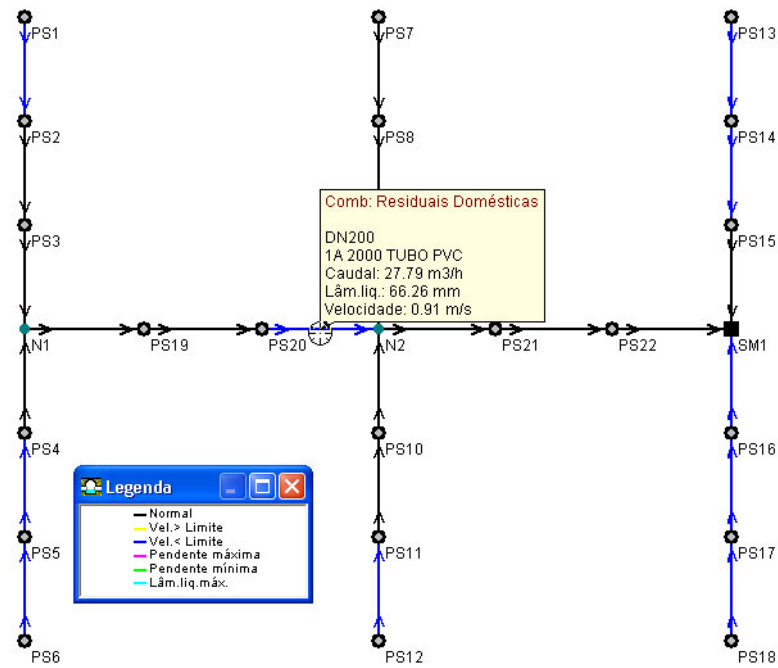


Fig. 3.35

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a **Memória de Cálculo de Saneamento**.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a instalação com esse dimensionamento.

Pode acontecer, devido a imposições regulamentares, nomeadamente de diâmetros mínimos, que não seja possível verificar a velocidade mínima. O regulamento prevê esta situação, devendo nestes casos estabelecer-se medidas especiais.

### 3.3. Electricidade

Nas páginas seguintes aborda-se o desenvolvimento de um exemplo prático que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. O exemplo seleccionado tem por objectivo o cálculo de uma rede de baixa tensão.

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de electricidade**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Electricidade.

O cálculo de uma rede de média tensão ou para iluminação realiza-se da mesma forma. Nos casos significativos incluir-se-ão os dados de cálculo para este tipo de redes.

A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

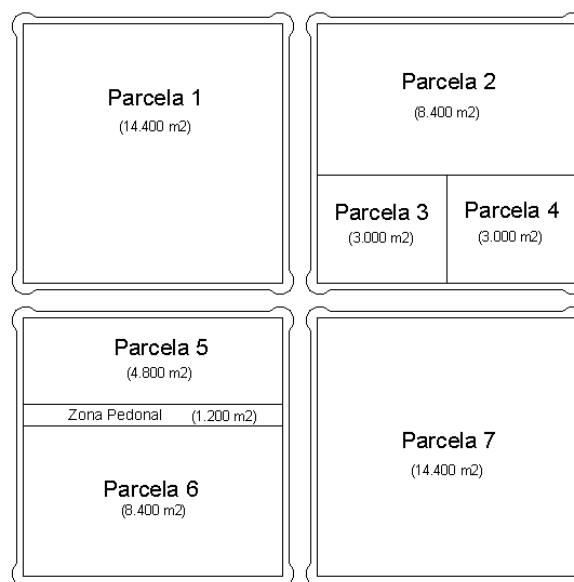


Fig. 3.36

A rede é de tipo ramificado.

A capitação será conforme o quadro mostrado a seguir, no qual se indicam as potências de cada QGP.

A carga para a zona comercial será de 100 W/m² e para a zona escolar 50 W/m².

QGP	Potência (KW)
1	95
2	89
3	150
4	70
5	65
6	65
7	65
8	65
9	65
10	65
11	89

Tabela 3.2

Para média tensão considerar-se-á 630 Kva para cada transformador, e para iluminação pública, 150 W para cada ponto de luz.

Para média tensão, a rede seria de alumínio. Para baixa tensão e para iluminação, de cobre.

Considera-se uma única hipótese. Por isso, não será necessário estabelecer nenhuma combinação de cálculo.

Apesar de neste exemplo se seguir o cálculo de uma rede de baixa tensão, mostram-se os esquemas das redes de média, baixa e iluminação, uma vez que se fará referência a todas elas ao longo destas páginas.

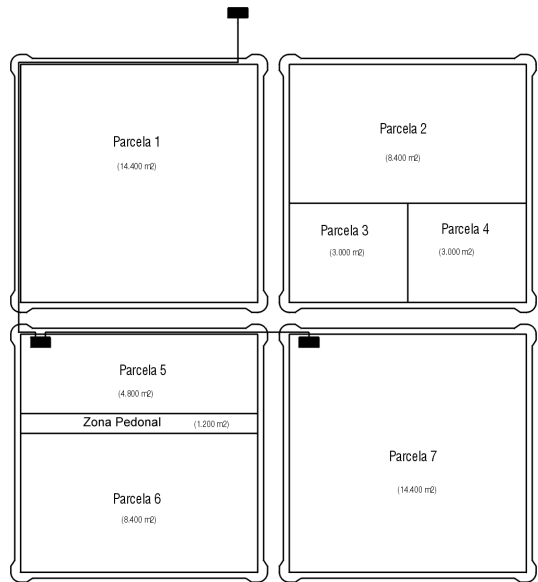


Fig. 3.37 (Média Tensão)

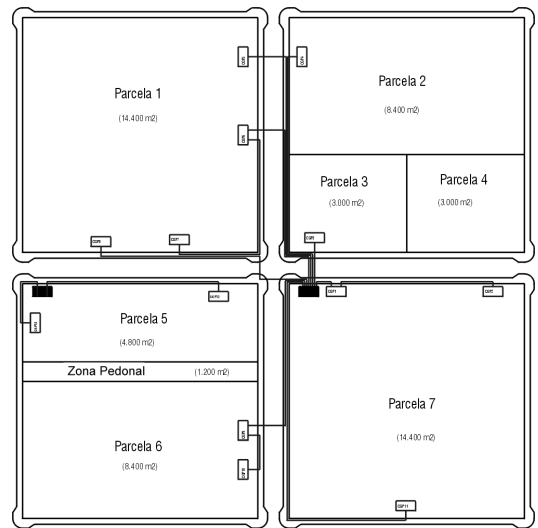


Fig. 3.38 (Baixa Tensão)

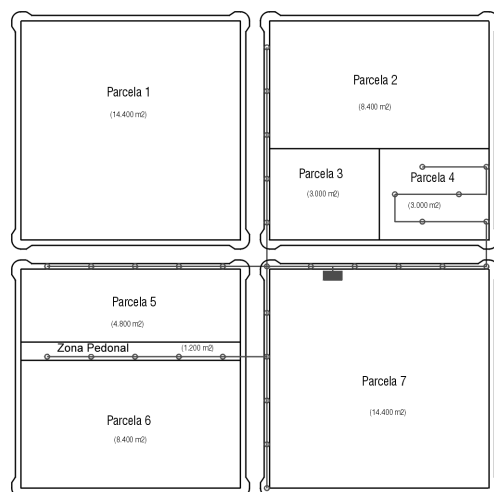


Fig. 3.39 (Iluminação)

### 3.3.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza uma nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.

#### 3.3.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.

Fig. 3.40

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Selecciono o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima para o utilizar como material da obra.

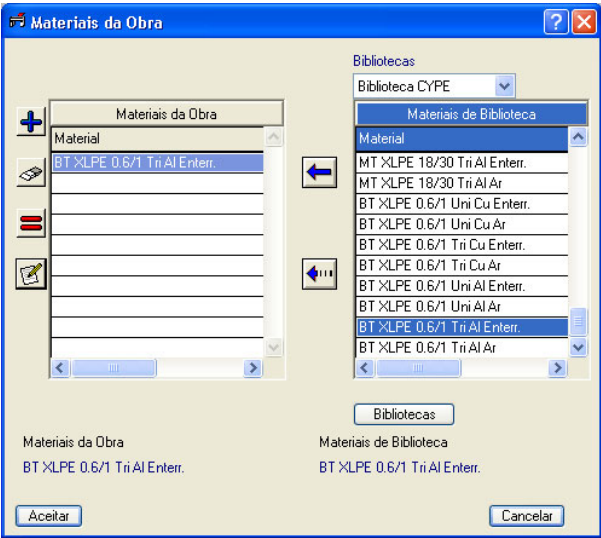



Fig. 3.41

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Selecione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão  para o utilizar como terreno da obra.

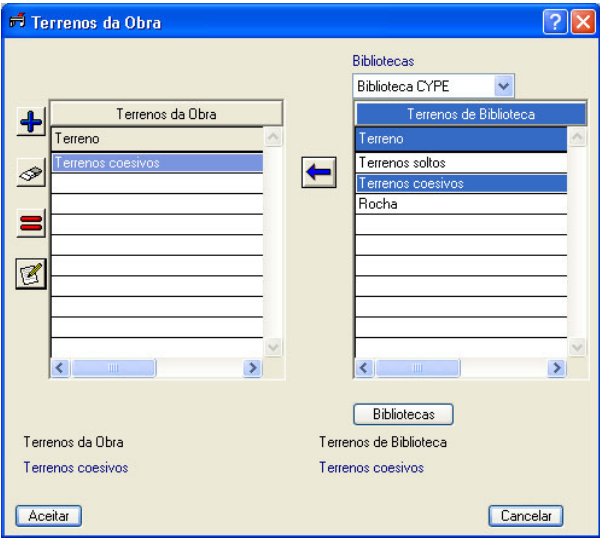


Fig. 3.42

**3.3.1.2. Separador Parâmetros**

Nesta pasta devem definir-se os valores regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se a título de exemplo que a distribuição será trifásica a 380 V, o factor de potência de 0.8, e a potência de curto-circuito de 350 MVA.

**3.3.1.3. Separador Limites**

Tal como se referiu no ponto anterior, aqui devem definir-se os valores regulamentares. Considere-se a título de exemplo que a queda de tensão admissível em tramos será de 5%.

**3.3.1.4. Separador Coeficientes**

O coeficiente de simultaneidade será de 1, não se considera neste caso coeficiente de majoração de

comprimentos, a carga será introduzida por capitação e será de 5 KW (por habitação).

O prefixo de nó de consumo será CGP, o de abastecimento CT e o resto N.

### 3.3.1.5. Separador Escavações

A profundidade mínima do colector será de 1.30 m e a espessura do pavimento de 0.35 m.

### 3.3.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais > Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

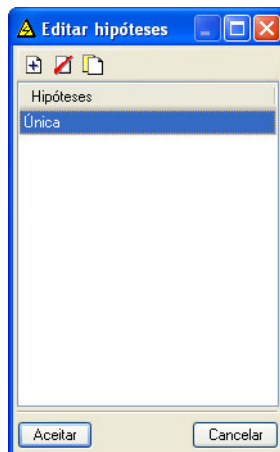


Fig. 3.43

### 3.3.3. Combinações

Prima **Dados Gerais > Editar Combinações**. Abre-se uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Neste caso será uma única.

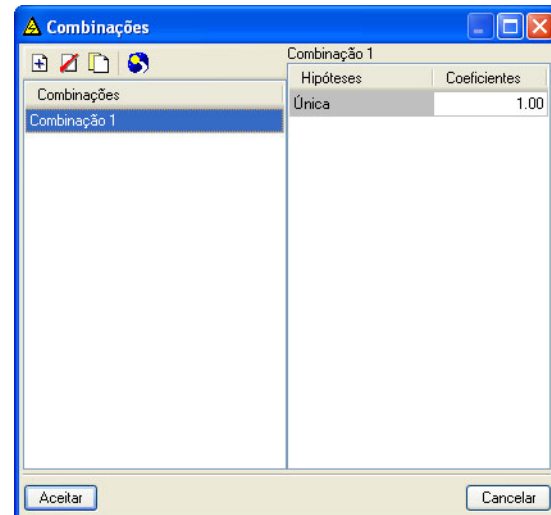


Fig. 3.44

### 3.3.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo > Importar > Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Seleccione o ícone  **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abre-se a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

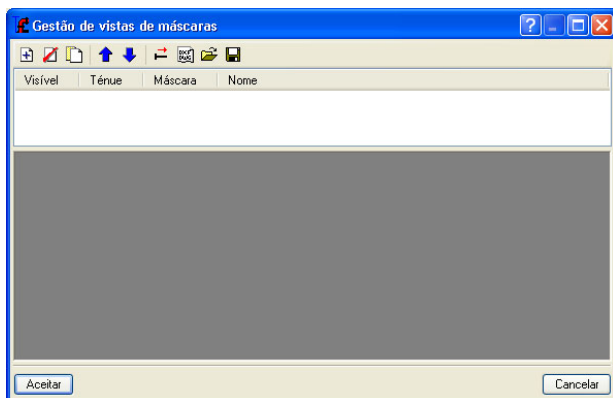


Fig. 3.45

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abrir-se-á a janela **Seleção de máscaras a ler** e será pedido que seleccione o tipo DXF. Procure o ficheiro: \\CYPEIngenieros \Exemplos \Electricidade\ electri.dxf. Selecciono-o e prima **Abrir**.

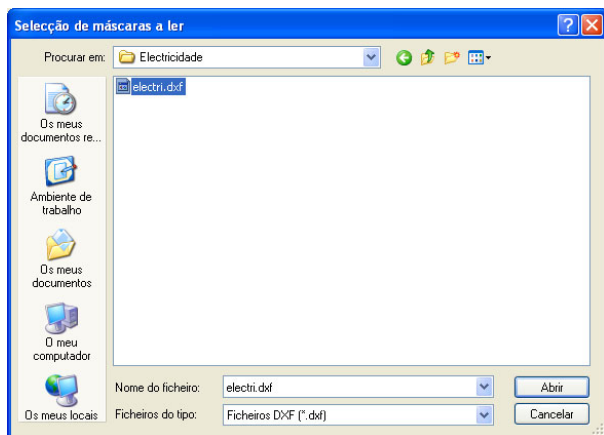


Fig. 3.46

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

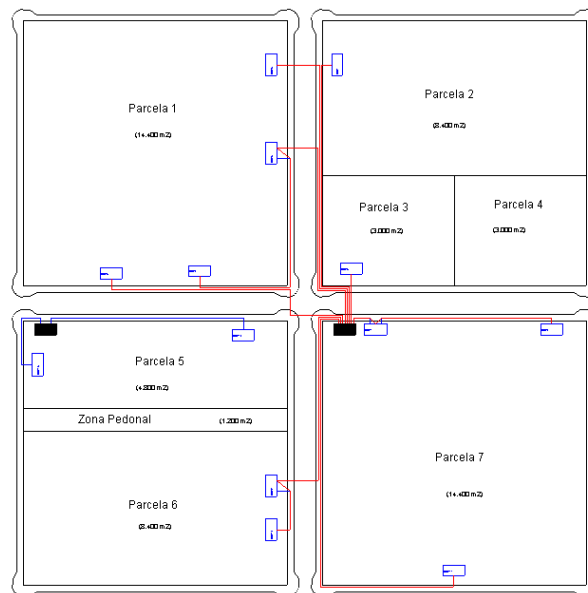


Fig. 3.47

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

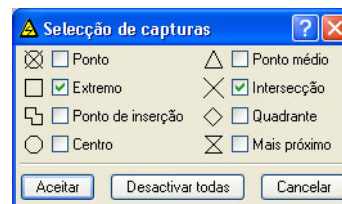


Fig. 3.48

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós. No entanto, as

referências reais dos nós também se mostram na máscara.

Não introduza o nó de abastecimento e os consumos CGP12 e CGP13 que aparecem na máscara, uma vez que é uma rede independente.

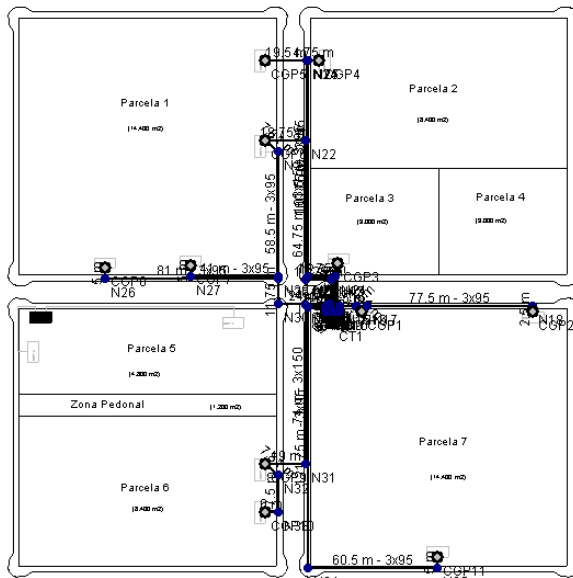


Fig. 3.49

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

### 3.3.5. Edição de nós

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (CT1).

**Edição de nó**

Geral | Percentagem de queda U máxima | Símbolos

Referência do nó

Tipo de nó Fornecimento geral ▼

Ajuda

Tensão resistiva de curto-circuito (E<sub>rcc</sub>)  %

Tensão reactiva de curto-circuito (E<sub>xcc</sub>)  %

Tensão de primário  V

Potência transformador  kVA

Aceitar Cancelar

Fig. 3.50

Edite o nó de consumo CGP1 e atribua-lhe uma carga **Directa**.

Edição de nó

Referência do nó:

Tipo de nó:

Ajuda

Hipóteses	Carga	Potência (kW)	Potência · Total	cos φ	Cc
Única	Carga directa	95.00	95.00	0.80	

Fig. 3.51

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na tabela 3.2.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.3.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**. Se premir sobre o tramo aparece a figura seguinte.



Fig. 3.52

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.3.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

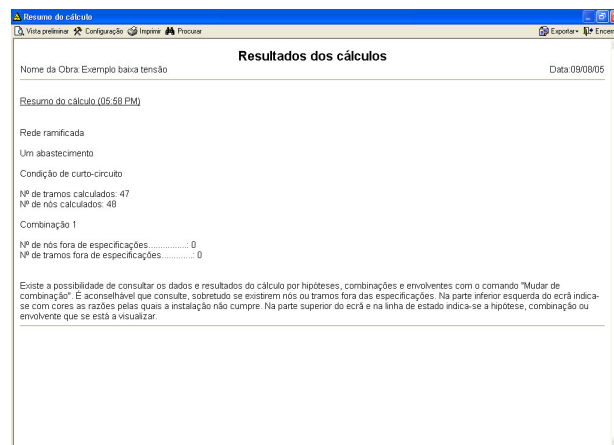



Fig. 3.53

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com  pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no **menu Nós**, como no **menu Tramos**.

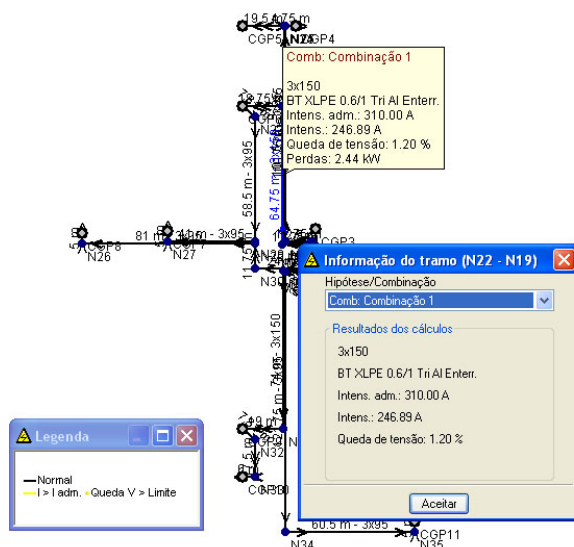


Fig. 3.54

Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para mais informação sobre este aspecto consulte a **Memória de Cálculo de Electricidade**.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento

à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.

### 3.4. Gás

Nas páginas seguintes desenvolve-se um exemplo de cálculo de uma rede de gás que aconselhamos seguir passo a passo para a aprendizagem do manuseamento do programa. A figura seguinte mostra a planta de distribuição de parcelas da qual se realizará o cálculo.

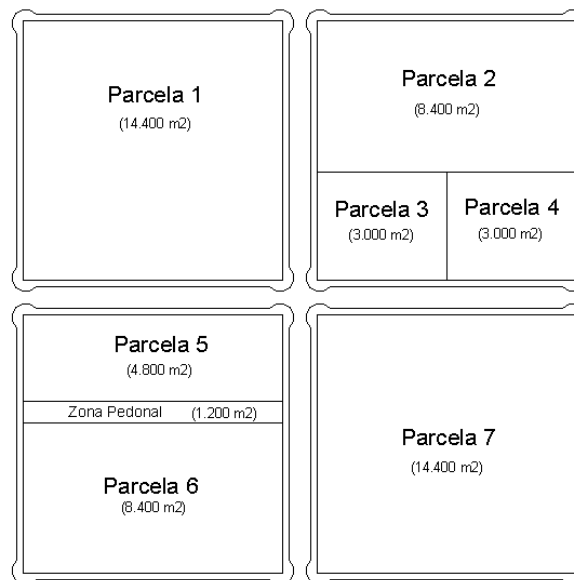


Fig. 3.55

Este exemplo pretende sobretudo apresentar uma metodologia para o cálculo e dimensionamento de **redes de gás**. Nos casos de obras reais os utilizadores deverão obrigatoriamente consultar o regulamento de modo a definir os parâmetros de verificação de acordo com a obra em questão. Ou seja, para cada obra, o utilizador deverá rever todos os valores de defeito do programa, que se encontram na pasta **Dados gerais da**

**Instalação**, de modo que estes estejam de acordo com os requisitos regulamentares

Com o programa inclui-se esta obra de exemplo. Para aceder à mesma siga estes passos:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.

A seguir, já pode abrir o ficheiro de obra disponível na pasta: \CYPE Ingenieros\Exemplos\Gás.

Considere-se a título de exemplo que o caudal por habitação será  $D = 1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ . O caudal para a zona comercial será de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  e para a zona escolar de  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ . Calcula-se a rede na sua totalidade de polietileno, começando com um diâmetro para toda ela de 63 mm. As hipóteses simples de cálculo a considerar são 'Habitações' e 'Zonas comerciais + escolares'. As combinações de cálculo são as seguintes:

1. **Habitações**. Com o caudal correspondente a todas as habitações.
2. **Habitações + Zonas comerciais e escolar**. Com o caudal correspondente a todas as habitações e às zonas comercial e escolar.

A rede de gás está apresentada no esquema da figura seguinte.

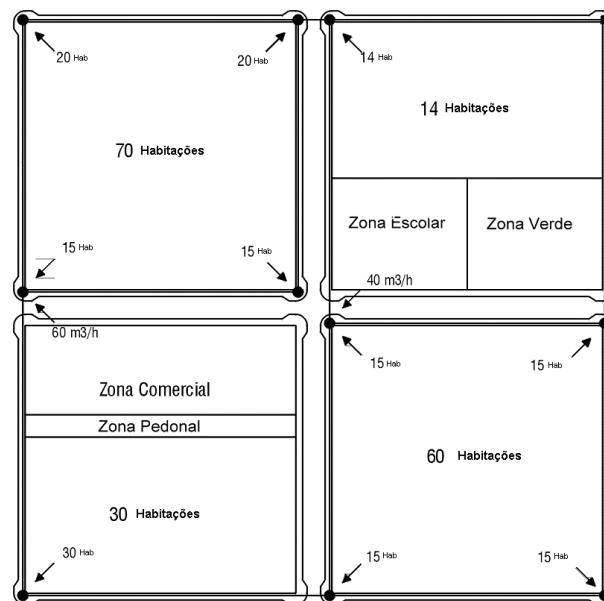


Fig. 3.56

### 3.4.1. Dados gerais

Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**.

Introduza um nome à obra.

Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados Gerais da Instalação**.


#### 3.4.1.1. Separador Geral

Comece por introduzir os dados gerais da instalação: título, endereço, local, data e notas.

Estes dados gerais da instalação aparecerão nas listagens dos resultados de cálculo.



Fig. 3.57

Faça clique no botão **Materiais** para seleccionar os materiais que intervirão na obra. Selecione o material que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima  para o utilizar como material da obra.

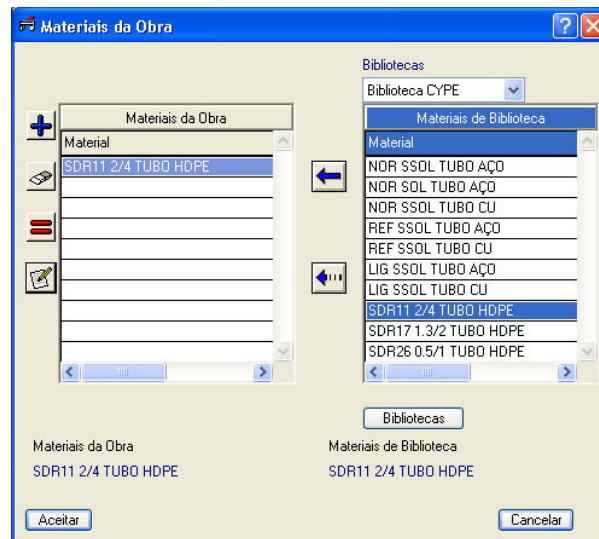



Fig. 3.58

Faça clique no botão **Terrenos** para seleccionar os que intervirão na obra. Selecione o terreno que se mostra na figura seguinte da **Biblioteca CYPE** e prima o botão  para o utilizar como terreno da obra.

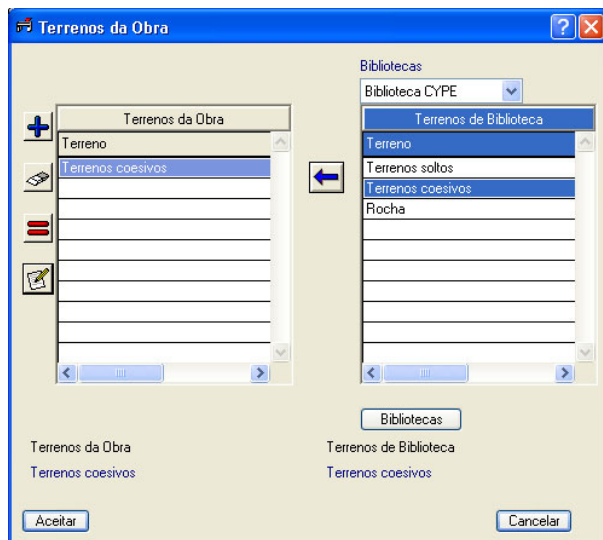


Fig. 3.59

#### 3.4.1.2. Separador Parâmetros

Nesta pasta devem definir-se os valores limites regulamentares de acordo com a obra em questão. Considere-se neste caso a título de exemplo que o consumo será introduzido como caudal em vez de potência calorífica. A pressão de serviço será de 4 bar. A densidade relativa do gás será de 0.65. O coeficiente constante da fórmula de Renouard linear será de 23.2. O coeficiente constante da fórmula de Renouard quadrática será de 48.6. O coeficiente constante da fórmula da velocidade do gás será de 354. O coeficiente de compressibilidade do gás será de 1.

#### 3.4.1.3. Separador Limites

Tal como se referiu anteriormente, nesta pasta devem definir-se os limites regulamentares. A velocidade limite nos tramos será de 15 m/s. A pressão mínima nos nós será de 1.5 bar.

#### 3.4.1.4. Separador Coeficientes

O coeficiente de simultaneidade será de 1. O coeficiente de majoração de comprimentos será de 20%. A carga será introduzida por capitação e será de 1.2 m<sup>3</sup>/h (por habitação).

O prefixo de nó de consumo será NC, o de abastecimento SG e o de transição N.

#### 3.4.1.5. Separador Escavações

Considere-se que a profundidade mínima da conduta será de 0.70 m, e a espessura do pavimento de 0.35 m.

Active a casa **Mostrar parâmetros de escavação**.

#### 3.4.2. Hipóteses

Nas primeiras páginas deste capítulo especificaram-se as hipóteses, combinações e coeficientes que intervirão no cálculo da rede.

Prima **Dados Gerais** > **Editar Hipóteses**. Configure as hipóteses simples que se mostram a seguir.

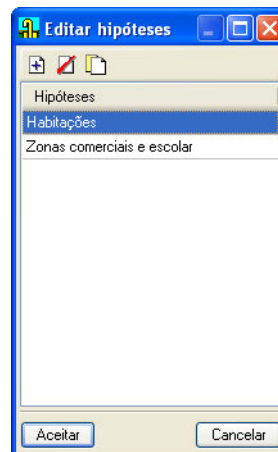


Fig. 3.60

### 3.4.3. Combinações

Prima **Dados Gerais > Editar Combinações**. Abre-se uma janela onde se indicará o nome das combinações e coeficientes de combinação que se vão estabelecer para cada hipótese. Coloque os valores indicados na tabela dos coeficientes de combinação para as hipóteses simples nas primeiras páginas deste capítulo.

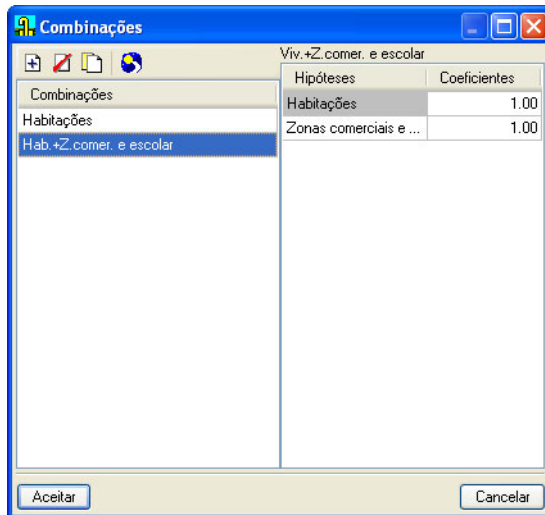



Fig. 3.61

### 3.4.4. Introdução da geometria

O mais cómodo é utilizar um DXF ou DWG que sirva de máscara para introduzir a geometria. Para instalar no seu disco o DXF deste exemplo, execute a opção **Arquivo > Importar > Exemplos para importação**.

A seguir, para importar o ficheiro DXF em formato próprio do programa siga estes passos:

- Selecione o ícone  **Editar Máscaras** da barra de ferramentas. Abre-se à a janela **Gestão de vistas de máscaras**.

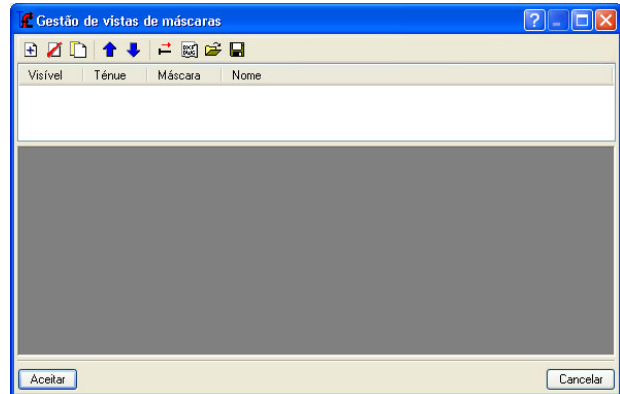


Fig. 3.62

- Prima o ícone **Acrescentar**. Abre-se-á a janela **Seleção de máscaras a ler** e será pedido que selecione o tipo DXF.
- Procure o ficheiro:  
\CYPE Ingenieros\Exemplos\gás\gás.dxf.  
Selecione-o e prima **Abrir**.

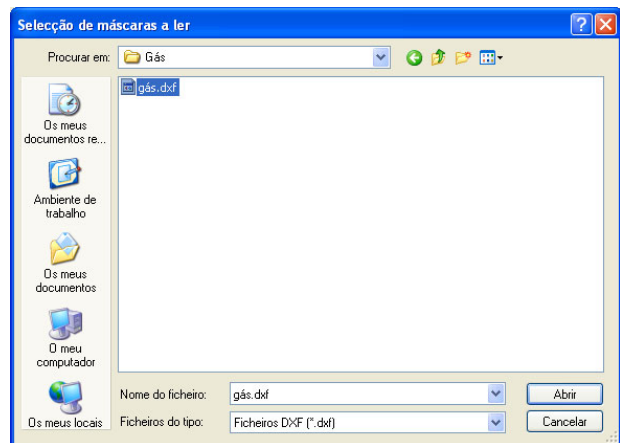


Fig. 3.63

- Prima **Aceitar** para voltar à janela **Gestão de vistas de máscaras** e prima **Aceitar** novamente para o visualizar no ecrã.

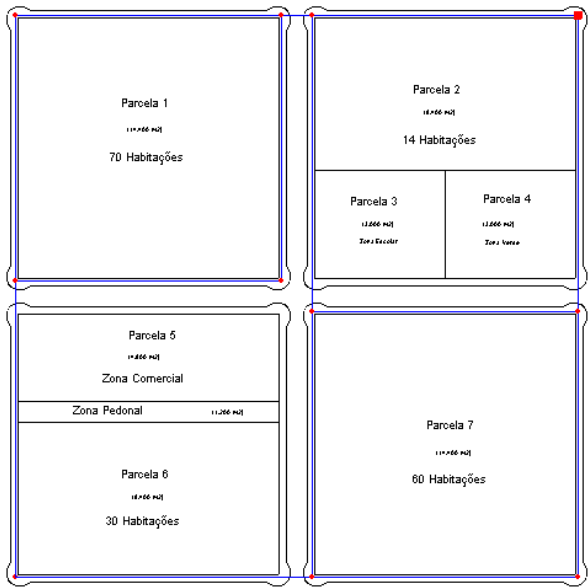


Fig. 3.64

Para a utilização das capturas prima na barra de ferramentas sobre **Capturas para máscaras** e active por exemplo **Intersecção** ou **Extremo**.

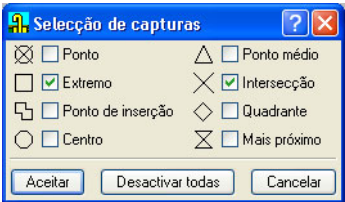


Fig. 3.65

Introduza os tramos com a opção **Tramos > Novo** e apoiando-se na máscara. Apesar de ao introduzir os

tramos os nós mostrem umas referências que não são as da figura seguinte, pretendeu-se mostrar as referências definitivas para que sirvam de guia ao utilizador na posterior edição de nós.

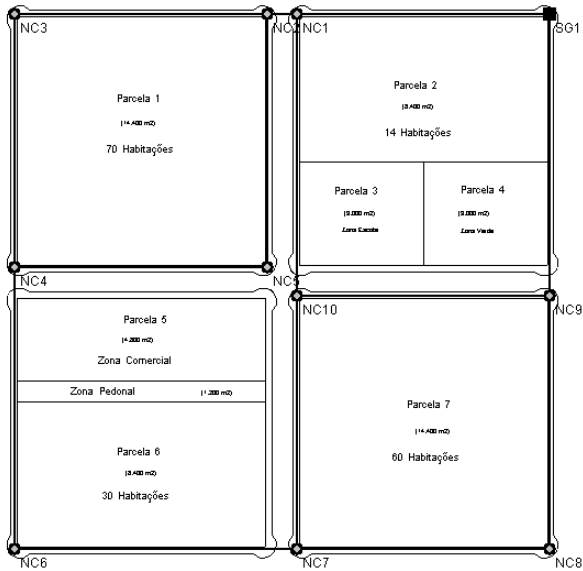


Fig. 3.66

Os nós criam-se por defeito como nós de transição, isto é, nós sem consumo que permitem realizar mudanças de direcção conservando a unidade do tramo no dimensionamento.

**3.4.5. Edição de nós**

Prima **Nós > Editar dados de cálculo**. Introduza os dados da figura seguinte no nó de fornecimento geral (SG1).

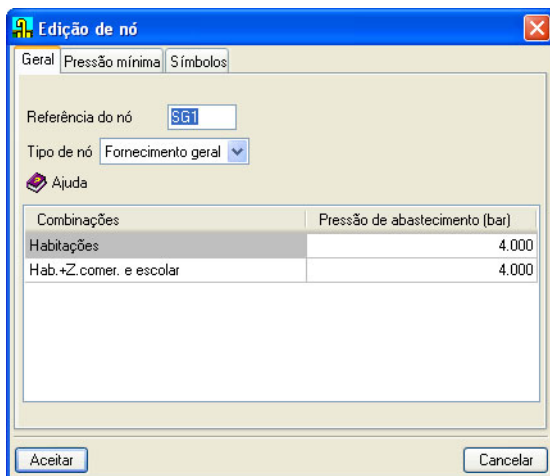


Fig. 3.67

Edite o nó de consumo NC1 e atribua-lhe uma carga **Por Capitação**. Na tabela de cargas prima na coluna **Caudal** sobre **Editar** da hipótese correspondente, neste caso 'Habitacões'.

A capitação indica-se em **Dados gerais > Coeficientes** e é de  $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ . O número de unidades é o número de habitações a abastecer por nó; aqui, 14. Por isso, prima **Editar** e introduza os dados seguintes:



Fig. 3.68

Introduza os dados dos restantes nós como se mostra na figura 3.56.

É muito prático introduzir os dados dos nós com o comando **Nós > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.4.6. Edição de tramos

Apesar de neste exemplo se deixarem os dados por defeito, para modificar um tramo utiliza-se a opção **Tramos > Editar dados de cálculo**, se premir sobre o tramo aparece a figura seguinte.

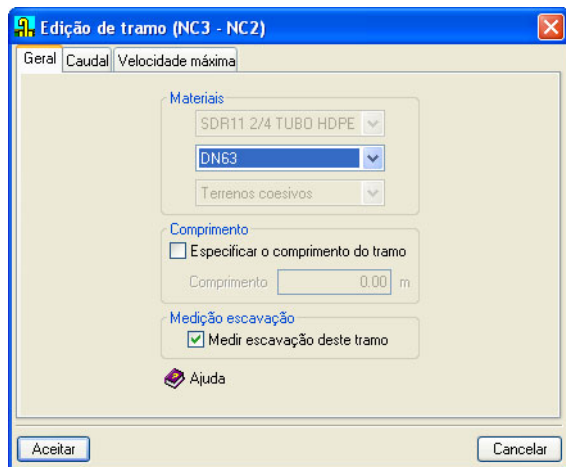


Fig. 3.69

Abre-se uma janela na qual introduzirá os dados particulares desse tramo, de forma que possam ser diferentes dos dados gerais.

Prima sobre o botão de ajuda no ecrã para mais informação.

É muito prático introduzir os dados dos tramos com o comando **Tramos > Atribuir dados de cálculo**.

### 3.4.7. Cálculo

Para calcular a rede, active o menu **Cálculo > Calcular**. O programa verificará a rede com as dimensões indicadas.

Uma vez realizado, pode acontecer que apareça uma informação na qual se mostram os erros que se produziram durante o cálculo.

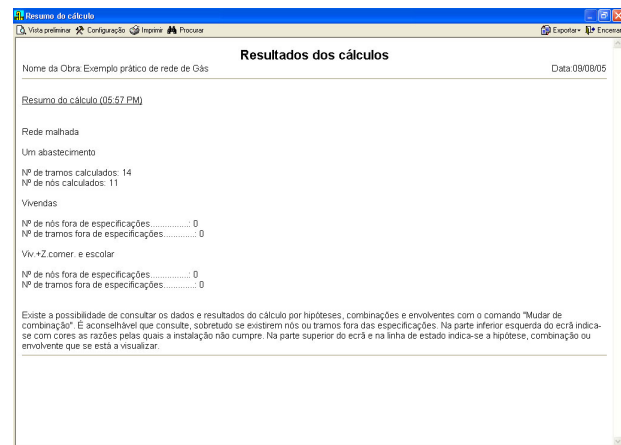



Fig. 3.70

O cálculo não se detém por nenhum motivo se a resolução da rede for possível.

Depois do cálculo, o programa mostrará a envolvente de máximos. Os nós ou tramos que não cumprirem aparecerão em cor **vermelha**.

Com  pode visualizar os dados e resultados das diferentes hipóteses, combinações e envolventes. As envolventes apenas indicam se o tramo cumpre ou não.

Para saber o motivo pelo qual um nó ou um tramo não cumpre, deve activar uma combinação. Verá uma legenda de cores que identifica os nós e tramos com os seus limites.

Na parte inferior pode ver um rótulo que indica o nome da obra e hipóteses, envolvente ou combinação na qual se encontra.

Para consultar os dados resultantes do cálculo de cada nó ou tramo para combinação, prima o botão **Informação** tanto no menu **Nós**, como no menu **Tramos**.

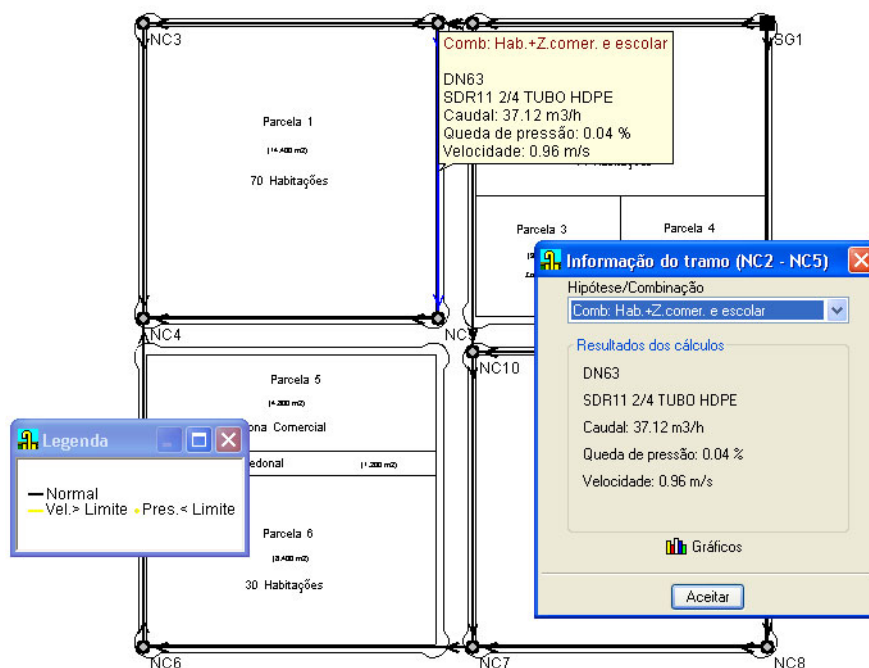


Fig. 3.71

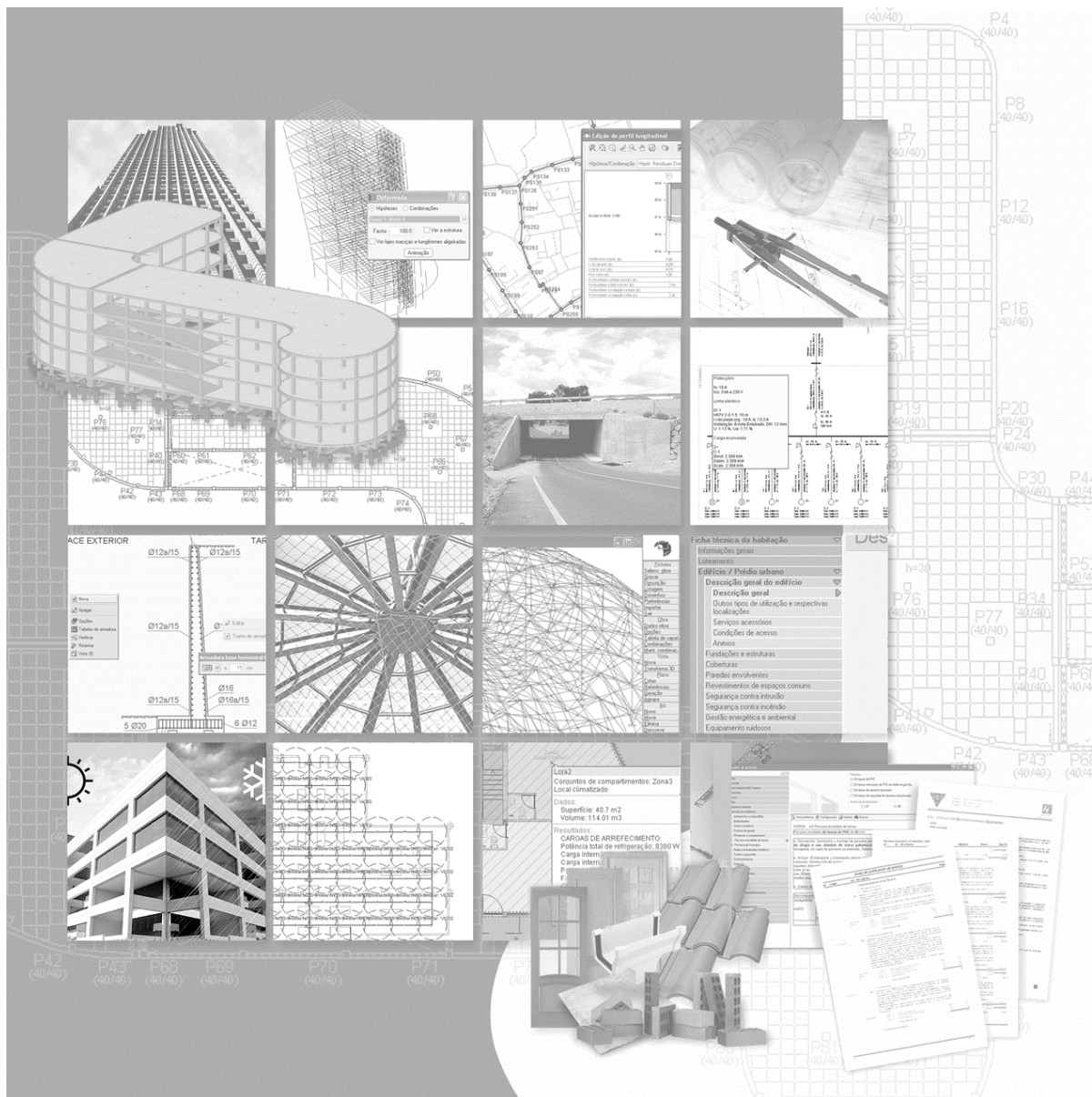
Uma vez verificados todos os resultados do cálculo, tanto para tramos como para nós, terá de realizar as modificações necessárias para ajustar a rede, de forma manual ou de forma automática.

Se, depois do cálculo, existirem tramos ou nós que não cumpram todas as limitações impostas, pode-se recorrer a um pré-dimensionamento óptimo automático. Para

mais informação sobre este aspecto consulte a **Memória de Cálculo de Gás**.

Prima **Cálculo > Dimensionar**. O programa perguntará se deseja atribuir os resultados do pré-dimensionamento à obra actual. Se premir **Sim**, calcular-se-á a rede com esse dimensionamento.







# Cypelec

Com **Cypelec** poderá realizar o cálculo, verificação e dimensionamento de instalações eléctricas em baixa tensão para habitações, lojas comerciais, escritórios e instalações gerais de construção.

As listagens permitem obter o projecto completo da instalação eléctrica, incluindo Memória Descritiva, Cálculos, Condições Técnicas e Esquemas, para apresentação aos organismos públicos competentes.

Os desenhos gerados, com destino a qualquer periférico gráfico, DXF e DWG são, entre outros: Unifilar completo, Unifilar por zonas, Sinóptico, Corte, etc.

Encontra-se perante um poderoso programa para o cálculo e dimensionamento de instalações eléctricas, ideal para obter projectos de instalações. Tudo isto, com total garantia nos cálculos e resultados.



# 1. Memória de cálculo

Este programa é uma aplicação de projecto assistido por computador de instalações eléctricas de baixa tensão. O programa compreende a definição de esquema, escolha de materiais e respectivo dimensionamento e verificação segundo as normas portuguesas aplicáveis. Concluído o projecto da obra no programa, é possível imprimir ou exportar desenhos do esquema unifilar, sinóptico e corte, bem como a respectiva memória descritiva.

Esta memória de cálculo foi preparada segundo a norma Portuguesa.

## 1.1 Cálculos eléctricos básicos

### 1.1.1. Cálculo de cargas

#### 1.1.1.1. Cargas monofásicas

As cargas monofásicas definidas serão consideradas como trifásicas para o cálculo de intensidades de linha em linhas *à priori* trifásicas.

Portanto, para cargas monofásicas, a intensidade de linha calcula-se como:

$$I_{\text{Linha, trifásica}} = \frac{\frac{P}{3}}{U_{\text{simples}} \cos \varphi_{\text{carga}}}$$

Sendo:

$I_{\text{Linha}}$ : intensidade de linha nos condutores que alimentam a carga (A).

P: potência activa a alimentar (W).

$U_{\text{simples}}$ : tensão entre fase e neutro da instalação.

$\cos \varphi_{\text{carga}}$ : factor de potência da carga.

Considera-se uma carga monofásica como uma carga trifásica equilibrada.

Não é possível utilizar cargas monofásicas em linhas trifásicas sem distribuição de neutro.

#### 1.1.1.2. Cargas trifásicas

Em cargas trifásicas, a intensidade de linha calcula-se como:

$$I_{\text{Linha, Trifásica}} = \frac{P}{\sqrt{3} U_{\text{composta}} \cos \varphi_{\text{carga}}}$$

Sendo:

$I_{\text{Linha}}$ : intensidade de linha nos condutores que alimentam a carga (A).

P: potência activa a alimentar (W).

$U_{\text{composta}}$ : tensão duas fases da instalação.

$\cos \varphi_{\text{carga}}$ : factor de potência da carga.

Não é possível utilizar cargas trifásicas em linhas monofásicas.

#### 1.1.2. Quedas de tensão

##### 1.1.2.1. Linhas trifásicas

A queda de tensão nas linhas trifásicas calcula-se como:

$$\Delta U_{\text{Trifásica}} = \sqrt{3} L (R \cos \varphi + X \sin \varphi) I_{\text{Linha, trifásica}}$$

Sendo:

$\Delta U$ : queda de tensão ao longo do tramo (V).

L: comprimento resistente do tramo (m).

R: resistência do cabo por unidade de comprimento do tramo ( $\Omega/\text{m}$ ) a 90°C.

$\cos \varphi$ : factor de potência das cargas a jusante do tramo.

X: reactância do cabo por unidade de comprimento do tramo ( $\Omega/\text{m}$ ).

$\text{sen } \varphi$ : factor de potência reactiva das cargas a jusante do tramo.

$I_{\text{Linha}}$ : intensidade simples circulante pelo tramo (A).

### 1.1.2.2. Linhas monofásicas

Não é possível conectar uma carga trifásica a uma linha monofásica, portanto as cargas conectadas serão todas monofásicas.

Pelo cálculo da intensidade visto anteriormente para cargas monofásicas, calcula-se a intensidade de linha das mesmas para obter a intensidade de linha equivalente numa linha trifásica.

$$\Delta U_{\text{Monofásica}} = 2L(R \cos \varphi + X \text{sen} \varphi) \cdot 3I_{\text{Linha, trifásica}}$$

Sendo:

$\Delta U$ : queda de tensão ao longo do tramo (V).

L: comprimento resistente do tramo (m). Multiplica-se por dois, já que há que ter o percurso de ida e volta.

R: resistência do cabo por unidade de comprimento do tramo ( $\Omega/\text{m}$ ) a  $90^\circ\text{C}$ .

$\cos \varphi$ : factor de potência das cargas a jusante do tramo.

X: reactância do cabo por unidade de comprimento do tramo ( $\Omega_r/\text{m}$ ).

$\text{sen } \varphi$ : factor de potência reactiva das cargas a jusante do tramo.

$I_{\text{Linha, trifásica}}$ : intensidade circulante pelo tramo (A).

### 1.1.2.3. Correção da resistência com a temperatura

Como as tabelas de dados para cabos indicam valores de resistência ( $\Omega\text{m}/\text{km}$ ) a  $20^\circ\text{C}$ , será aplicada a fórmula de correção desta com a temperatura.

$$R_{90^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha_{20^\circ\text{C}} \cdot \Delta t) \rightarrow \begin{cases} \alpha_{20^\circ\text{C}} = 0.00393 \text{ em cobre} \\ \alpha_{20^\circ\text{C}} = 0.00403 \text{ em alumínio} \end{cases}$$

## 1.1.3. Cálculo de curto-circuito

### 1.1.3.1. Tipos de curto-circuito

Os curto-circuitos podem ser de diversa índole:

- Curto-circuito trifásico simétrico, em que as três fases entram em contacto simultaneamente e a tensão entre elas anula-se. É o caso de mais elevadas correntes de curto-circuito numa instalação trifásica.
- Curto-circuito trifásico assimétrico, entre duas fases, tem o inconveniente de ser assimétrico e o seu estudo é mais complexo. As correntes produzidas são similares às produzidas por um curto-circuito trifásico simétrico.
- Curto-circuito monofásico (fase - neutro ou fase - terra), o mais habitual, comporta intensidades menores que as anteriores pois a diferença de potencial é menor - tensão simples.

Qualquer destes curto-circuitos pode ocorrer numa instalação. Há que determinar quais e em que locais são mais prejudiciais.

- **Curto-circuito trifásico no início da linha**, que provoca as intensidades de curto-circuito mais altas, primeiro por ser trifásico e segundo porque a impedância abarcada é a menor (menor comprimento de linha). Este é o mais elevado curto-circuito que pode sofrer a linha.
- **Curto-circuito monofásico no final da linha**, que provoca as intensidades mais baixas, já que conta com a maior impedância abarcada e é o tipo de curto-circuito mais 'suave'.

### 1.1.3.2. Cálculo de curto-circuito trifásico no início da linha

Supõe que o curto-circuito se produz num ponto justamente a jusante das protecções, no início da linha.

A intensidade resultante deste curto-circuito será:

$$I_{cc, \text{m áx}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}}$$

Onde:

$Z_{cc}$ : impedância do circuito trifásico a montante.

A impedância a montante em qualquer circuito calcula-se como:

$$\begin{aligned} Z_{cc} &= \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} \\ R_{cc} &= R_{cc, T} + R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1} \\ X_{cc} &= X_{cc, T} + X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} \end{aligned}$$

Sendo:

$R_{cc, T}$ : resistência de curto-circuito do transformador, no início do esquema, calculado como:

$$R_{cc, T} = \frac{\varepsilon_{Rcc} U_n^2}{S_n}$$

$X_{cc, T}$ : reactância de curto-circuito do transformador, no início do esquema, calculado como:

$$X_{cc, T} = \frac{\varepsilon_{Xcc} U_n^2}{S_n}$$

$R_i$ : resistência de cada tramo de cabo a montante do ponto de curto-circuito.

$X_i$ : reactância de cada tramo de cabo a montante do ponto de curto-circuito.

### 1.1.3.3. Cálculo de curto-circuito monofásico no final da linha

Supõe que o curto-circuito se produz num ponto justamente a montante das protecções ou cargas seguintes. Desta forma contempla-se todo o comprimento da linha a analisar.

A intensidade de curto-circuito será:

$$I_{cc, \text{min}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\sqrt{(R_L + R_N)^2 + (X_L + X_N)^2}}$$

Onde:

$R_L$ : resistência de linha (incluindo enrolamentos do transformador) até ao ponto de curto-circuito (neste caso, incluindo a linha em análise).

$R_N$ : resistência de neutro desde o transformador até ao ponto de curto-circuito (neste caso, incluindo a linha em análise).

$X_L$ : reactância de linha (incluindo enrolamentos do transformador) até ao ponto de curto-circuito (neste caso, incluindo a linha em análise).

$X_N$ : reactância de neutro desde o transformador até ao ponto de curto-circuito (neste caso, incluindo a linha em análise).

## 1.1.4. Curto-circuito em instalações interiores

A problemática no cálculo de curto-circuito em instalações para habitações é derivada do desconhecimento da rede de distribuição a montante do Quadro de Colunas (QC).

### 1.1.4.1. Dados: Impedância curto-circuito a montante

Se as resistências e reactâncias de curto-circuito trifásico e monofásico do circuito a montante do Quadro de Colunas (QC) forem conhecidas, é imediato o cálculo pelos pontos anteriores.

### 1.1.4.2. Dados: Características do transformador do cliente

No caso do Quadro de Colunas (QC) estar directamente integrado num Posto de Transformação, é possível consultar na folha de ensaios do transformador os seus valores de percentagens de resistência e reactância de curto-circuito ( $\varepsilon_{Rcc}$  e  $\varepsilon_{Xcc}$ ) que juntamente com a potência aparente ( $S_n$ ) do mesmo, permitem calcular a resistência e reactância de curto-circuito do transformador, que são directamente a resistência e reactância de curto-circuito acima do QC.

#### **1.1.4.3. Dados: Características do transformador da companhia**

Se conhecermos as características do transformador do distribuidor, actua-se da mesma maneira que para o Posto de Transformação privativo, tendo o cuidado de adicionar à resistência e reactância de curto-circuito dos enrolamentos do transformador as correspondentes à linha de ligação do transformador. Esta linha pode não ser conhecida, em cujo caso pode supor-se similar à Coluna Montante, sempre e quando esta não seja de secção reduzida ou existam múltiplos Quadros de Colunas ligados à mesma entrada de energia.

#### **1.1.4.4. Dados: Intensidade de curto-circuito no ramal – Aproximado**

Em alguns casos, o distribuidor só pode fornecer a intensidade de curto-circuito no ramal.

Com esta intensidade de curto-circuito e supondo um tipo de linha razoável para a zona, pode ser determinada a resistência e reactância de curto-circuito dessa mesma linha, obtendo a intensidade de curto-circuito no QC.

#### **1.1.4.5. Dados: Potência do transformador da companhia – Aproximado**

Se a companhia apenas puder fornecer a potência do transformador de alimentação, pode fazer-se uma aproximação supondo que a intensidade de curto-circuito na entrada de energia será de:

$$I_{cc} \approx 40 S_n$$

$S_n$  em kVA

Procedendo a partir deste ponto como anteriormente.

#### **1.1.4.6. Dados: Nenhum – Aproximado**

Neste caso, pode supor-se que o transformador do distribuidor alimenta uma determinada instalação e que, portanto, o transformador tem a mesma potência que consome essa instalação. Usando este valor como  $S_n$  no ponto anterior, pode seguir-se a sequência de cálculo.

Este método de cálculo é desaconselhado por ser muito impreciso.

## **1.2. Verificações realizadas no QC: Caixa de Corte Geral**

---

### **Notas Tabela**

- (1) NP-1271 – Constituição do quadro de colunas
- (2) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 25º
- (3) Recomendação da Certiel para limites de queda de tensão
- (4) RSIUEE 3.2.1., Artigo 186º
- (5) A linha deve estar definida para o tipo de instalação seleccionada.
- (6) RSIUEE 3.2.1., Artigo 179º
- (7) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 27º
- (8) RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º
- (9) RSIUEE 7.3.1., Artigo 615º
- (10) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 24º
- (11) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Ponto 5.7.1 Fusível tipo gG para protecção de linhas e Ponto 5.6.3 Tabela 3.
- (12) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91 / EN 60 269-1) Ponto 5.3.1 e 5.6.3
- (13) A tensão nominal da protecção deve ser maior ou igual à da instalação.
- (14) RSIUEE 6.2, Artigo 571º
- (15) RSIUEE 6.2, Artigo 577º
- (16) RSIUEE 6.2, Artigo 580º

Referência: E-1		
Verificação	Valores	Estado
Cx. de corte geral E-1 (1)	Máximo: 400 A	
- Caixa de corte geral tipo: GD:	Calculado: 325.79 A	Verifica
- Caixa de barramento tipo: BBD:	Máximo: 630 A	
	Calculado: 325.79 A	Verifica
Cx. de corte geral E-1		
Linha H07V 3 x 240 + 1 x 120 + 1G 120		
- A linha deve ser trifásica (2):	Trifásica	Verifica
- Secção condutores coluna (2):	Mínimo: 10 mm <sup>2</sup> Calculado: 240 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Queda de tensão máxima de linha (3):	Máximo: 1% Calculado: 0.01 %	Verifica
- Intensidade admissível (4):	Máximo: 451.35 A Calculado: 325.79 A	Verifica
- Secção 240 mm <sup>2</sup> – Isolamento até 750V (5):	Secção normalizada e definida	Verifica
- Secção mínima de neutro (6):	Mínimo: 120 mm <sup>2</sup> Calculado: 120 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Deve ter condutor de protecção da coluna (7):	Tem terra	Verifica
- A terra vai junto com os condutores activos (8):	Mesma tubagem	Verifica
- Mesmo material que os condutores activos (8):	Terra: Cobre	Verifica
- Secção mínima de terra (9):	Mínimo: 120 mm <sup>2</sup> Calculado: 120 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Secção tubo (Ø90 mm) ≥ Secção cabos / 20 % (10):	$St = 6361.7 \text{ mm}^2 \geq 4800.0 \text{ mm}^2 = Sc / 20 \%$	Verifica
Cx. de corte geral E-1		
Protecção E-1 In: 400 A		
- O fusível deve ser do tipo gG/gL (11):	Tipo gL/gG	Verifica
- O calibre do fusível está normalizado (12):	In = 400.0 A	Verifica
- Tensão de utilização válida (13):	Un = 400 V ≥ 400 V = U	Verifica
Cx. de corte geral E-1		
Protecções a curto-circuito: (14)	Mínimo: 12 kA	
- Poder de corte suficiente a Un = 400 V:	Calculado: 100 kA	Verifica
Cx. de corte geral E-1		
Prot. /Lin.: E-1 In: 400 A/H07V 3x240+1x120 + 1G120 (15)		
- Intensidade ≤ I nominal protecção:	Ib = 325.79 A ≤ 400.00 A = In	Verifica
- I nominal protecção ≤ I admissível cabo:	In = 400.00 A ≤ 451.35 A = Iz	Verifica
Cx. de corte geral E-1		
Prots./Lin: H07V 3 x 240 + 1 x 120 + 1G 120		
- I tempo convencional ≤ 1.45 I admissível cabo (15)	I2 = 640.00 A ≤ 654.46 A = 1.45 x Iz	Verifica
- Icc,máx. = 12.0 kA: 5s > t disparo (16):	5 s > 0.02s = td	Verifica
- Icc,mín. = 4.0 kA: 5s > t disparo (16):	5s > 1.45 s = td	Verifica
Cumprem-se todas as verificações		

### **1.2.1. Verificações gerais QC: Caixa de Corte Geral, Caixa de Barramentos e Caixa de Protecção das Saídas**

#### **1.2.1.1. Tipo de Caixa de Corte Geral**

A seleccionar entre os tipos indicados segundo a NP-1271. Verifica-se que a intensidade circulante não supere a intensidade estipulada de saída da caixa seleccionada.

#### **1.2.1.2. Tipo de Caixa de Barramentos**

A seleccionar entre os tipos indicados segundo a NP-1271. Verifica-se que a intensidade circulante não supere a intensidade estipulada de saída da caixa seleccionada.

Nota: o programa não dimensiona os barramentos.

### **1.2.2. Colunas Montantes**

#### **1.2.2.1. As Colunas Montantes deverão ser trifásicas e de secção maior que 10 mm<sup>2</sup>**

Segundo o Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 25º, Ponto 3, as colunas deverão ser trifásicas e não ter secções inferiores a 10 mm<sup>2</sup>.

#### **1.2.2.2. Queda de tensão máxima**

Não especificada pela norma Portuguesa, mas alvo de recomendação pela Certiel, limite máximo de queda de tensão em Colunas Montantes de 1%.

#### **1.2.2.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente**

Para o cálculo das intensidades máximas que um cabo é capaz de transportar de forma permanente, sem que

se alterem as suas características, devem-se ter em conta vários factores:

- Pela composição da linha (nº de fases, disposição dos condutores, material condutor, isolamento, secção...), obtém-se uma intensidade admissível do cabo em condições normalizadas.
- Pela instalação da linha (em caminho de cabos, exposta ao sol, enterrada, temperatura diferente da de referência, presença de outras linhas...), obtém-se um coeficiente corrector sobre a intensidade admissível em condições normalizadas.

A informação para calcular estas intensidades admissíveis divide-se em duas classes:

- Cabos com tensões de isolamento **menores que 1 kV** (750 V ou menores). Os fabricantes fornecem tabelas de selecção da intensidade admissível em condições normalizadas e coeficientes correctores.
- Cabos com tensões de isolamento **iguais ou superiores a 1kV**. Neste caso, há uma maior variedade de coeficientes correctores, uma vez que existem mais possibilidades de instalação (ex. enterramento em vala).

A intensidade que circula pelo cabo deverá ser menor do que a sua intensidade admissível.

#### **1.2.2.4. Secção normalizada e definida**

Verifica que o cabo esteja definido na biblioteca de materiais da obra para a configuração a utilizar.

Por exemplo, se a instalação a estudar for monofásica, verifica-se se existe o dado de intensidade para os cabos unipolares utilizados numa configuração monofásica. Se esse cabo não existir, significa que os fabricantes não consideram esse tipo de instalação para esta família de cabos.

#### **1.2.2.5. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro**

O RSIUEE 3.2.1 no Artigo 179º indica as secções do neutro, contudo esta tabela foi actualizada pela CERTIEL da seguinte forma:

- Até 16 mm<sup>2</sup> em cobre e 25 mm<sup>2</sup> em alumínio, secção de neutro igual à secção de fase.
- Acima de 16 mm<sup>2</sup> em cobre e 25 mm<sup>2</sup> em alumínio, secção de neutro igual a metade da secção de fase, com um mínimo de 16 mm<sup>2</sup> em cobre e 25 mm<sup>2</sup> em alumínio.

#### **1.2.2.6. Condutor de protecção da coluna**

Segundo o Regulamento de Segurança em Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 27º, as colunas deverão ter condutor de protecção e a sua secção deverá estar de acordo com o RSIUEE, Artigo 615º, actualizado segundo a CERTIEL.

O condutor de protecção deverá ser instalado conjuntamente com os condutores activos e ser do mesmo material – RSIUEE 7.3.1 no Artigo 613º e 614º.

### **1.2.3. Protecções**

A Caixa de Corte Geral não contém protecções, mas como critério geral todas as linhas devem estar protegidas. Esta deverá ser somente dotada de um interruptor-seccionador onipolar. Assim, as ligações internas do início do Quadro de Colunas deverão estar protegidas pelo fusível instalado na Portinhola ou quando esta não exista no Armário do distribuidor.

#### **1.2.3.1. O fusível deve ser do tipo gL/gG**

Segundo IEC/EN 60269-1, o tipo de fusível a ser utilizado é do tipo gG (Utilização geral, protecção de linhas) ou o equivalente gL (denominação obsoleta).

#### **1.2.3.2. O calibre do fusível deverá ser normalizado**

Segundo IEC/EN 60269-1, existe uma série de calibres de intensidade nominal recomendada. A série é 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 e 1250.

#### **1.2.3.3. Tensão de utilização válida**

A tensão nominal máxima do aparelho (isto é, a que os seus isolamentos suportam) deverá ser maior que a tensão de utilização.

No caso de elementos inseridos em linhas trifásicas, exige-se que suportem a tensão composta de alimentação. No caso de linhas monofásicas, exige-se que suportem a tensão simples.

#### **1.2.3.4. Poder de corte suficiente**

De acordo com o RSIUEE, Ponto do 6.2 no Artigo 571º, as protecções devem ter um poder de corte, pelo menos igual ao maior curto-circuito previsível no ponto de instalação, isto é, um curto-circuito trifásico franco em bornes da protecção.

O poder de corte de um disjuntor automático pode ser variável com a tensão de utilização. Por isso, o poder de corte verifica-se à tensão de utilização em função dos valores da protecção.

Admitem-se dispositivos de poder de corte inferior a essa intensidade de curto-circuito, com a condição de que outro aparelho instalado a montante tenha um poder de corte suficiente. Neste caso, diz a norma que devem estar coordenados. Ou seja, a energia dissipada antes do corte pelo aparelho de poder de corte suficiente, não seja superior à que podem suportar os restantes dispositivos a jusante e as tubagens por ele protegidas (valores de I<sup>2</sup>t ou k<sup>2</sup>S<sup>2</sup> respectivamente).

Assim, verifica-se em cada esquema, que exista uma protecção de sobreintensidade que tenha à tensão de

instalação poder de corte maior que o curto-circuito máximo. Se existirem mais protecções, em cada uma delas verificar-se-á:

- quer que sejam capazes de descarregar o curto-circuito máximo com o seu próprio poder de corte (isto é, que actuem).

$$\text{Poder de corte}_{\text{Resto de Protecções}} \geq I_{cc} \text{ máxima}$$

- quer que suportem a dissipação de energia. Se houver dados de  $I^2t$  máxima suportada, de ambos dispositivos comparam-se:

$$I^2t_{\text{Resto de Protecções}} \geq I^2t_{\text{Protecção que descarrega o curto-circuito}}$$

Se a máxima tensão à qual estiver definido o poder de corte do aparelho for inferior à tensão de utilização na instalação, ou se não houver dado de  $I^2t$  máxima regulamentar ou definida pelo utilizador, aparecerão avisos de falta de informação para terminar as verificações.

## 1.2.4. Protecções contra sobreintensidades

### 1.2.4.1. Calibre da protecção adequada à utilização

Segundo o RSIUEE, Ponto 6.2, Artigo 577º, a intensidade nominal ( $I_n$ ) da protecção deve ser maior ou igual à intensidade que circula pela linha ( $I_b$ ).

$$I_b \leq I_n$$

### 1.2.4.2. Calibre da protecção adequada ao calibre do cabo

Segundo o RSIUEE, Ponto 6.2, Artigo 577º, a intensidade nominal ( $I_n$ ) da protecção deve ser menor ou igual à intensidade admissível da linha ( $I_z$ ).

$$I_n \leq I_z$$

### 1.2.4.3. Protecção da canalização contra sobrecargas

O RSIUEE, Ponto 6.2, Artigo 577º faz referência à verificação de sobrecarga das linhas, tendo sido actualizado pela CERTIEL. A actual verificação indica que algumas das protecções deverão descarregar qualquer sobrecarga que esteja 45% acima da intensidade admissível da linha ( $I_z$ ) antes do tempo convencional da protecção ( $I_2$ , intensidade de disparo antes do tempo convencional).

$$I_2 \leq 1.45 \times I_z$$

### 1.2.4.4. Protecção da canalização contra curto-circuitos

Segundo o RSIUEE, Ponto 6.2, Artigo 580º, existe uma fórmula aproximada (supondo que o cabo se comporta de forma adiabática durante o curto-circuito, devido à sua curta duração) que correlaciona a intensidade de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) e o tempo máximo que deveria durar o curto-circuito para que não se alterem as propriedades da canalização:

$$\sqrt{t_{cc}} = \frac{K \times S}{I_{cc}}$$

O âmbito de validade desta fórmula estabelece três possíveis verificações a partir do tempo de curto-circuito desta fórmula:

- Para  $t_{cc} \geq 5$  s, a fórmula deixa de ter validade, uma vez que a dissipação de calor por parte do cabo deixa de ser desprezível. Logo, o tempo de disparo da protecção deverá ser menor do que 5 s
- Para  $5 \text{ s} > t_{cc} > 0.1$  s, intervalo de validade da fórmula, exige-se que o tempo de disparo da protecção seja menor que o tempo da canalização, isto é, que a protecção dispare antes que a canalização sofra danos irreversíveis.

- Para  $0.1 \text{ s} \geq t_{cc}$ , estamos abaixo do intervalo de validade da fórmula. Devido à dificuldade que representa o cálculo em tempos tão curtos, é preferível utilizar ensaios para determinar a característica energética ( $I^2t$ ) das protecções. Assim, abaixo de 0.1 s compara-se:

$$K^2 S^2 > E_{\text{prot}} = I^2 t$$

O que significa que a energia dissipada antes do disparo que a protecção pode suportar, deverá ser menor que a energia que a canalização é capaz de suportar.

Esta verificação (na forma que corresponder) deve fazer-se para:

- Intensidade máxima de curto-circuito, que provoca a maior intensidade numa secção muito pequena do cabo.
- Intensidade mínima de curto-circuito, que provoca a menor intensidade e logo o tempo de corte mais elevado.

### **1.3. Verificações realizadas no QC: Caixa de Protecção das Saídas**

---

#### **Notas Tabela**

- (1) NP-1271 – Constituição do quadro de colunas
- (2) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 25º
- (3) Recomendação da Certiel para limites de queda de tensão
- (4) RSIUEE 3.2.1., Artigo 186º
- (5) A linha deve estar definida para o tipo de instalação seleccionada.
- (6) RSIUEE 3.2.1., Artigo 179º
- (7) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 27º
- (8) RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º
- (9) RSIUEE 7.3.1., Artigo 615º
- (10) RSICEE 2.2, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 24º
- (11) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Ponto 5.7.1 Fusível tipo gG para protecção de linhas e Ponto 5.6.3 Tabela 3.
- (12) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91 / EN 60 269-1) Ponto 5.3.1 e 5.6.3
- (13) A tensão nominal da protecção deve ser maior ou igual à da instalação.
- (14) RSIUEE 6.2, Artigo 571º
- (15) RSIUEE 6.2, Artigo 577º
- (16) RSIUEE 6.2, Artigo 580º

Referência: E-1		
Verificação	Valores	Estado
QC/Coluna 1 (01) (1) - Caixa de protecção de saídas tipo: PD:	Máximo: 250 A Calculado: 193.97 A	Verifica
QC/Coluna 1 (01) Linha H07V 3 x 95 + 1 x 50 + 1G 50 - A linha deve ser trifásica (2):	Trifásica	Verifica
- Secção condutores coluna (2):	Mínimo: 10 mm <sup>2</sup> Calculado: 95 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Queda de tensão máxima de linha (3):	Máximo: 1% Calculado: 0.39 %	Verifica
- Intensidade admissível (4):	Máximo: 250.75 A Calculado: 193.97 A	Verifica
- Secção 95 mm <sup>2</sup> – Isolamento até 750V (5):	Secção normalizada e definida	Verifica
- Secção mínima de neutro (6):	Mínimo: 47.5 mm <sup>2</sup> Calculado: 50 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Deve ter condutor de protecção da coluna (7):	Tem terra	Verifica
- A terra vai junto com os condutores activos (8):	Mesma tubagem	Verifica
- Mesmo material que os condutores activos (8):	Terra: Cobre	Verifica
- Secção mínima de terra (9):	Mínimo: 47.5 mm <sup>2</sup> Calculado: 50 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Diâmetro mínimo tubo (10):	Mínimo: 90 mm Calculado: 90 mm	Verifica
QC/Coluna 1 (01) Protecção E-1 In: 200 A - O fusível deve ser do tipo gG/gL (11):	Tipo gL/gG	Verifica
- O calibre do fusível está normalizado (12):	In = 200.0 A	Verifica
- Tensão de utilização válida (13):	Un = 400 V ≥ 400 V = U	Verifica
QC/Coluna 1 (01) Protecções a curto-circuito: (14) - Poder de corte suficiente a Un = 400 V	Mínimo: 11.971 kA Calculado: 100 kA	Verifica
QC/Coluna 1 (01) Prot./Lin.: E-1 In: 200 A / H07V 3 x 95 + 1 x 50 + 1G 50 (15) - Intensidade ≤ I nominal protecção:	Ib = 193.97 A ≤ 200.00 A = In	Verifica
- I nominal protecção ≤ I admissível cabo:	In = 200.00 A ≤ 250.75 A = Iz	Verifica
QC/Coluna 1 (01) Prtos./Lin.: H07V 3 x 95 + 1 x 50 + 1G 50 - I tempo convencional ≤ 1.45 I admissível cabo (15):	I2 = 320.00 A ≤ 363.59 A = 1.45 x Iz	Verifica
- Icc,máx. = 12.0 kA: t admissível cabo > t disparo (16) :	t adm = 0.83s > 0.02s = td	Verifica
- Icc,mín. = 2.9 kA: t admissível cabo > t disparo (16) :	t adm = 4.06s > 0.20s = td	Verifica
Cumprem-se todas as verificações		

### **1.3.1. Verificações gerais QC: Caixa de Protecção das Saídas**

#### **1.3.1.1. Tipo de Caixa de Protecção das Saídas**

A seleccionar entre os tipos indicados segundo a NP-1271. Verifica-se que a intensidade circulante não supere a intensidade estipulada de saída da caixa seleccionada.

### **1.3.2. Colunas Montantes**

#### **1.3.2.1. As Colunas Montantes deverão ser trifásicas e de secção maior que 10 mm<sup>2</sup>**

Segundo o Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 25º, Ponto 3, as colunas deverão ser trifásicas e não ter secções inferiores a 10 mm<sup>2</sup>.

#### **1.3.2.2. Queda de tensão**

Consultar ponto 1.2.2.2.

#### **1.3.2.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente**

Consultar ponto 1.2.2.3

### **1.3.3. Protecção da coluna**

A Coluna Montante estará protegida contra sobreintensidade por fusíveis instalados na Caixa de Protecção das Saídas.

#### **1.3.3.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG**

Consultar o ponto 1.2.3.1.

#### **1.3.3.2. O calibre do fusível é normalizado**

Consultar o ponto 1.2.3.2.

#### **1.3.3.3. Tensão de utilização válida**

Consultar o ponto 1.2.3.3.

#### **1.3.3.4. Poder de corte suficiente**

Consultar o ponto 1.2.3.4.

### **1.3.4. Protecções contra sobreintensidade**

Consultar o ponto 1.2.4.

## **1.4. Verificações realizadas nas Caixas de Coluna**

---

### **Notas Tabela**

- (1) RSICEE 2.3, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 36º
- (2) Recomendação da Certiel para limites de queda de tensão
- (3) RSIUEE 3.2.1., Artigo 186º
- (4) A linha deve estar definida para o tipo de instalação seleccionada.
- (5) RSICEE 2.3, Instalações colectivas de edifícios e entradas, Artigo 37º
- (6) RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º
- (7) RSIUEE 7.3.1., Artigo 615º
- (8) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Ponto 5.7.1 Fusível tipo gG para protecção de linhas e Ponto 5.6.3 Tabela 3.
- (9) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91 / EN 60 269-1) Ponto 5.3.1 e 5.6.3
- (10) A tensão nominal da protecção deve ser maior ou igual à da instalação.
- (11) RSIUEE 6.2, Artigo 571º
- (12) RSIUEE 6.2, Artigo 577º
- (13) RSIUEE 6.2, Artigo 580º

Referência: E-1		
Verificação	Valores	Estado
Habituação-1 T3-D (0115) Linha H07V 3 G 4	Mínimo: 4 mm <sup>2</sup> Calculado: 4 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Secção condutores entrada (1):	Máximo: 0.5% Calculado: 0.12 %	Verifica
- Queda de tensão máxima de linha (2):	Máximo: 36.55 A Calculado: 29.88 A	Verifica
- Intensidade admissível (3):	Máximo: 36.55 A Calculado: 29.88 A	Verifica
- Secção 4 mm <sup>2</sup> – Isolamento até 750V (4):	Secção normalizada e definida	Verifica
- Deve ter condutor de protecção da coluna (5):	Tem terra	Verifica
- A terra vai junto com os condutores activos (6):	Mesma tubagem	Verifica
- Mesmo material que os condutores activos (7):	Terra: Cobre	Verifica
- Secção mínima de terra (7):	Mínimo: 4 mm <sup>2</sup> Calculado: 4 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Diâmetro mínimo tubo (1):	Mínimo: 32 mm Calculado: 32 mm	Verifica
Habituação-1 T3-D (0115)) Protecção E-1 In: 32 A		
- O fusível deve ser do tipo gG/gL (8):	Tipo gL/gG	Verifica
- O calibre do fusível está normalizado (12):	In = 32.0 A	Verifica
- Tensão de utilização válida (10):	Un = 400 V ≥ 230 V = U	Verifica
Habituação-1 T3-D (0115) Protecções a curto-circuito: (11)	Mínimo: 2.854 kA Calculado: 100 kA	Verifica
- Poder de corte suficiente a Un = 230 V		
Habituação-1 T3-D (0115) Prot./Lin.: E-1 In: 32 A / H07V 3 G 4 (12)		
- Intensidade ≤ I nominal protecção:	Ib = 29.88 A ≤ 32.00 A = In	Verifica
- I nominal protecção ≤ I admissível cabo:	In = 32.00 A ≤ 36.55 A = Iz	Verifica
Habituação-1 T3-D (0115) Prtos./Lin.: H07V 3 G 4		
- I tempo convencional ≤ 1.45 I admissível cabo (12):	I2 = 51.20 A ≤ 53.00 A = 1.45 x Iz	Verifica
- lcc,máx. = 2.9 kA: k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> > I <sup>2</sup> t (13) :	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> = 211600 > 5000 = I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)	Verifica
- lcc,mín. = 2.5 kA: k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> > I <sup>2</sup> t (13):	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> = 211600 > 5000 = I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)	Verifica
Cumprem-se todas as verificações		

### **1.4.1. Verificações das entradas**

#### **1.4.1.1. Secção das saídas**

Segundo o Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 36º, Ponto 3, as entradas não devem ter secções inferiores a 4 mm<sup>2</sup>.

#### **1.4.1.2. Queda de tensão**

Não especificada pela norma Portuguesa, mas alvo de recomendação pela Certiel, limite máximo de queda de tensão em Colunas Montantes de 1%. De recordar, que apesar do RSIUEE não prescrever limites particulares para as Entradas, limita a queda de tensão a 3% para cargas de iluminação e 5% para as restantes, sendo que este valor é o acumulado desde a origem da instalação.

#### **1.4.1.3. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente**

Consultar o ponto 1.2.2.3.

#### **1.4.1.4. Secção normalizada**

Consultar o ponto 1.2.2.4.

#### **1.4.1.5. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro**

Consultar o ponto 1.2.2.5.

#### **1.4.1.6. Condutor de protecção das entradas**

Segundo o Regulamento de Segurança das Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 37º, as Entradas deverão ter condutor de protecção e a sua secção deverá estar de acordo com o RSIUEE, Artigo 615º, actualizado segundo CERTIEL.

O condutor de protecção deverá ser instalado juntamente com os condutores activos e ser do mesmo material que estes – RSIUEE 7.3.1, Artigo 613º e 614º.

#### **1.4.1.7. Diâmetro mínimo do tubo**

Segundo o Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 36º, as entradas não poderão ser constituídas por tubos de diâmetro inferior a 32 mm. E, em todo o caso, verificar-se-ão com a tabela do RSIUEE 3.2.2.2, Artigo 243º para canalizações constituídas por condutores isolados protegidos por tubos.

### **1.4.2. Protecção das saídas**

As Entradas estarão protegidas contra sobrentensidades por um fusível instalado nas Caixas de Coluna.

#### **1.4.2.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG**

Consultar o ponto 1.2.3.1.

#### **1.4.2.2. O calibre do fusível é normalizado**

Consultar o ponto 1.2.3.2.

#### **1.4.2.3. Tensão de utilização válida**

Consultar o ponto 1.2.3.3.

#### **1.4.2.4. Poder de corte suficiente**

Consultar o ponto 1.2.3.4.

### **1.4.3. Protecções sobreintensidade no esquema**

Consultar o ponto 1.2.4.

## **1.5. Circuitos interiores – Habitações**

---

### **Notas Tabela**

- (1) RSIUEE 5.1, Artigo 425º
- (2) RSIUEE 3.2.1., Artigo 186º
- (3) A linha deve estar definida para o tipo de instalação seleccionada.
- (4) RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º
- (5) RSIUEE 7.3.1., Artigo 615º
- (6) RSIUEE 3.2.2.2, Artigo 243º
- (7) A tensão nominal da protecção deve ser maior ou igual à da instalação.
- (8) RSIUEE 6.2, Artigo 571º
- (9) RSIUEE 6.2, Artigo 577º
- (10) RSIUEE 6.2, Artigo 580º
- (11) RSIUEE 7.1, Artigo 598º

Referência: E-1		
Verificação	Valores	Estado
II2 1 (01150102) Linha H07V 3 G 1.5 - Queda de tensão máxima acumulada (Queda linha 1.05%) (1):	Máximo: 3% Calculado: 1.42%	Verifica
- Intensidade admissível (2):	Máximo: 20.4 A Calculado: 10 A	Verifica
- Secção 1.5 mm <sup>2</sup> – Isolamento até 750V (3):	Secção normalizada e definida	Verifica
- A terra vai junto com os condutores activos (4):	Mesma tubagem	Verifica
- Mesmo material que os condutores activos (4):	Terra: Cobre	Verifica
- Secção mínima de terra (5):	Mínimo: 1.5 mm <sup>2</sup> Calculado: 1.5 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Diâmetro mínimo tubo (6):	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Verifica
II2 1 (01150102) Protecção E-1 In: 10 A (7) - Tensão de utilização válida:	$U_n = 240\text{ V} \geq 230\text{ V} = U$	Verifica
II2 1 (01150102) Protecções a curto-circuito: (8) - Poder de corte suficiente a $U_n = 230\text{ V}$	Mínimo: 2.352 kA Calculado: 3 kA	Verifica
II2 1 (01150102) Prot./Lin.: E-1 In: 10 A / H07V 3 G 1.5 (9) - Intensidade $\leq I$ nominal protecção:	$I_b = 10.00\text{ A} \leq 10.00\text{ A} = I_n$	Verifica
- $I$ nominal protecção $\leq I$ admissível cabo:	$I_n = 10.00\text{ A} \leq 20.40\text{ A} = I_z$	Verifica
II2 1 (01150102) Prtos./Lin.: H07V 3 G 1.5 - $I$ tempo convencional $\leq 1.45 I$ admissível cabo (9):	$I_2 = 14.50\text{ A} \leq 29.58\text{ A} = 1.45 \times I_z$	Verifica
- lcc,máx. = 2.4 kA: $k^2S^2 > I^2t$ (10) :	$K^2S^2 = 29756 > 1800 = I^2t \text{ (A}^2\text{s)}$	Verifica
- lcc,mín. = 0.6 kA: $k^2S^2 > I^2t$ (10):	$K^2S^2 = 29756 > 1800 = I^2t \text{ (A}^2\text{s)}$	Verifica
- Protegida com diferenciais contra contactos indirectos (11:)		Verifica
Cumprem-se todas as verificações		

### 1.5.1. Linhas interiores de habitações

#### 1.5.1.1. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente

Para o cálculo das intensidades máximas que uma canalização é capaz de transportar de forma permanente sem que as suas características se alterem, devem-se ter em conta vários factores:

- Pela composição da linha (nº de fases, disposição dos condutores, material condutor, isolamento, secção...), obtém-se uma intensidade admissível do cabo em condições normalizadas.
- Pela instalação da linha (em caminho de cabos, exposta ao sol, enterradas, temperatura diferente da de referência, presença de outras linhas...), obtém-

se um coeficiente corrector sobre a intensidade admissível em condições normalizadas.

Cabos com tensões de isolamento **menores que 1 kV** (750 V ou menores). Os fabricantes fornecem tabelas de selecção da intensidade admissível em condições normalizadas e coeficientes correctores.

A intensidade que circula pelo cabo deverá ser menor do que a sua intensidade admissível.

#### **1.5.1.2. Queda de tensão**

Segundo o RSIUEE 5.1, Artigo 425º, a queda máxima de tensão em linhas gerais desde a origem da instalação será de 3% para cargas exclusivamente de iluminação e 5% para as restantes.

#### **1.5.1.3. Secção normalizada**

Consultar ponto 1.2.2.4.

#### **1.5.1.4. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro**

Consultar ponto 1.2.2.5.

#### **1.5.1.5. Condutor de protecção**

Segundo o RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º, os condutores de protecção devem ser instalados conjuntamente com os restantes condutores activos e ser do mesmo material que estes.

O RSIUEE 7.3.1 no Artigo 615º indica as secções dos condutores de protecção, embora esta tabela tenha sido actualizada segundo CERTIEL da seguinte forma:

- Até 16 mm<sup>2</sup>, secção de condutor de protecção igual à secção de fase.

- Acima de 35 mm<sup>2</sup>, secção de condutor de protecção igual a metade da secção de fase e 16 mm<sup>2</sup> para condutores de fase entre 16 mm<sup>2</sup> e 35 mm<sup>2</sup>.

#### **1.5.1.6. Diâmetro mínimo do tubo**

Verificado segundo a tabela do RSIUEE 3.2.2.2, Artigo 243º para canalizações constituídas por condutores isolados protegidos por tubos.

### **1.5.2. Protecção interiores de habitações - fusíveis**

#### **1.5.2.1. O fusível deve ser de tipo gL/gG**

Consultar o ponto 1.2.3.1.

#### **1.5.2.2. O calibre do fusível é normalizado**

Consultar o ponto 1.2.3.2.

#### **1.5.2.3. Tensão de utilização válida**

Consultar o ponto 1.2.3.3.

### **1.5.3. Protecções interiores de habitações – disjuntores**

#### **1.5.3.1. O calibre do disjuntor é normalizado – Só EN/UNE 60898**

Segundo EN/UNE 60898, Ponto 4.3.2, existe uma série de calibres de intensidade nominal recomendada. A série é 6, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 e 125 A.

#### **1.5.3.2. Tensão de utilização válida**

Consultar o ponto 1.2.3.3.

### **1.5.4. Protecções interiores de habitações – diferenciais**

#### **1.5.4.1. O calibre do diferencial consta de uma série comercial**

Apesar de que, quando não existe uma série normalizada de intensidades nominais na norma IEC 60 947-2, Anexo B, existe uma série habitual de utilização de protecções diferenciais. Esta série é composta por 25, 40, 63, 80, 100, 125, 160, 225 e 250 A. A partir de 250 A não se consideram intensidades comerciais, uma vez que é habitual a utilização de transformadores toroidais de distinta configuração e categoria.

#### **1.5.4.2. Tensão de utilização válida**

Consultar o ponto 1.2.3.3.

### **1.5.5. Protecções contra sobreintensidade**

#### **1.5.5.1. Poder de corte suficiente**

Consultar o ponto 1.2.3.4.

### **1.5.6. Protecções diferenciais no esquema**

#### **1.5.6.1. A intensidade nominal do diferencial é suficiente**

A intensidade nominal do diferencial deve ser maior que a intensidade que circula pela linha na qual está inserido.

#### **1.5.6.2. A sensibilidade do diferencial é suficiente para detectar a corrente de defeito**

A intensidade diferencial residual ( $I_{\Delta n}$ ) ou sensibilidade deve ser tal que garanta o funcionamento do dispositivo para a intensidade por defeito do esquema eléctrico.

A intensidade de defeito calcula-se segundo o tipo de ligação dos eléctrodos de terra e os valores da resistência de eléctrodos de terra definidos. Nos pontos seguintes estão indicados os cálculos dessas resistências em 'Verificações do sistema de terra'.

As intensidades por defeito ' $I_{def}$ ' serão:

- Para o tipo de ligação TT (caso mais usual):

$$I_{def} \approx \frac{U_{fN}}{R_{Massas} + R_{Neutro}}$$

#### **1.5.6.3. A intensidade diferencial residual de não funcionamento é superior à corrente de fuga**

Segundo a EN 60947-2 Anexo B, o valor mínimo da intensidade diferencial residual de não funcionamento é  $0.5 \cdot I_{\Delta n}$ , isto é, metade da sensibilidade do aparelho.

Para evitar disparos intempestivos dos diferenciais, o valor obtido de intensidade de fugas para a instalação deve ser menor que metade do valor da sensibilidade do diferencial ( $I_{\Delta n}/2$ ).

Todas as instalações têm correntes de fugas, mesmo não existindo defeitos de isolamento (fugas por acoplamentos capacitivos). O programa permite definir nas opções dos diferenciais um valor de capacidade parasita média dos cabos (em  $\mu F/km$ ) para fazer uma estimativa das fugas na instalação.

Por defeito calculam-se com  $C_p \approx 0.3 \mu F/km$ :

$$Z_{parasitas \text{ dos cabos}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_p} \rightarrow$$

$$I_{fugas} \approx \frac{U_{fN}}{Z_{parasitas \text{ dos cabos}}}$$

Este fenómeno tem especial importância em instalações com circuitos de grande comprimento a montante da protecção diferencial.

### **1.5.7. Protecções contra sobreintensidade**

Consultar o ponto 1.2.4.

### **1.5.8. Protecção contra contactos indirectos**

#### **1.5.8.1. Protegida com diferenciais contra contactos indirectos**

Segundo o RSIUEE 7.1, Artigos 598º e 599º.

### **1.5.9. Verificações aos espaços de telecomunicações**

Segundo o novo manual técnico de projecto de Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED), ponto 5.4.2, é obrigatória a instalação de pelo menos uma tomada dupla no ETI e no ETS, com ligação à terra de protecção e protegida por disjuntor diferencial de média sensibilidade ( $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ ). Nos casos em que a dimensão do edifício o justifique, pode instalar-se nesses espaços (ETI e ETS) um pequeno quadro eléctrico, para satisfazer as necessidades inerentes aos dispositivos ITED.

No ponto 5.6.4, do mesmo manual, prescreve-se uma resistência máxima do eléctrodo de terra de  $20 \Omega$ . Se tal não for possível, dever-se-á aumentar a sensibilidade do disjuntor diferencial.

## **1.6. Circuitos interiores – Instalações gerais**

---

### **Notas Tabela**

- (1) RSIUEE 5.1, Artigo 425º
- (2) RSIUEE 3.2.1., Artigo 186º
- (3) A linha deve estar definida para o tipo de instalação seleccionada.
- (4) RSIUEE 3.2.1, Artigo 179º
- (5) RSIUEE 2.6, Artigo 146º
- (6) RSIUEE 7.3.1., Artigo 613º, 614º
- (7) RSIUEE 7.3.1., Artigo 615º
- (8) RSIUEE 3.2.2.2, Artigo 243º
- (9) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Ponto 5.7.1 Fusível tipo gG para protecção de linhas e Ponto 5.6.3 Tabela 3
- (10) IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Ponto 5.3.1 e 5.6.3
- (11) A tensão nominal da protecção deve ser maior ou igual à da instalação.
- (12) RSIUEE 6.2, Artigo 571º
- (13) RSIUEE 6.2, Artigo 577º
- (14) RSIUEE 6.2, Artigo 580º

Referência: E-1		
Verificação	Valores	Estado
Instalação geral Linha H07V 5 G 1.5	Máximo: 5%	
- Queda de tensão máxima acumulada (Queda linha 0.38%) (1):	Calculado: 0.38%	Verifica
- Intensidade admissível (2):	Máximo: 64.6 A Calculado: 47.8 A	Verifica
- Secção 10 mm <sup>2</sup> – Isolamento até 750V (3):	Secção normalizada e definida	Verifica
- Secção mínima do neutro (4):	Mínimo: 10 mm <sup>2</sup> Calculado: 10 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Deve ter condutor de protecção da coluna (5):	Tem terra	Verifica
- A terra vai junto com os condutores activos (6):	Mesma tubagem	Verifica
- Mesmo material que os condutores activos (6):	Terra: cobre	Verifica
- Secção mínima de terra (7):	Mínimo: 10 mm <sup>2</sup> Calculado: 10 mm <sup>2</sup>	Verifica
- Diâmetro mínimo tubo (8):	Mínimo: 32 mm Calculado: 40 mm	Verifica
Instalação geral Protecção E-1 In: 50 A		
- O fusível deve ser do tipo gG/gL (9):	Tipo gL/gG	Verifica
- O calibre do fusível está normalizado (10):	In = 50.0 A	Verifica
- Tensão de utilização válida (11):	Un = 400 V ≥ 400 V = U	Verifica
Instalação geral Protecções a curto-circuito: (12)	Mínimo: 12 kA	
- Poder de corte suficiente a Un = 400 V	Calculado: 100 kA	Verifica
Instalação geral Prot./Lin.: E-1 In: 50 A / H07V 5 G 10 (13)		
- Intensidade ≤ I nominal protecção:	Ib = 47.80 A ≤ 50.00 A = In	Verifica
- I nominal protecção ≤ I admissível cabo:	In = 50.00 A ≤ 64.60 A = Iz	Verifica
Instalação geral Prtos./Lin.: H07V 5 G 10		
- I tempo convencional ≤ 1.45 I admissível cabo (13):	I2 = 80.00 A ≤ 93.67 A = 1.45 x Iz	Verifica
- Icc,máx. = 1 2.0 kA: k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> > I <sup>2</sup> t (14) :	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> = 1322500 > 16000 = I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)	Verifica
- Icc,mín. = 2.7 kA: t admissível > t disparo (15):	tadm = 0.18s > 0.02s = td	Verifica
Cumprem-se todas as verificações		

### **1.6.1. Linhas interiores gerais**

#### **1.6.1.1. Intensidade máxima – Cálculo ao aquecimento em regime permanente**

Consultar o ponto 1.3.2.3.

#### **1.6.1.2. Queda de tensão**

Segundo o RSIUEE 5.1, Artigo 425º, a queda máxima de tensão em linhas gerais desde o início da instalação será de 3% para cargas exclusivamente de iluminação e 5% para as restantes.

#### **1.6.1.3. Secção normalizada**

Consultar o ponto 1.2.2.4.

#### **1.6.1.4. Secção mínima de neutro – Em linhas com neutro**

Consultar o ponto 1.2.2.5.

#### **1.6.1.5. Condutor de protecção**

Consultar o ponto 1.5.1.5.

#### **1.6.1.6. Diâmetro mínimo do tubo**

Consultar o ponto 1.5.1.6.

### **1.6.2. Protecções gerais – Fusíveis**

Consultar o ponto 1.5.2.

### **1.6.3. Protecções gerais – Disjuntores**

Consultar o ponto 1.5.3.

### **1.6.4. Protecções gerais – Diferenciais**

Consultar o ponto 1.5.4.

### **1.6.5. Protecções de sobreintensidade**

#### **1.6.5.1. Poder de corte suficiente**

Consultar o ponto 1.5.5.1.

#### **1.6.5.2. P. Corte de serviço é 100% de P. Corte último – Recomendação opcional**

No momento de verificar o poder de corte de uma protecção de curto-circuito, deve-se ter em conta dois valores específicos para os disjuntores.

Por um lado descreve-se o **poder de corte último** ( $I_{cu}$  segundo IEC 60 947-2,  $I_{cn}$  segundo EN 60 898) de uma protecção como a intensidade máxima que a protecção é capaz de cortar ficando inutilizada depois da operação (responde a um ciclo de ensaio de tipo O-CO).

Por outro lado descreve-se o **poder de corte de serviço** ( $I_{cs}$  em IEC 60 947-2 e EN 60 898) de uma protecção como a intensidade máxima que a protecção é capaz de cortar, com a possibilidade de prestar serviço novamente (responde a um ciclo de ensaio de tipo O-CO-CO).

Tanto a norma IEC 60 947-2 como a EN 60 898 aceitam para os disjuntores a possibilidade de definir um poder de corte de serviço como uma percentagem do poder de corte último. No caso da EN 60 898, as percentagens são definidas de forma fixa pela própria norma, enquanto que no caso da IEC 60 947-2 só se estabelecem os escalões possíveis destas percentagens, mas cabe ao fabricante especificá-los.

É possível realizar as verificações de poder de corte utilizando o valor do poder de corte de serviço, bem como do poder de corte último. O segundo caso é o mais habitual, apesar de se recomendar que em níveis

próximos da entrada de energia, a percentagem de poder de corte de serviço seja 100% do poder de corte último, uma vez que se prevê que nestas situações os curto-circuitos sejam de maior intensidade e com valores mais próximos dos teóricos obtidos no cálculo.

### **1.6.6. Protecções diferenciais no esquema**

Consultar o ponto 1.5.6.

### **1.6.7. Protecções sobreintensidade no esquema**

Consultar o ponto 1.2.4.

### **1.6.8. Protecção contra contactos indirectos**

Consultar o ponto 1.5.8.

## **1.7. Protecções de sobreintensidade reguláveis**

Os disjuntores comerciais com relés de disparo magnético e térmico que seguem a norma EN 60947-2, têm a possibilidade de utilizar relés de disparo reguláveis.

O programa mostra no final da lista de verificações, como informação adicional, os pontos de regulação em que dimensionou cada disjuntor automático para cumprir as exigências de sobrecarga e curto-circuito.

No caso da regulação para a zona de curto-circuito, existe a possibilidade de regular de diferentes maneiras, para tentar abarcar qualquer relé comercial que tenha esta prestação:

- Regulando entre 2 valores de intensidade.

- Regulando entre 2 factores multiplicadores da intensidade nominal.
- Regulando entre 2 factores multiplicadores de  $I_r$  da sobrecarga, que por sua vez pode ser regulável.
- Regulando com 1 factor multiplicador de  $I_r$ . Esta por sua vez regula o comportamento em sobrecarga, fazendo deslocar a curva de curto-circuito.

Também há diferentes maneiras de estabelecer regulações aos disjuntores com temporização no curto-circuito (categoria B), temporização fixa e intensidade de curta duração admissível ( $I_{cw}$ ) regulável.

A regulação aplicada em todos os casos realiza-se por escalões (em fracções de 0.05 unidades) para simular valores reais de regulação que o utilizador possa reproduzir nos seus aparelhos de protecção. Evita-se dar como resultado válido, por exemplo, para uma linha que suporta 36 A e pela qual circulam 35.7 A que estará protegida com um aparelho regulado a 35.9 A - isto seria uma margem demasiado apertada - o que se deveria regular a 7.95 vezes  $I_n$ ; precisão provavelmente difícil de alcançar com os relés reguláveis usuais.

## **1.8. Verificações de selectividade**

### **1.8.1. Selectividade de protecções de sobreintensidade em curto-circuito**

Nas opções de verificação do programa, é possível activar como verificação adicional a selectividade em curto-circuito.

Que as protecções de sobreintensidade actuem de forma selectiva perante um curto-circuito é algo desejável, embora não obrigatório, em todo o tipo de instalações. Que haja selectividade significa que perante um possível curto-circuito num ponto determinado da instalação, actuará a protecção mais próxima da falha e não as restantes protecções situadas a montante desse

ponto. Isto permitirá que o resto da instalação não seja afectado pelo defeito e continue em serviço.

Os fabricantes indicam nos seus catálogos tabelas obtidas experimentalmente de distintas combinações possíveis de disjuntores que instalados uns a montante e outros nos pontos de consumo, actuam com selectividade até um determinado valor de intensidade de curto-circuito. Dado que o programa permite combinar disjuntores de diferentes marcas comerciais,

as verificações realizam-se com os valores teóricos de tempos de disparo obtidos dos gráficos que cada fabricante fornece dos seus dispositivos de protecção.

Para que se produza o retardamento no disparo que permite a selectividade, devem-se seleccionar para instalar à cabeceira do circuito, disjuntores com relés desenhados para esse efeito, isto é, definidos com um tempo de retardação no curto-circuito, que pode ser fixo ou regulável segundo o modelo:

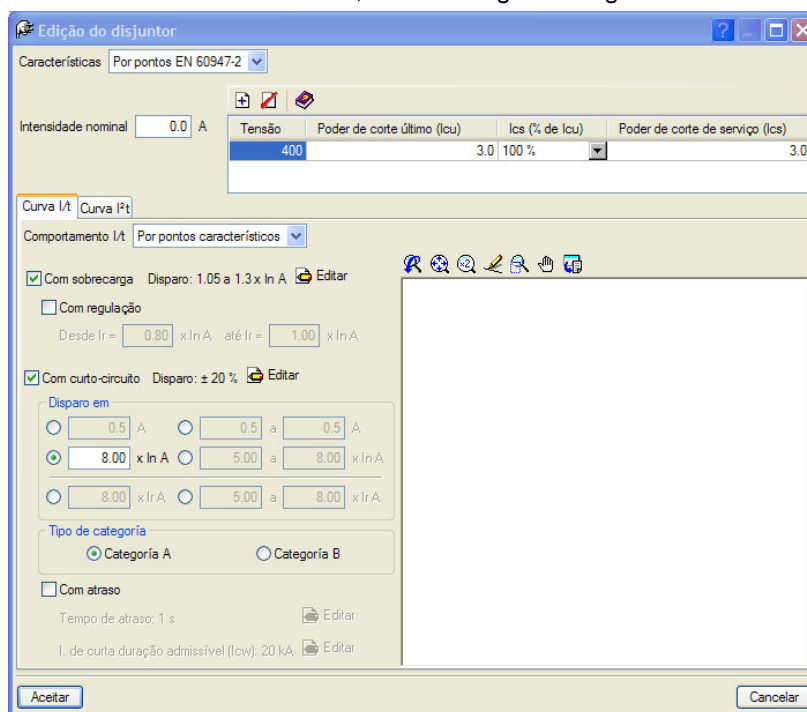


Fig. 1.1

Como se pode observar no gráfico, o disjuntor seleccionado para o exemplo actuará com uma retardação de entre 0.5 e 0.05 segundos (conforme se programe ao instalá-lo) em curto-circuitos até 5 kA, uma vez que a partir desse valor de intensidade e até ao seu

poder de corte, actuará mas não se manterá a retardação.

Nas verificações de sobreintensidade que o programa realiza pode-se ver o seu modo de funcionamento. Ao

instalar o aparelho ‘ABB Isomax S4 N-PR212 LSI’ numa linha de curto-circuito máximo 12 kA e mínimo 4 KA, o tempo de disparo do aparelho é 0.02s e 0.45s respectivamente. O intervalo de disparo retardado foi regulado para 0.45 s para tomar um valor

que não supere o tempo de fusão do cabo (0.51 seg), protegendo-o deste modo. Estas são as verificações de sobreintensidade:

Cx. de corte Prot./Lin.: E-1 In: 160 A / H07V 3 x 35 + 1 x 25 + 1G 25 (12)		
- Intensidade $\leq I$ regulada protecção (0.85 x In):	$I_b = 118.99\text{ A} \leq 136.00\text{ A} = I_n$	Verifica
- I regulada protecção (0.85 x In) $\leq I$ admissível cabo:	$I_n = 136.00\text{ A} \leq 136.85\text{ A} = I_z$	Verifica
Cx. de corte Prots./Lin.: H07V 3 x 35 + 1 x 25 + 1 G 25		
- I tempo convencional $\leq 1.45 I$ admissível cabo (12):	$I_2 = 176.80\text{ A} \leq 198.43\text{ A} = 1.45 \times I_z$	Verifica
- Icc,máx. = 12.0 kA: t admissível cabo > t disparo (13):	$t_{adm} = 0.11\text{ s} > 0.02\text{ s} = t_d$	Verifica
- Icc,mín. = 4.0 kA: t admissível cabo > t disparo (13) :	$T_{adm} = 1.51\text{ s} > 0.45\text{ s} = t_d$	Verifica
Cumprem-se todas as verificações		
INFORMAÇÃO ADICIONAL: - Cx. De corte -> Regulação disjuntores zona sobrecarga a 0.85 x In - Cx. De corte -> Regulação disjuntor zona curto-circuito a 12 x In - Cx. De corte -> Regulação disjuntor tempo de atraso em curto-circuito a 0.45s		

Na linha a jusante instala-se um aparelho de disparo instantâneo em curto-circuito, isto é, não retardado, com uma curva característica que será a seguinte:

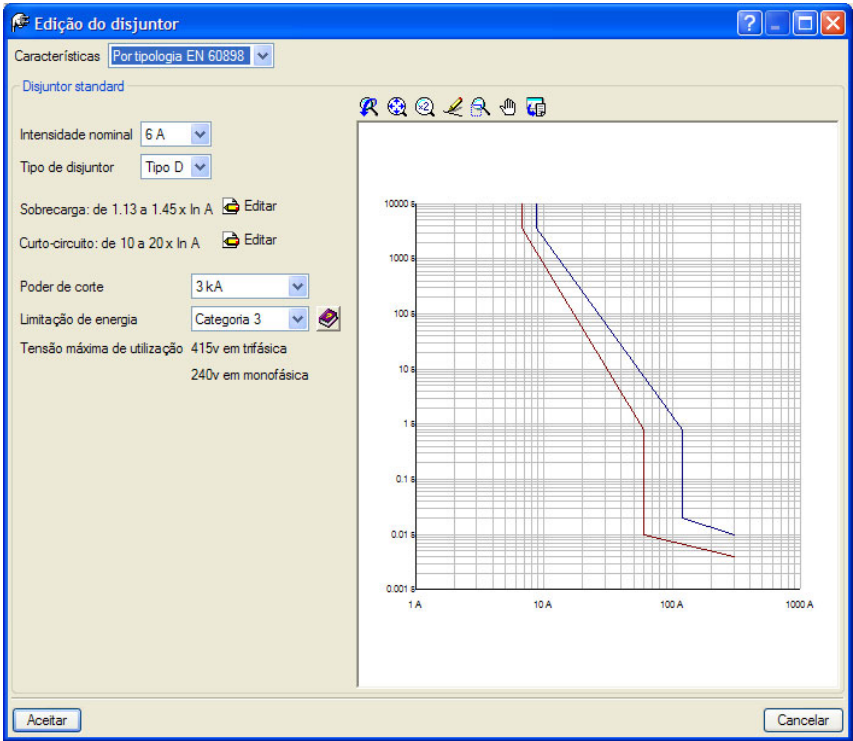


Fig. 1.2

Ao verificar esta linha ver-se-á se este aparelho actua ou não selectivamente em relação ao anterior. No seguinte extracto das verificações estão todos os dados:

Linha 1 (01) Prots./Lin: H07V 3 x 35 + 1 x 25 + 1G 16		
- I tempo convencional $\leq 1.45 I$ admissível cabo (10):	$I_2 = 181.25 A \leq 198.43 A = 1.45 \times I_z$	Verifica
- $I_{cc,m\acute{a}x.} = 9.6 kA$ : $t$ admissível cabo $> t$ disparo (11):	$t_{adm} = 0.18s > 0.02s = t_d$	Verifica
- $I_{cc,m\acute{i}n.} = 2.2 kA$ : $t$ admissível cabo $> t$ disparo (11) :	$t_{adm} = 1.77s > 0.02s = t_d$	Verifica
Linha 1 (01) Selectividade Protecção E-1 in: 125 A (12)		
- Actua selectivamente em curto-circuito:	$I_{cc,m\acute{a}x} = 9.594 kA$	Não verifica
- Actua selectivamente em curto-circuito:	$I_{cc,m\acute{i}n} = 2.161 kA$	Verifica
Existem verificações que não se cumprem		

Pode-se observar que nesta linha os valores de curto-circuito mínimo e máximo são 2.161 kA e 9.594 kA. O disjuntor a jusante ( $I_n = 125$  A) dispara em 0.02 s para qualquer curto-circuito que se produza. Transladando estes dados de curto-circuito para o gráfico do disjuntor instalado na linha a montante ( $I_n = 160$  A), obtém-se um tempo de disparo de 0.45 seg a 2.161 kA (há selectividade) e de 0.02 seg a 9.594 kA (não há selectividade).

Esta instalação actuará com selectividade parcial. Na prática, isto pode ser suficiente uma vez que o curto-circuito máximo, calculado como curto-circuito trifásico produzido nos bornes do aparelho, é pouco provável sendo mais prováveis curto-circuitos entre fase e neutro ou entre duas fases no extremo da instalação, de valores de intensidade inferiores. Se for requerida uma selectividade total, ter-se-á de seleccionar uma família de disjuntores com um atraso regulável superior, não ultrapassando o tempo admissível da canalização.

## 1.9. Verificações do sistema de terra

### 1.9.1. Sistema de Terra

#### 1.9.1.1. Elementos do Sistema de Terra

O Sistema de Terra de uma instalação é composto por:

- Eléctrodos de Terra
- Ligador de Terra
- Condutor de Terra
- Barramento Principal de Terra
- Condutores de Protecção

Para a obtenção da Resistência dos eléctrodos de terra, é necessário conhecer os eléctrodos e o condutor de terra.

Os eléctrodos podem ser de vários tipos e segundo a sua forma obtém-se R como segue:

- Chapa enterrada:

$$R_t = 0.8 \cdot \frac{\rho}{\text{Perímetro}}$$

- Chapa superficial:

$$R_t = 1.6 \cdot \frac{\rho}{\text{Perímetro}}$$

- Vareta:

$$R_t = \frac{\rho}{\text{Comprimento}}$$

- Cabos nus:

$$R_t = 2 \cdot \frac{\rho}{\text{Comprimento}}$$

- Malha de Terra:

$$R_t = \frac{\rho}{4 \cdot \text{Raio}} + \frac{\rho}{\text{Comprimento total malha}}$$

O 'Raio' é o equivalente ao de um círculo de igual superfície à da malha.

Com 'ρ' resistividade do terreno (Ohm\*m) obtido das seguintes tabelas segundo o tipo de solo onde se enterre o eléctrodo:

Natureza do terreno	Resistividade de Ohm*m
Terrenos aráveis gordos e aterros compactos húmidos	50
Terrenos magros, cascalho e aterros grosseiros	500
Solos pedregosos nus, areias secas e rochas impermeáveis	3000
Terrenos pantanosos	0 - 30
Lama	20 - 100
Húmus	10 - 150
Turfa húmida	5 - 100
Argila plástica	50
Calcários e argilas compactas	100 - 200
Calcários do jurássico	30 - 40
Areia argilosa	50 - 500
Areia sílica	200 - 3000
Solo pedregoso coberto de vegetação	300 - 500
Solo pedregoso despido	1500 - 3000
Calcários brandos	100 - 300
Calcários compactos	1000 - 5000
Calcários com fendas	500 - 1000
Xistos	50 - 300
Rochas de mica e quartzo	800
Granitos e grés alterados	1500 - 10000
Granitos e grés muito alterados	100 - 600
Betão	2000 - 3000
Cascalho e areia com terra	3000 - 5000

No caso de uma instalação habitacional, o Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, Artigo 41º, recomenda como eléctrodo de terra:

- Um cabo rígido de cobre nu de secção não inferior a 25 mm<sup>2</sup>, formando um anel fechado que percorra todo o perímetro do edifício, instalado no fundo das valas de fundação.

O programa apresenta como opção por defeito um anel com um perímetro a fornecer pelo utilizador ou dimensionado conjuntamente com a instalação.

No caso de não serem cumpridas as condições de protecção contra contactos indirectos (resistência do sistema de terra), o programa redimensiona os eléctrodos e/ou condutor de terra, alterando as suas dimensões ou acrescentando mais elementos ao eléctrodo.

Podem ser escolhidos outros tipos de eléctrodos dos tipos disponibilizados ou alterar as características dos que o programa introduz automaticamente.

### 1.9.1.2. Verificações de sistema de terra Eléctrodos

Segundo o RSIUEE 7.3.4., Artigo 629º, os eléctrodos devem cumprir entre outras, as seguintes condições, actualizadas pela CERTIEL:

- Chapas enterradas: A superfície útil nunca será inferior a 1m<sup>2</sup>.
- Varetas: O comprimento mínimo não será nunca inferior a 2m. Se forem necessárias duas ou mais varetas ligadas em paralelo, a separação entre elas deverá ser entre 2 a 3 m.

Além disso, existem outras considerações construtivas a ter em conta, como materiais, secções mínimas, etc., que assegurem a resistência mecânica e à corrosão dos

eléctrodos (corrosão electroquímica; ex. protecção galvânica). Ao não afectarem o seu comportamento eléctrico, não são objecto destas verificações, embora o sejam da descrição de instalação de Eléctrodos de Terra na memória descritiva do projecto.

Condutores de terra

Segundo CERTIEL, o condutor de terra deverá ter uma secção mínima de 25 mm² se for de cobre, ou de 50 mm² se for de aço galvanizado. A especificação da sua secção far-se-á pelo cálculo ao aquecimento em regime permanente e também pelo cumprimento das condições de protecção contra contactos indirectos, (resistência máxima), apresentadas na tabela seguinte.

Deve ter-se em conta que se a ligação com a terra se realiza com um condutor nu enterrado, este considerar-se-á como parte do eléctrodo e não o afectarão as

definições do condutor de terra, mas sim as do eléctrodo tipo condutor enterrado horizontal. Ou seja, nestas situações, não deverá ser especificado o condutor de terra, pois este já está especificado na definição do eléctrodo de terra.

Resistência de tomada de terra

As verificações de valor mínimo da resistência indicado pelo regulamento RSIUEE 7.2.1., Artigo 600º, para esquemas tipo TT e IT protegidos com diferenciais são:

$R < 25/\text{sensibilidade}$  ou  $<50/\text{sensibilidade}$

Segundos sejam as massas susceptíveis de ser empunhadas ou não.

Dada a sensibilidade dos diferenciais existentes os valores da resistência de terra a verificar serão:

Sensibilidade	Corrente diferencial residual estipulada (IΔn)	Valor máx. Rterra de Massas (ohm) UL = 50V	Valor máx. Rterra de Massas (ohm) UL = 25V
Baixa Sensibilidade	20 A	2.5	1.25
	10 A	5	2.5
	5 A	10	5
	3 A	17	8.3
	1 A	50	25
Média Sensibilidade	500 mA	100	50
	300 mA	167	83.3
	100 mA	500	250
Alta Sensibilidade	30 mA	1670	833
	12 mA	4170	2083
	6 mA	8330	4167

### **1.9.2. Sistema de terra do neutro do transformador**

O sistema de terra do neutro consta dos mesmos elementos que o sistema de terra de protecção das massas. Para o calcular, consultar o ponto 1.9.1.1.

O valor obtido desta resistência utilizar-se-á no cálculo da intensidade por defeito da instalação – consultar o ponto 1.5.6.

## **1.10. Norma aplicada**

Tiveram-se em conta as seguintes normas e regulamentos:

- RSIUEE-1974: Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica.
- RSICEE-1974: Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas.
- Decreto-Lei 517/80 de 31 de Outubro.
- Decreto-Lei 272/92 de 3 de Dezembro.
- NP 2361:1987-CENELEC HD 361: Sistema de designação de condutores isolados e cabos eléctricos.
- IEC 60 502-1: Cabos de energia isolados com dieléctricos sólidos extrudidos para tensões nominais de 1kV a 30 kV.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparelhos de baixa tensão.
- EN-IEC 60 269-1(UNE): Fusíveis de baixa tensão.
- EN 60 898 (UNE – NP): Disjuntores para protecção contra sobrintensidades em instalações domésticas e análogas.
- EN-IEC 60 947-2:1996 (UNE – NP): Aparelhagem de baixa tensão. Disjuntores.



## 2. Descrição do programa

### 2.1. Máscaras

Para utilizar estas máscaras deve utilizar a opção de menu **Arquivo > Novo**.

Na janela **Dados gerais**, surge a possibilidade de escolher o tipo de instalação:

- **Principalmente habitações**. Edifício destinado principalmente a habitações. Por outro lado, tem a

possibilidade de se introduzir um esquema eléctrico, através da ajuda de assistente.

- **Instalação geral**. Qualquer outro tipo de instalação interior eléctrica.

### 2.2. Janela principal

A seguir mostra-se a janela principal do programa.

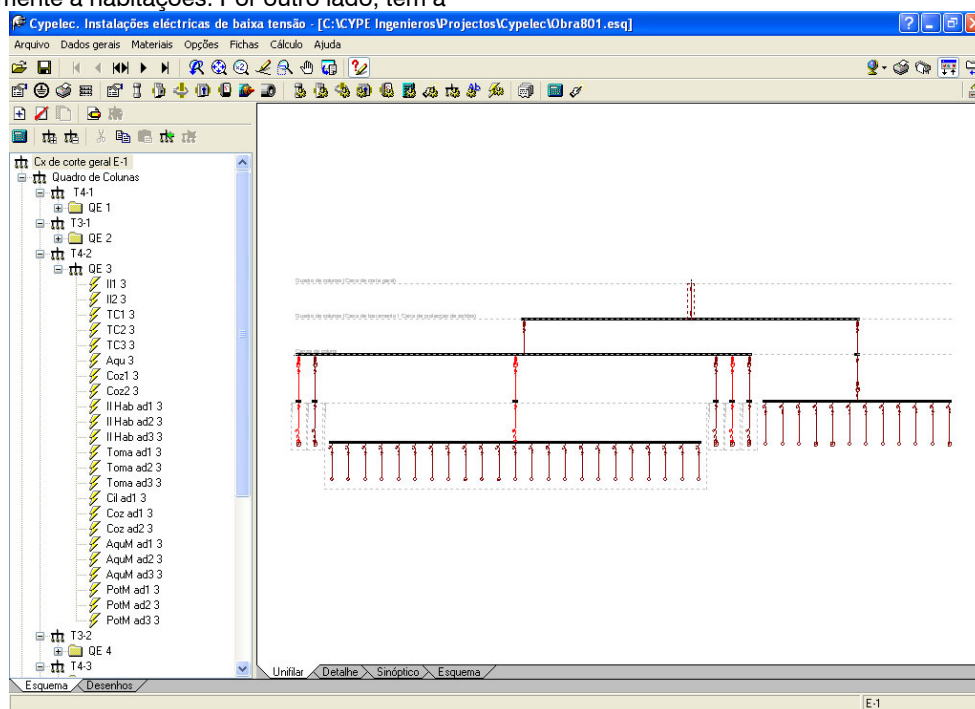


Fig. 2.1


Na parte inferior esquerda aparecem dois separadores que dão acesso aos ecrãs:

- **Esquema:** Separador onde se introduzem os dados da instalação eléctrica e onde se realizam os cálculos.
- **Desenhos:** Separador onde se pode realizar o desenho da instalação eléctrica.

### 2.2.1. Esquema

Se seleccionar a tarefa Esquema, aparecem várias tarefas na parte inferior central correspondentes às diferentes representações ou vistas possíveis dos esquemas como são **Unifilar**, **Detalhe**, **Sinóptico** e **Esquema**.

- **Unifilar.** Esquema unifilar da instalação. Representação simbólica
- **Detalhe.** Esquema unifilar detalhado, editável.
- **Sinóptico.** Agrupamento por zonas.
- **Corte.** Vista em corte do circuito.

Na barra de ferramentas aparece o botão  **Informação de linhas**. Com esta opção marcada obtém-se a informação sobre as linhas, ao colocar o cursor do rato sobre um esquema, é mostrada a descrição dos elementos que compõem as canalizações eléctricas. Pode modificar a quantidade e disposição de informação em **Opções > Apresentação de linhas** (Fig. 2.2).

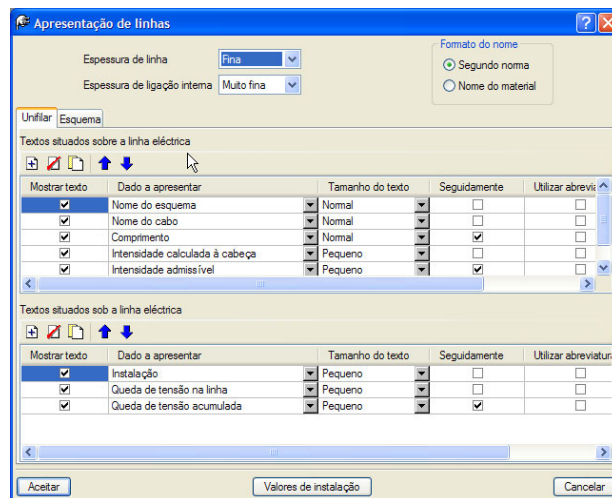


Fig. 2.2

#### 2.2.1.1. Edição do esquema eléctrico activo

O esquema eléctrico aparece quando tem seleccionada a tarefa Desenhos. Para efectuar modificações no esquema seleccionado, pode trabalhar na árvore à esquerda ou sobre o esquema unifilar à direita ou unifilar detalhado.

Os ramos da árvore da esquerda podem ser expandidos fazendo duplo clique sobre as pastas. Cada vez que se fechar ou abrir uma pasta na árvore da esquerda, automaticamente, na representação unifilar da direita, expandir ou contrair-se-á um esquema ou circuito derivado. Pode expandir ou contrair circuitos premindo sobre o esquema unifilar no ponto onde começa o circuito (o cursor muda para uma seta vertical que aponta para baixo quando a acção é expandir e para cima quando a acção é contrair), modificando a árvore da esquerda. Ao seleccionar uma pasta na árvore, marca-se o esquema com linhas descontínuas à volta da linha correspondente a essa pasta e vice-versa, isto é,

ao premir sobre uma linha selecciona-se a pasta na árvore.

Colocando o cursor sobre o esquema unifilar, ou de detalhe, mais concretamente sobre linhas, aparelhos de protecção ou cargas, pode-se observar que aparece um ícone de cada elemento em particular. Neste momento, se premir o botão direito do rato tem a possibilidade de aceder a cada uma das janelas de edição correspondentes a estes elementos.

Dispõe também de uma barra de ferramentas sobre a árvore do esquema que lhe permite realizar operações tais como: inserir, copiar, eliminar, editar, etc. um esquema.

Ao editar um esquema da árvore com o botão correspondente da barra de ferramentas, pode definir o esquema em questão: **Nome**, **Coefficiente de contribuição a montante**, **Tipo de linha**, condutores e tubos com o botão **Linhas**, **Cargas** directas, **Opções dimensionamento** particulares, **Plantas**; e derivações no ponto **Derivações a jusante**, nos quais por sua vez se definem as cargas, aparelhos, etc.

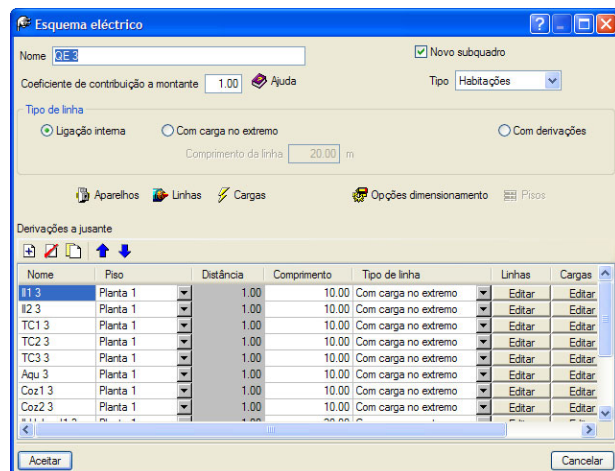


Fig. 2.3

Também pode seleccionar um esquema e com o botão, passar à sua edição noutra janela, tanto o mesmo como as suas derivações. Nesta nova janela dispõe das mesmas ferramentas comentadas anteriormente, pelo que é útil utilizar esta opção em esquemas de grandes dimensões.

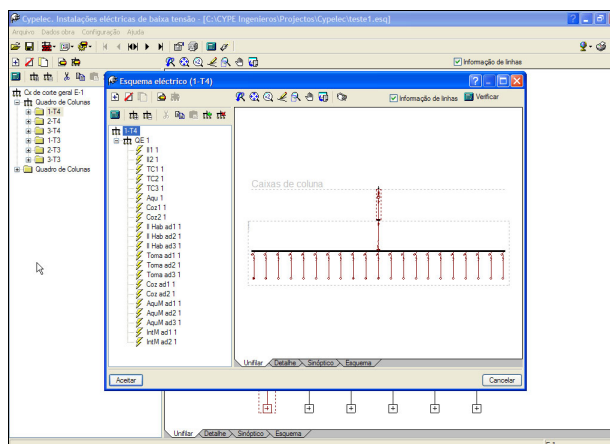


Fig. 2.4

### 2.2.1.2. Listagens

Para obter as listagens dirija-se a **Arquivo > Imprimir > Listagens da obra**.

As listagens podem ser enviadas directamente para impressora (com vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) ou podem ser gerados ficheiros HTML, PDF, RTF e TXT.

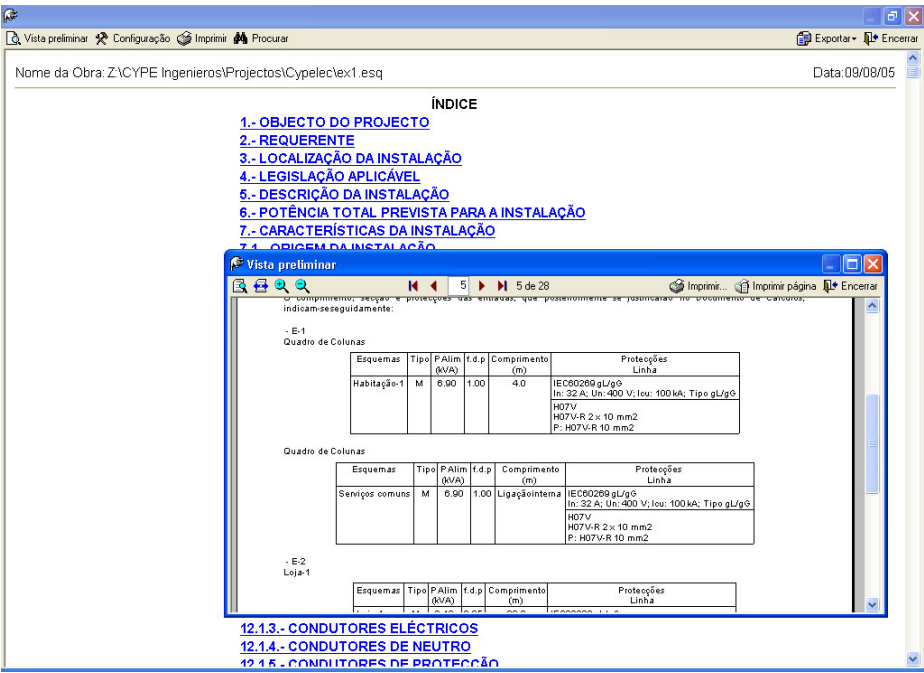


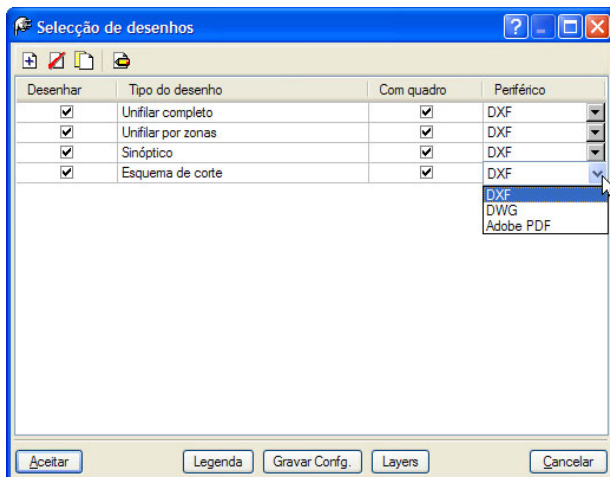
Fig. 2.5

2.2.1.3. Desenhos

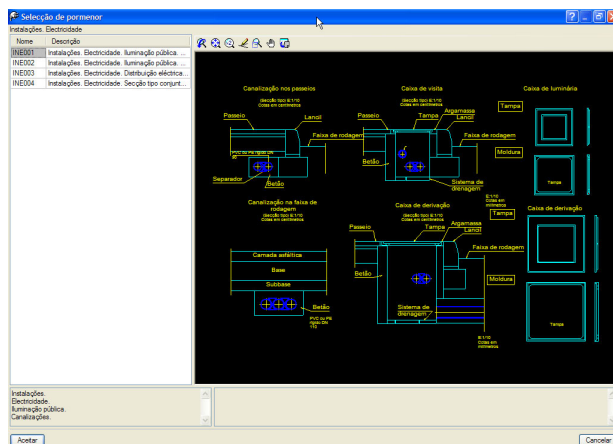
Os desenhos podem ser obtidos da seguinte forma –  
**Arquivo > Imprimir > Desenhos da obra.**

Podem ser realizadas as seguintes operações para o desenho de esquemas:

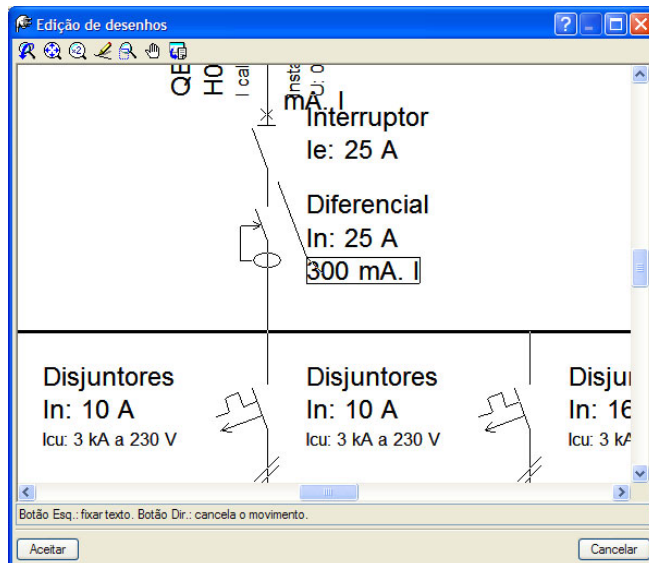
- A janela **Seleção de desenhos** permite acrescentar um ou vários desenhos para imprimir simultaneamente e especificar o periférico de saída: impressora, *plotter*, DXF ou DWG; seleccionar uma legenda (da **CYPE** ou qualquer outra definida pelo utilizador, importada no formato DXF) e configurar as *layers*.



- Em cada desenho, pode configurar os elementos a imprimir, com a possibilidade de incluir pormenores do utilizador previamente importados.



- Modificar a posição dos textos (Fig. 2.8).



- Recolocar objectos dentro do mesmo desenho ou deslocá-los para outro (Fig. 2.9).

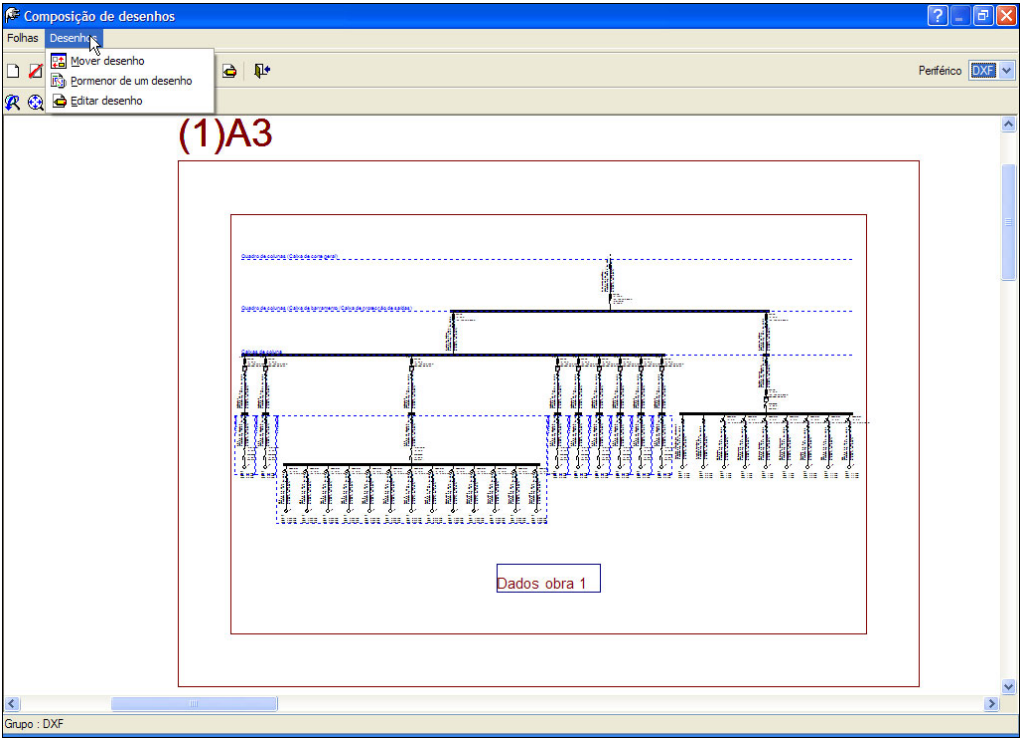


Fig. 2.9

## 3. Exemplos práticos

### 3.1. Exemplo 1. Habitações.

#### Utilizando o assistente

O projecto de electrificação terá como objecto um edifício destinado principalmente a habitação. Este exemplo só poderá ser realizado com a versão para obras de grande dimensão.

#### 3.1.1. Dados necessários.

Nome da obra:

‘ex1’

Descrição da obra:

Edifício A Rua

Tipo de tensão:

400 V, Trifásica

Tipo de Instalação:

Principalmente habitações

Sistema de terra:

Tipo TT, Perímetro do edifício = 40 m

Plantas:

6 pisos distribuídos da seguinte forma:

- Cave
- Rés-do-chão
- Pisos de habitações
- Cobertura (elevador)

O quadro de colunas será instalado no rés-do-chão. A altura entre pisos é de 3 m.

Habitações:

9 habitações, 3 por piso. Cada uma com uma potência contratada de 6.9 kVA.

Lojas:

2 lojas comerciais de 100 m<sup>2</sup>, cada uma no rés-do-chão, com ramal individual. O comprimento da derivação individual trifásica das lojas é de 10 m, para cada uma das lojas.

Garagem:

Garagem de 250 m<sup>2</sup> na cave, com ramal individual. O comprimento desde o contador até ao quadro é de 20 m. Com três circuitos para iluminação (1 kVA), dois circuitos de iluminação de emergência (0.1 kVA) e dois circuitos de tomadas (16 A, 3.68 kVA).

Elevador:

Elevador trifásico de 6 kW, instalado na cobertura. O comprimento desde o quadro de serviços comuns até ao quadro do elevador é de 15 m.

Grupo de pressão:

Na cave. Trifásico e de 3.5 kW de potência. O comprimento desde o quadro de serviços comuns até ao quadro do grupo de bombas é de 6 m.

Serviços comuns:

Iluminação de emergência (0.1 kVA)

Iluminação (1 kVA)

Repartidor Geral de Pares de Cobre (10 A)

Repartidor Geral de Cabo Coaxial (10 A)

Videoporteiro (6 A)

Tomadas (16 A)

- 
- *Perante qualquer dado não conhecido, o programa coloca por defeito um valor de acordo com a norma vigente.*
- 

### 3.1.2. Criação de obra nova

Para realizar um projecto novo siga estes passos:

- Prima a opção **Arquivo > Novo**.
- No nome do ficheiro (chave) insira: 'ex1'.
- Nome da obra: 'Edifício de habitação'.
- Prima **Aceitar**.

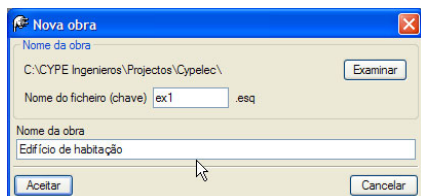


Fig. 3.1

### 3.1.3. Dados gerais



Fig. 3.2

Abre-se a janela **Dados Gerais**, onde deve escolher como tipo de instalação '**Principalmente habitações**' e tensão '**Trifásica**', cujo valor é 400 V.

### 3.1.4. Sistema de terra

Se já escolheu os dados gerais, prima **Aceitar** e passe à janela seguinte.

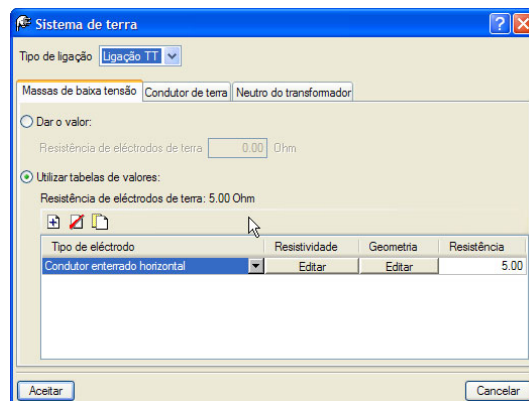



Fig. 3.3

Nesta janela o tipo de ligação por defeito é o tipo TT, pelo que só deve ter em conta o tipo de eléctrodo de terra (escolha condutor enterrado horizontal) e o perímetro do edifício.

Deve colocar o cursor em geometria e premir , para que se abra a janela **Condutor enterrado horizontal** e escolher a opção **Dar valor total**, no qual colocará o perímetro do edifício, que no nosso exemplo será 40 metros.

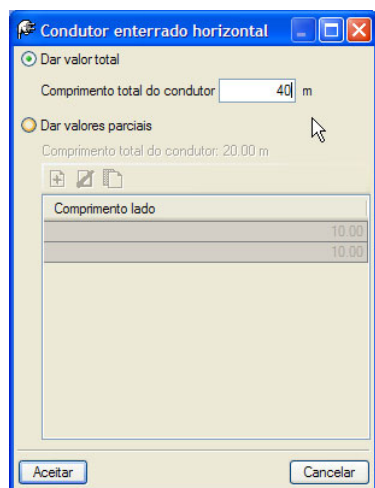


Fig. 3.4

Depois de **Aceitar** a janela anterior o valor da resistência de terra é recalculado para 2.50 Ohms.

Prima **Aceitar** novamente.

### 3.1.5. Informação para listagens

Na janela seguinte deve descrever o objecto, dados do titular e localização da instalação.

O presente projecto tem por objecto especificar as características da instalação de baixa tensão do

edifício citado, com a finalidade de obter a autorização dos organismos oficiais para a sua execução e posterior ligação à rede geral de distribuição.

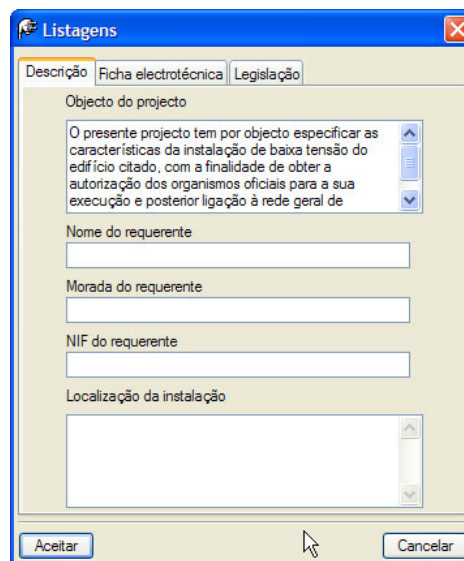



Fig. 3.5

### 3.1.6. Plantas

Uma vez realizado o descrito na figura, prima **Aceitar** e passe à janela seguinte, **Plantas**. Enumere os pisos do edifício. Prima sobre o ícone  para acrescentar um piso e assim sucessivamente até completar o número de pisos.

Para denominar um piso deve colocar o cursor sobre a linha correspondente e introduzir a sua designação.

Uma vez terminada a definição dos pisos prima **Aceitar**.

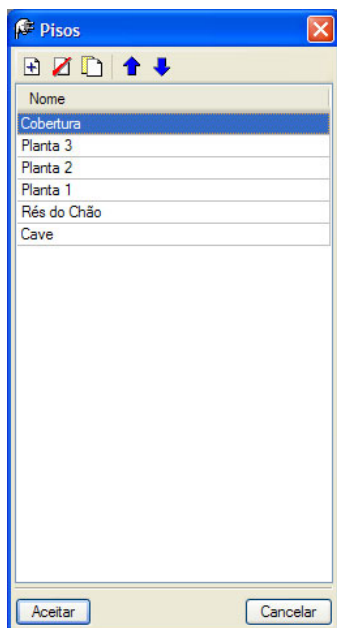


Fig. 3.6

### 3.1.7. Escolha de materiais

Para seleccionar os materiais da instalação abra o menu **Materiais** e vá entrando em cada uma das opções (fusíveis, disjuntores, diferenciais, interruptores, aparelhos de medida, cabos e tubos).



Fig. 3.7

Neste exemplo deixam-se os materiais que estão seleccionados por defeito, pelo que não tem de fazer nenhuma selecção.

### 3.1.8. Definição do esquema

Encontra-se agora na janela principal do programa.

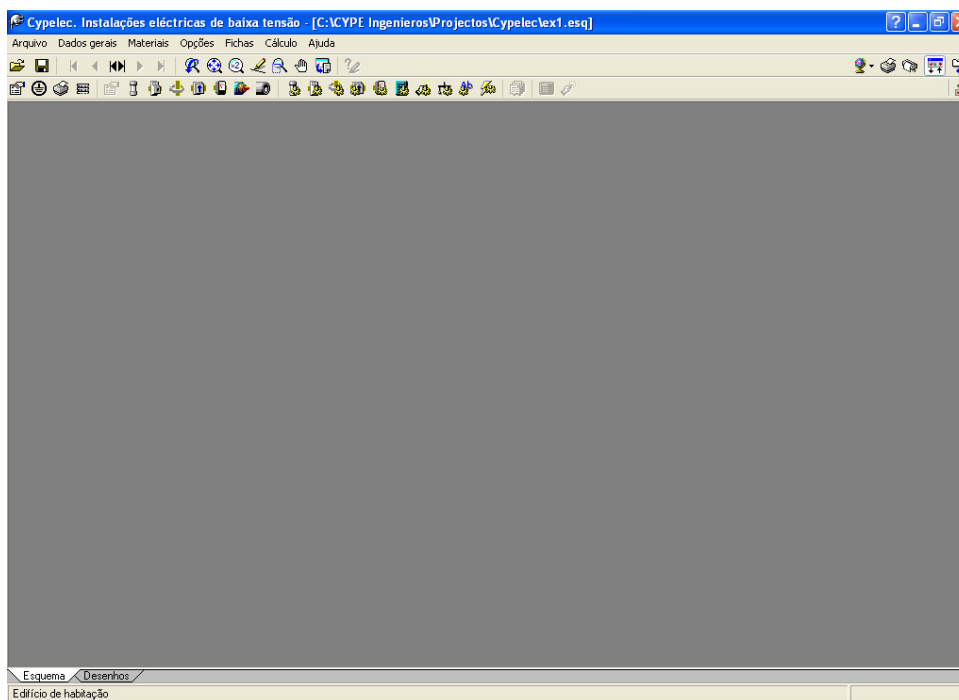




Fig. 3.8

Agora deve definir os esquemas da instalação.

Para isso, prima sobre o ícone  situado na barra de ferramentas superior. Na janela que aparece deverá acrescentar um esquema utilizando o botão .

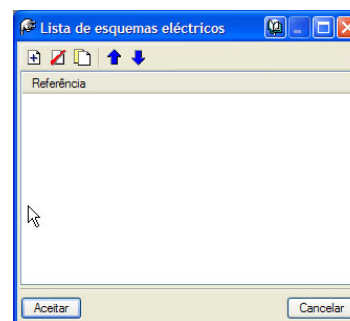


Fig. 3.9

Cada vez que é acrescentado um esquema o programa pergunta se deseja utilizar o assistente. Prima **Sim**.

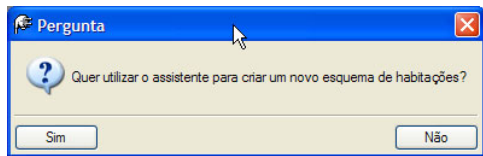


Fig. 3.10

Teria de acrescentar tantos esquemas quanto QC tenha o edifício. Neste caso o edifício tem uma só Coluna Montante e uma só Entrada de energia, logo um único Quadro de Colunas.

Ao responder **Sim**, abre-se a janela **Referência**, na qual é pedida a designação do esquema. Escreva **Esquema 1** e prima **Aceitar**.

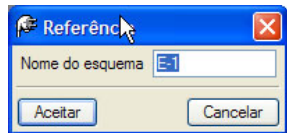


Fig. 3.11

Abre-se a primeira janela do assistente.

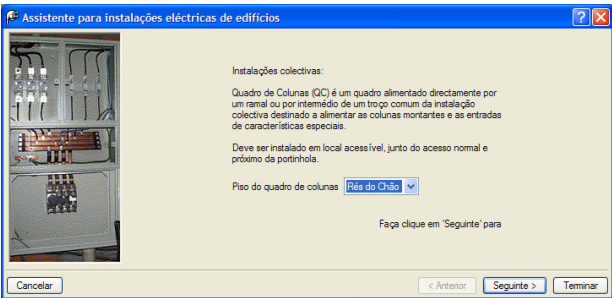


Fig. 3.12

Deve indicar em que piso será instalado o Quadro de Colunas, o comprimento da linha geral de

alimentação. No nosso exemplo o QC ficará instalado no R/C e o comprimento da linha é 20 metros. Uma vez introduzidos estes dados, prima **Seguinte**.

Abre-se a janela **Habitacões**.

Nesta janela deve introduzir os dados das habitações.

- Nome da habitação: **Habitacção-1**
- Piso onde está a habitação: **Planta 1**.
- Comprimento: em metros, desde o Quadro de Colunas até à Entrada da habitação onde ficará o Quadro de Entrada da mesma, neste caso são 6 metros.
- Observe que a potência se situa automaticamente em 6.9 KVA. Tem a opção de inserir circuitos adicionais, embora neste exemplo não se acrescente nenhum. De qualquer modo isto pode ser feito posteriormente, após terminar o assistente, no modo normal de edição da instalação.

Assim fica definida a primeira habitação.

Agora prima o botão **Copiar** e repita a operação para as restantes habitações, alterando os respectivos valores.

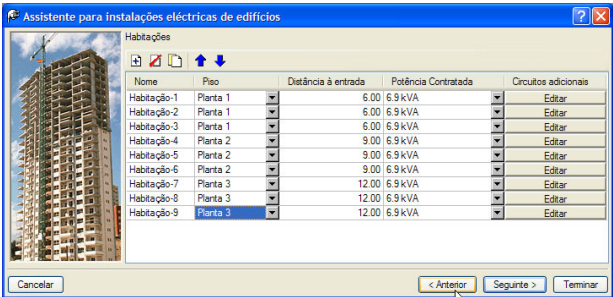


Fig. 3.13

Uma vez todas definidas, prima **Seguinte**.

Abre-se a janela **Comércios**.

Da mesma forma que na janela anterior, introduza os dados correspondentes.

- Nome da loja: **Loja-1**
- Piso onde está a Loja-1: **R/C**.
- Comprimento: desde a entrada de energia até à entrada da loja onde ficará o Quadro de Entrada da mesma, neste caso são 20 metros.
- Tipo de carga: **Por superfície**.
- Potência: Deve premir **Editar** para que se abra a janela **Carga por superfície**, introduzir nela a superfície, 100 m<sup>2</sup> e escolher tensão trifásica. Observe como, automaticamente, é dimensionada a potência de 10,35 kVA.


Prima **Aceitar** e terá definido a loja comercial. Como as lojas são iguais, pode premir sobre o ícone  e duplicar a loja.



Fig. 3.14

Uma vez definidas as lojas, prima **Seguinte** e passará à janela **Garagens**. Nesta janela actue da mesma forma que para as lojas.

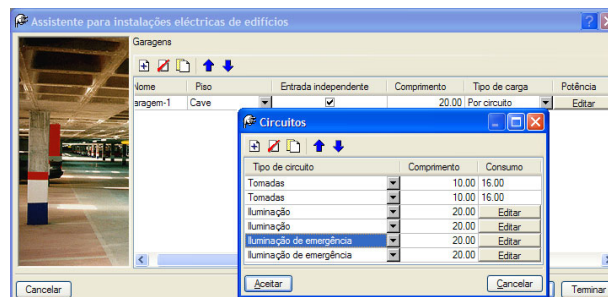


Fig. 3.15

Uma vez definida a garagem, prima **Seguinte** e passe à janela **Elevadores e Grupo de Bombas**. Nesta, definimos os dados do elevador e do grupo de bombas, ambos com tensão trifásica.

Actue da mesma forma que nos casos anteriores. O tipo de carga neste caso é **Directa**.

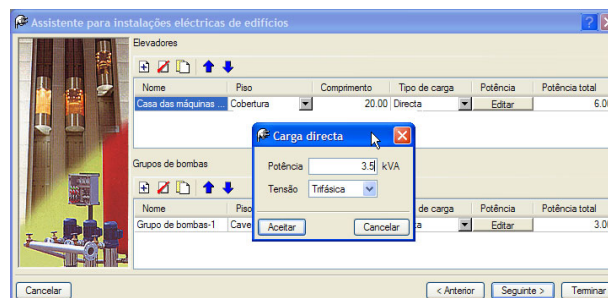


Fig. 3.16

Prima **Seguinte** e acederá à janela **Serviços Comuns**.

Actue da mesma forma que nos casos anteriores. Só deve ter em conta as potências que adoptar:

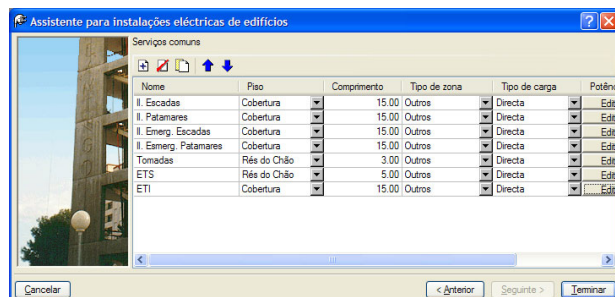


Fig. 3.17

### 3.1.9. Dimensionamento e verificação

Uma vez introduzidos todos os dados e estando seguro que não quer rever nenhum, prima o botão **Terminar**. Automaticamente, o programa começa a fazer o dimensionamento.

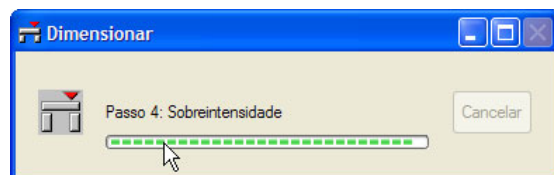


Fig. 3.18

Depois do dimensionamento pode obter uma listagem das verificações efectuadas. Se existir algum problema no dimensionamento, emitir-se-á uma mensagem de advertência. Ao finalizar abre-se a **Lista de esquemas eléctricos. Desenhos da obra**.

Após seleccionar Listagens da obra, abrir-se-á a janela **Listagens** para seleccionar o que deseja imprimir. Recomenda-se seleccionar todos os itens, exceptuando o último – **verificação**, uma vez que em obras de grande dimensão, pode implicar um número elevado de páginas.

Nesta janela vemos somente o esquema que acaba de criar. Prima **Aceitar** e automaticamente o programa gera os esquemas unifilares do esquema seleccionado. É possível editar a instalação, alterando o dimensionamento automático ou acrescentando novos circuitos e/ou especificações.

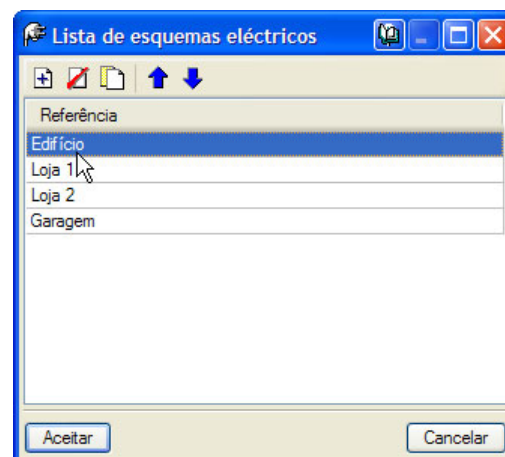


Fig. 3.19

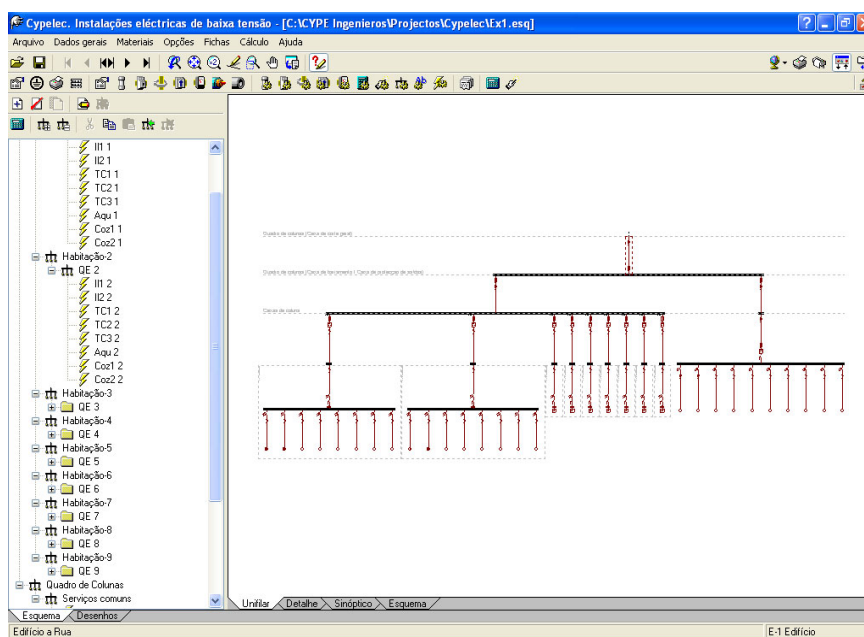


Fig. 3.20

### 3.1.10. Desenhos e listagens

Uma vez terminada a obra, pode obter a listagem correspondente premindo sobre o ícone **Listagens da obra** ou os esquemas premindo sobre o ícone **Desenhos da obra**.

Após seleccionar Listagens da obra, abrir-se-á a janela **Listagens** para seleccionar o que deseja imprimir. Recomenda-se seleccionar todos os itens exceptuando o último – **verificação**, uma vez que em obras de grande dimensão, este pode implicar um número elevado de páginas.

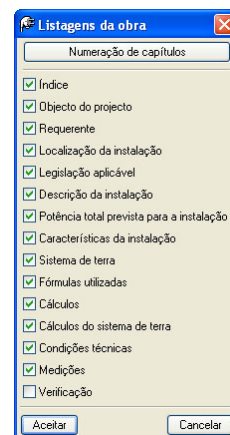


Fig. 3.21

## 3.2. Exemplo 2. Escritórios. Não utilizando o assistente

Projecto de electricidade de um escritório.

### 3.2.1. Dados necessários

Nome da obra:

'ex2'

Descrição da obra:

Escritórios

Tipo de tensão:

230 V, Monofásica

Tipo de Instalação:

Instalação Interior Geral

Sistema de terra:

Tipo TT

Resistência de tomada de terra:

5.00 Ohms

Plantas:

Os escritórios encontram-se no rés-do-chão

Trata-se de uma instalação interior de um escritório, onde se define o Quadro de Entrada e os circuitos derivados:

- Um elemento de ligação interna de iluminação, do qual derivam dois circuitos: um destinado a pontos fixos de luz e tomadas para iluminação, monofásico de 10 A; o outro, para iluminação de emergência, monofásico de 5 A.
- Um circuito destinado a tomadas, para computadores e outras aplicações, monofásico de 16 A do tipo outras utilizações.

- Um circuito destinado a climatização monofásica, potência 3.50 kW o tipo motor.

---

► *Perante qualquer dado não conhecido, o programa coloca por defeito um valor de acordo com a norma vigente.*

---

### 3.2.2. Criação de obra nova

Para realizar um projecto novo siga estes passos:

- Prima a opção **Arquivo > Novo**.
- Nome do ficheiro (chave): 'ex2'.
- Nome da obra: **Escritórios**.
- Prima **Aceitar**.

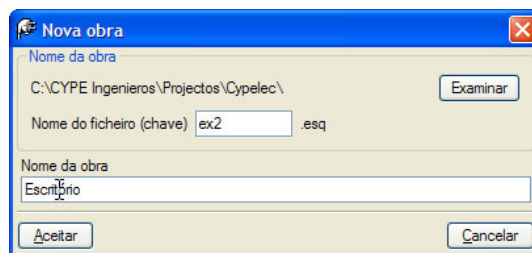


Fig. 3.22

### 3.2.3. Dados gerais

Uma vez aceites todos os materiais, abre-se a janela **Dados gerais**, onde deve escolher como tipo de instalação **Instalação interior geral** e tensão **Monofásica**, cujo valor é 230 V.



Fig. 3.23

### 3.2.4. Sistema de terra

Prima **Aceitar** e passe à janela **Sistema de terra**. Nesta janela o tipo de ligação por defeito é o tipo TT. Para este exemplo assumiremos um valor de resistência já conhecido de 5 Ohm. Escolha a opção **Dar o valor fixo** e introduza 5 Ohm. Não colocará neste caso condutor de terra. Como resistência dos eléctrodos de terra do neutro do transformador mantenha o valor por defeito. Prima **Aceitar**.

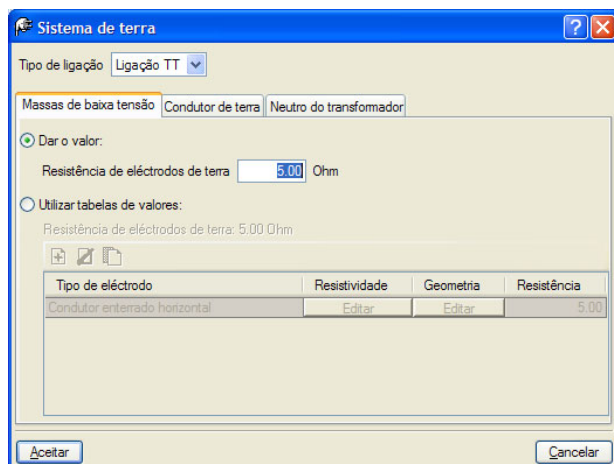


Fig. 3.24

### 3.2.5. Informação para listagens.

Na janela seguinte, **Listagens**, descreva o objecto, dados do titular e localização da instalação (Fig. 3.25).

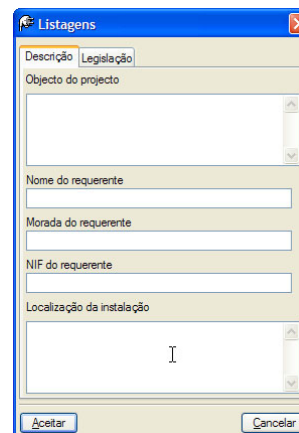


Fig. 3.25

### 3.2.6. Plantas

Prima **Aceitar** e passará para a janela seguinte, **Plantas**. Como, por defeito, já existe um piso, apenas deve dar-lhe o nome, escrevendo o novo texto, **Rés-do-chão** (Fig. 3.26).

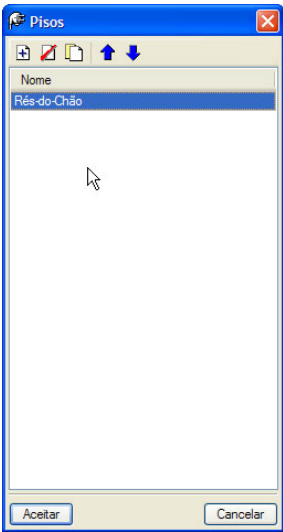


Fig. 3.26

3.2.7. Escolha de materiais

Para seleccionar os materiais da instalação abra o menu **Materiais**.

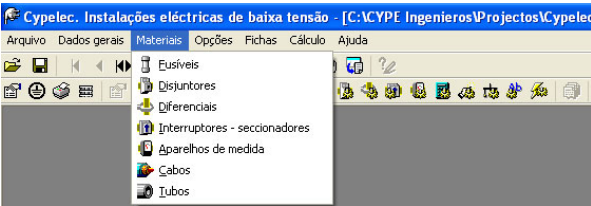


Fig. 3.27

Em primeiro lugar, surge a janela das famílias de fusíveis. Prima **Aceitar**, pois utilizaremos as famílias de fusíveis definidas por defeito.

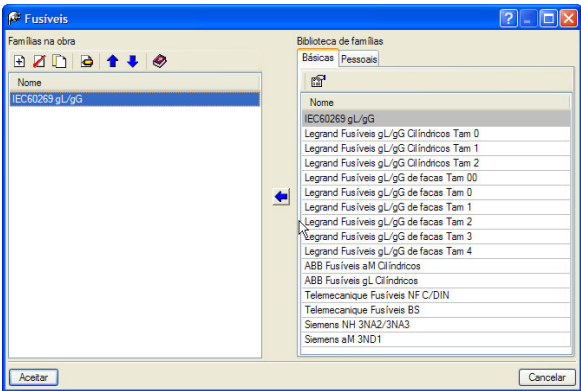


Fig. 3.28

Seguidamente, apresenta-se a janela de famílias de disjuntores, onde deve alterar as famílias a utilizar nesta obra. Primeiro procure na coluna da direita, **Famílias básicas**, o nome da família **ABB S260 Curva C**. Uma vez localizada, seleccione esta família com o cursor e prima . Assim coloca esta família na biblioteca de famílias na obra.

Seguidamente, elimine as outras famílias em obra, colocando o cursor sobre cada uma delas e premindo sobre .

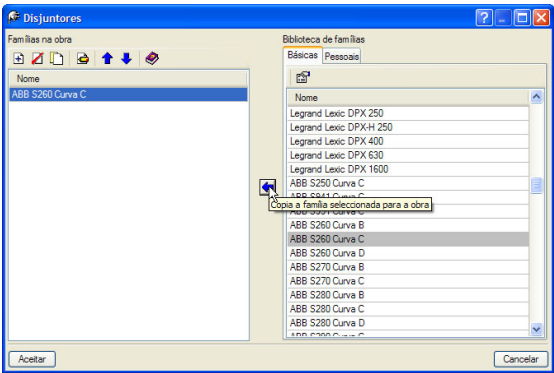


Fig. 3.29

Prima **Aceitar** e passará para a janela de diferenciais. Nesta janela actuará da mesma forma e acrescentará a família de diferenciais **ABB F360**. Prima **Aceitar**.

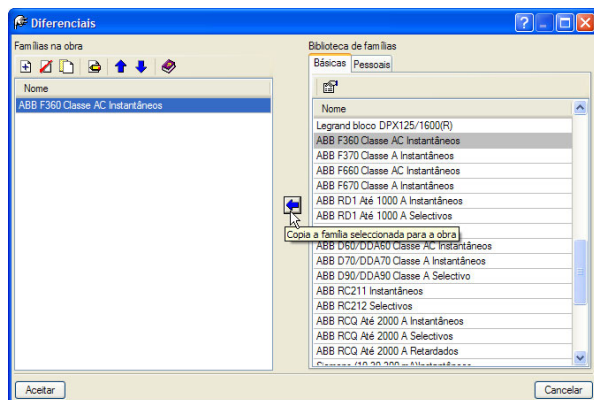


Fig. 3.30

Aparece agora a janela de disjuntores seccionadores. Actue da mesma forma, substituindo pela família **ABB E240/E270**).

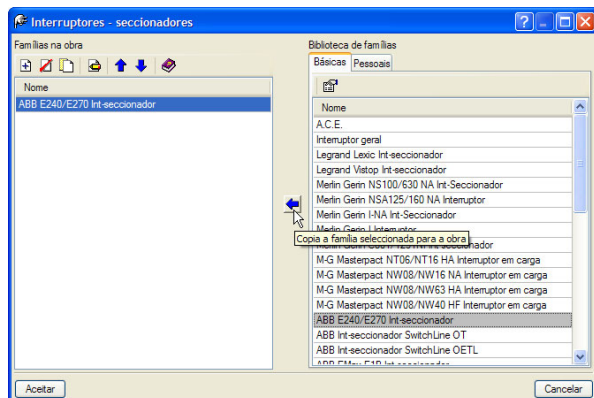


Fig. 3.31

Para os restantes materiais deve aceitar as famílias predefinidas, premindo **Aceitar** em todas as janelas seguintes.

### 3.2.8. Definição inicial de esquema

Prima **Aceitar** e abrir-se-á a janela principal do programa (Fig. 3.32).

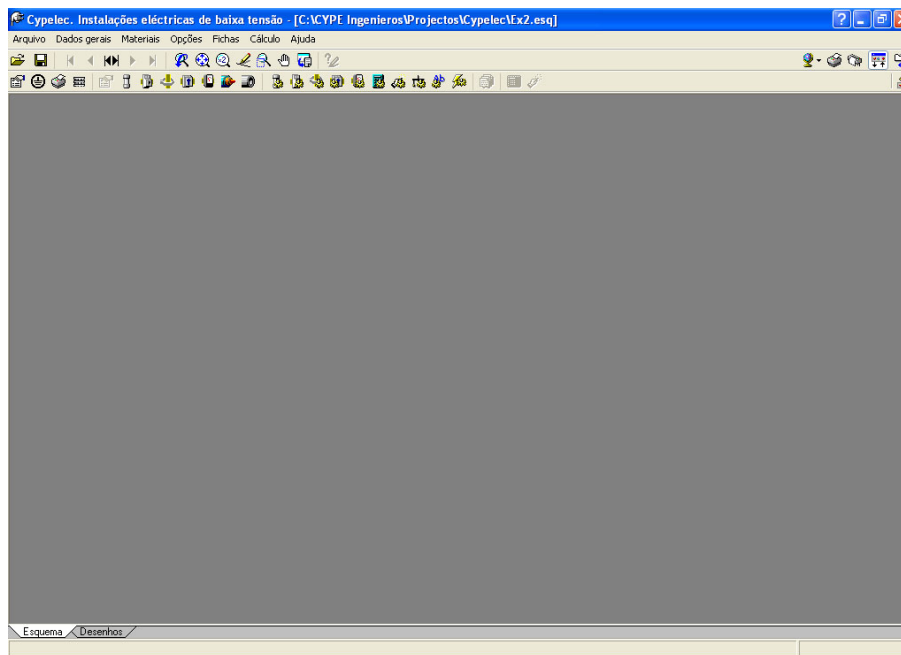




Fig. 3.32

Agora deve definir os esquemas da instalação. Para isso, prima sobre o ícone  situado na barra de ferramentas superior.

Nesta janela acrescente um esquema. Para isso deve premir o ícone .

A designação do esquema é por defeito **E-1**, mas pode modificá-lo.

Modifique para **Escritório** (Fig. 3.33).

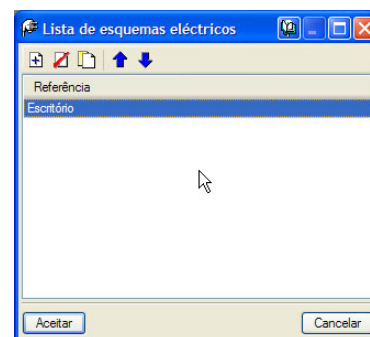


Fig. 3.33

Prima **Aceitar**.

Na janela da fig. 3.34 pode observar o início do esquema que pretende realizar.

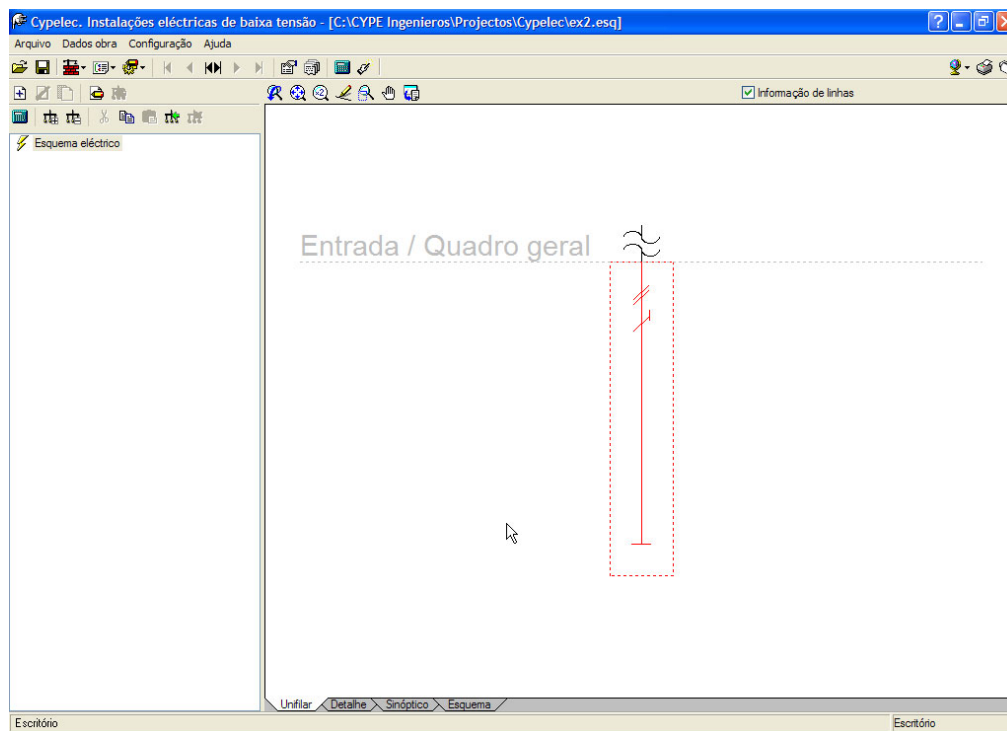


Fig. 3.34

### 3.2.9. Entrada de energia

A seguir deverá definir o tipo de entrada de energia. Vá à opção **Dados gerais > Entrada de energia**. Aqui deve escolher **Esquema geral**.

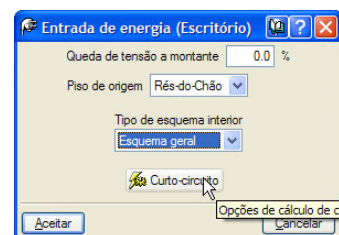


Fig. 3.35

Prima nesta mesma janela sobre **Curto-circuito**. Na janela que se abre definirá o valor da corrente de curto-circuito a montante da instalação, assim deve marcar a opção **Entrada da companhia**.

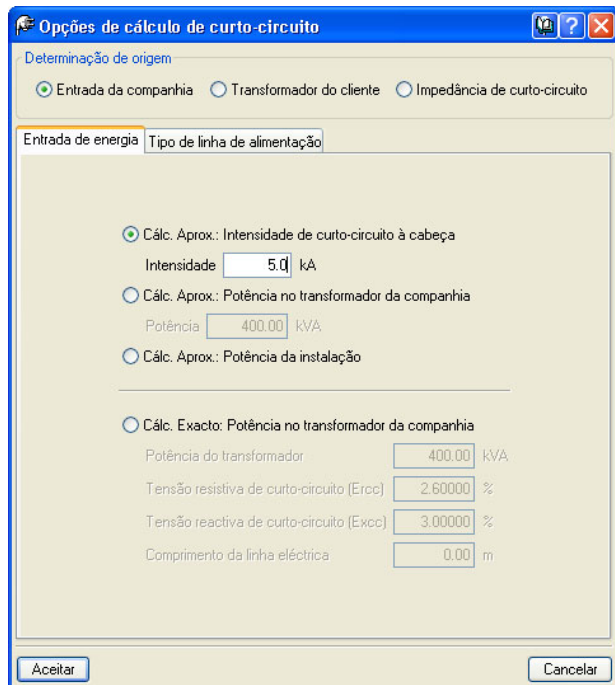



Fig. 3.36

Na janela **Entrada de energia** marque a opção **Cál. Aprox. Intensidade de curto-circuito à cabeça**, dando um valor de **5 kA**. A linha de alimentação é neste caso igual à linha de cabeceira. Prima **Aceitar** uma vez isto realizado e de novo **Aceitar** na janela **Entrada de energia**.

### 3.2.10. Completar o esquema

Encontra-se de novo no ecrã principal, onde deve agora premir . Na janela **Esquema eléctrico** deve introduzir os dados.

Como nome do esquema indique **Quadro Geral**.

Deve marcar **Nova zona**, sendo o tipo de zona **Escritórios** escolhido com o menu.

O tipo de linha é **Ligação interna**.

Marque agora sobre o ícone **Linhas**. Deve seleccionar se é monofásico ou trifásico, o tipo de isolamento (V-R 1kV ou 850 V,...), material (cobre ou alumínio) e tipo de instalação segundo a norma (entubado, caminho de cabos,...).

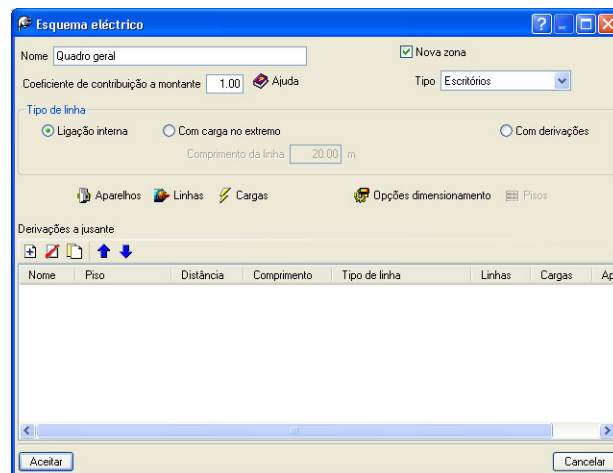




Fig. 3.37

No nosso exemplo a canalização é monofásica, condutor do tipo **H07V-R**, igual ao condutor de terra, sendo o tipo de instalação entubado ou em canalização oculta. Prima **Aceitar** quando tiver definido estas características.

Prima **Aceitar**. Marque de novo o ícone  e seleccione no menu uma protecção diferencial. Não se preocupe com o calibre do elemento de protecção, pois o programa dimensiona-lo-á automaticamente. Uma vez introduzidos estes dados, prima **Aceitar**.

Agora vai introduzir os dados das derivações a jusante. Para isso marque  em **Derivações a jusante** e atribua a designação ao esquema eléctrico **Iluminação**, sendo este do tipo de linha **Ligação interna**.

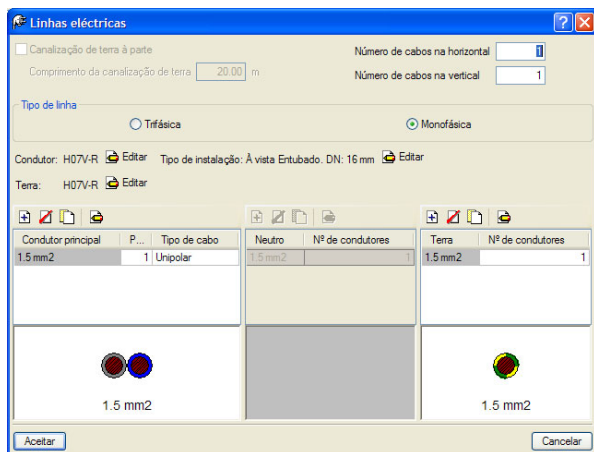




Fig. 3.38

As seguintes derivações a jusante irão tomando estas características por defeito. Se, por exemplo, modificar uma derivação para monofásica, todos os circuitos novos que acrescente a esta serão monofásicos por defeito e assim com as restantes características.

A seguir prima o botão Aparelhos, aparecendo a janela Protecções eléctricas.

Premindo  no menu escolha uma protecção contra sobreintensidades de disjuntor. Edite esta protecção com o botão  e escolha no menu o tipo '**Bipolar**'.

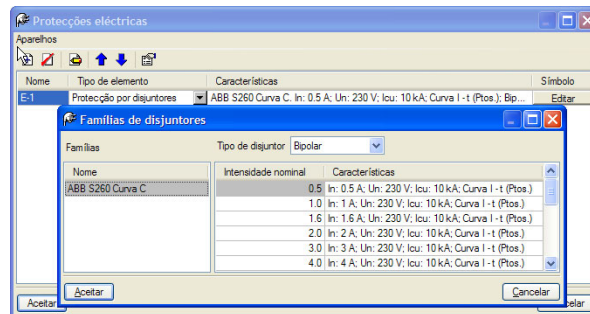



Fig. 3.39

Prima **Aceitar**. Marque de novo o ícone  e seleccione no menu uma protecção diferencial. Não se preocupe com o calibre do elemento de protecção, pois o programa dimensiona-lo-á automaticamente. Uma vez introduzidos estes dados, prima **Aceitar**.

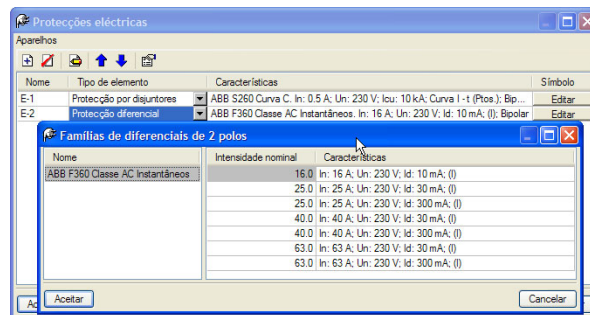



Fig. 3.40

Agora vai introduzir os dados das derivações a jusante. Para isso marque  em **Derivações a jusante** e atribua o nome ao esquema eléctrico **Iluminação**, sendo este do tipo de linha **Ligação interna**.

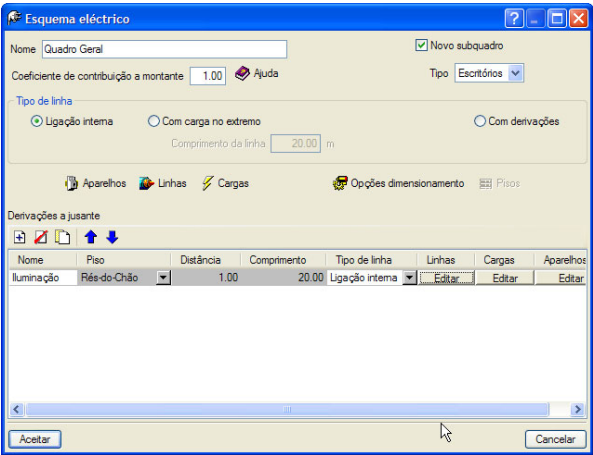


Fig. 3.41

Defina o tipo de protecção editando as protecções deste circuito e acrescente uma protecção de disjuntor do tipo **Unipolar + Neutro**.

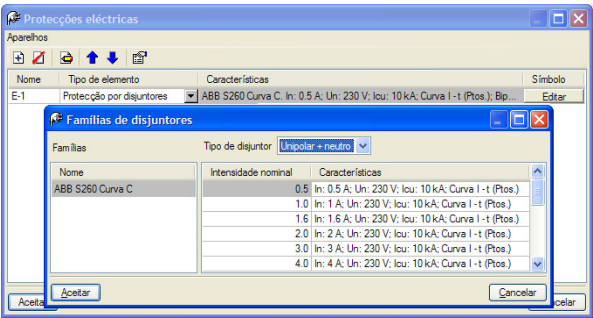


Fig. 3.42

Acrescente outra derivação a jusante e denomine esta 'Tomadas', comprimento 20 m e tipo de linha com **Carga no Extremo**. Edite as cargas e na janela **Cargas eléctricas**, acrescente uma carga tipo Intensidade de 16 A, monofásica com  $\cos \varphi = 0.95$ . Prima **Aceitar**.

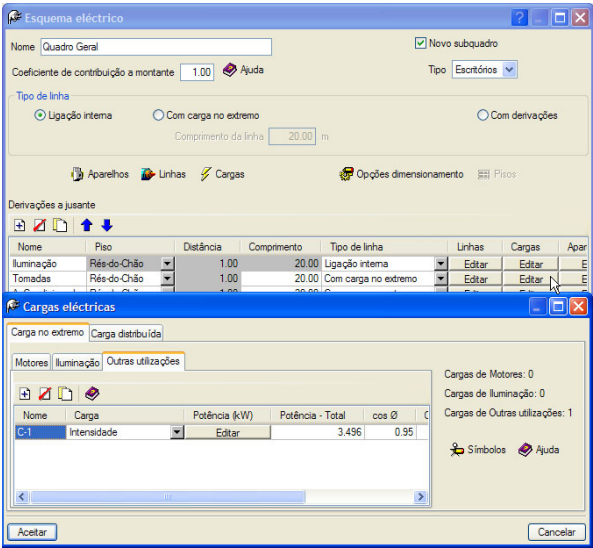


Fig. 3.43

Defina o tipo de protecção editando as protecções deste circuito e acrescente uma protecção de disjuntor **Unipolar + Neutro**.

Para acrescentar o circuito de ar condicionado deve actuar da mesma forma e introduzir uma carga de motor de 3.5 kW,  $\cos \varphi = 0.8$ , tensão monofásica e protecção com **disjuntor bipolar**.

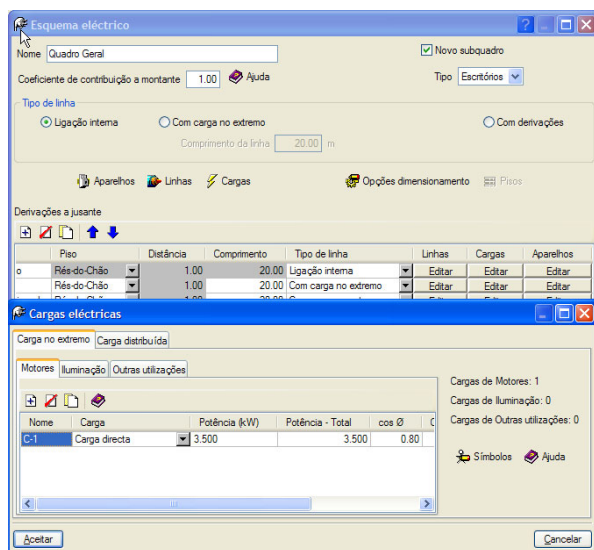



Fig. 3.44

Prima **Aceitar** sucessivamente até voltar à janela principal do programa.

Agora deve definir as derivações a jusante do circuito de iluminação, para o que, colocando-se sobre o circuito de iluminação, prima .

Acrescente uma derivação a jusante atribuindo-lhe o nome **Iluminação**, sendo o comprimento desta de 20 metros.

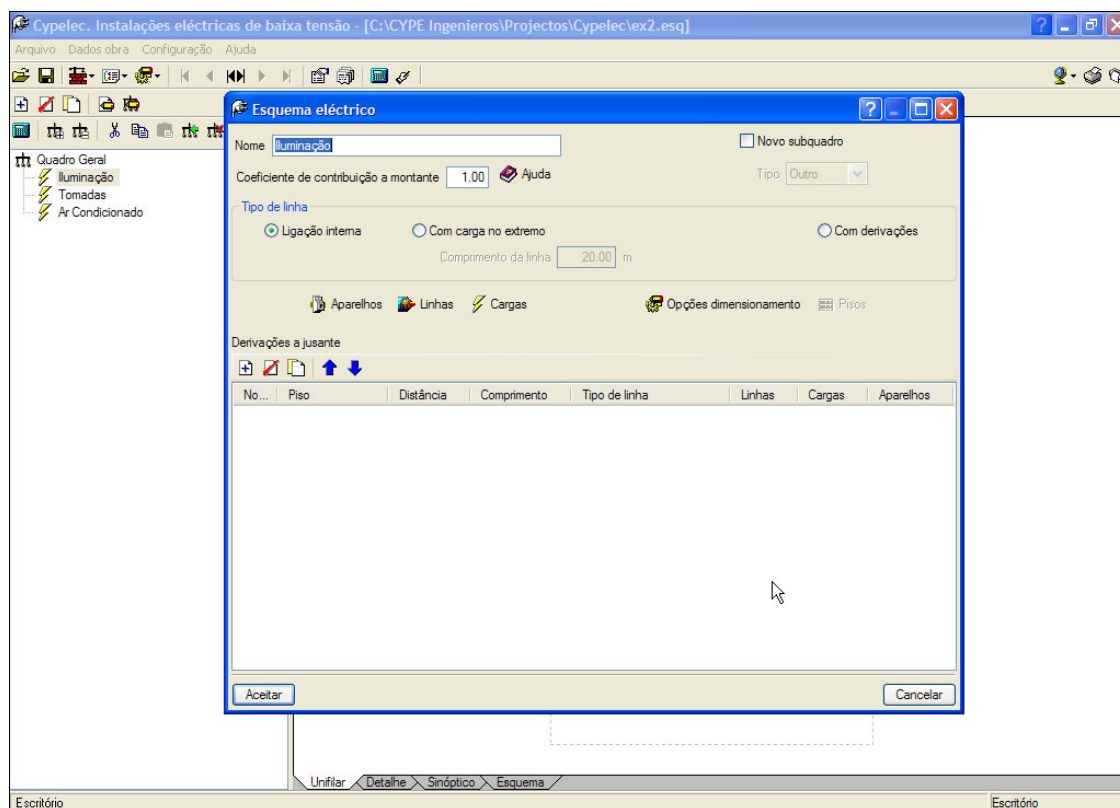


Fig. 3.45

Edite as cargas. Na janela **Carga no extremo > Iluminação** (Fig. 3.46), acrescente uma carga do tipo intensidade de valor de 10 A.

Prima **Aceitar** quando tiver estes dados introduzidos.

Repita os mesmos passos para definir o circuito de iluminação de emergência, neste caso de valor 5 A (fig. 3.47).

Prima **Aceitar** sucessivamente até voltar à janela principal, pois já definiu todos os dados necessários dos circuitos a jusante.

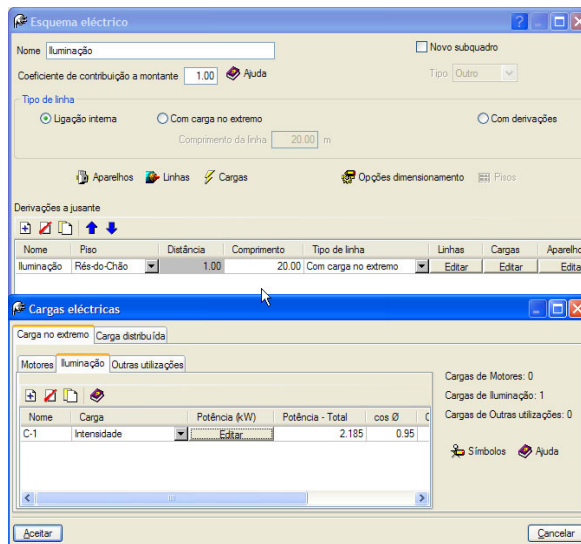


Fig. 3.46

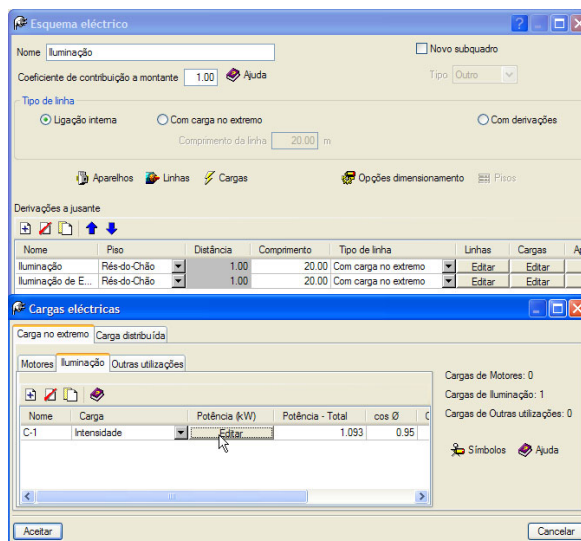


Fig. 3.47

Observe a fig. 3.48. É assim que deve ficar o esquema.

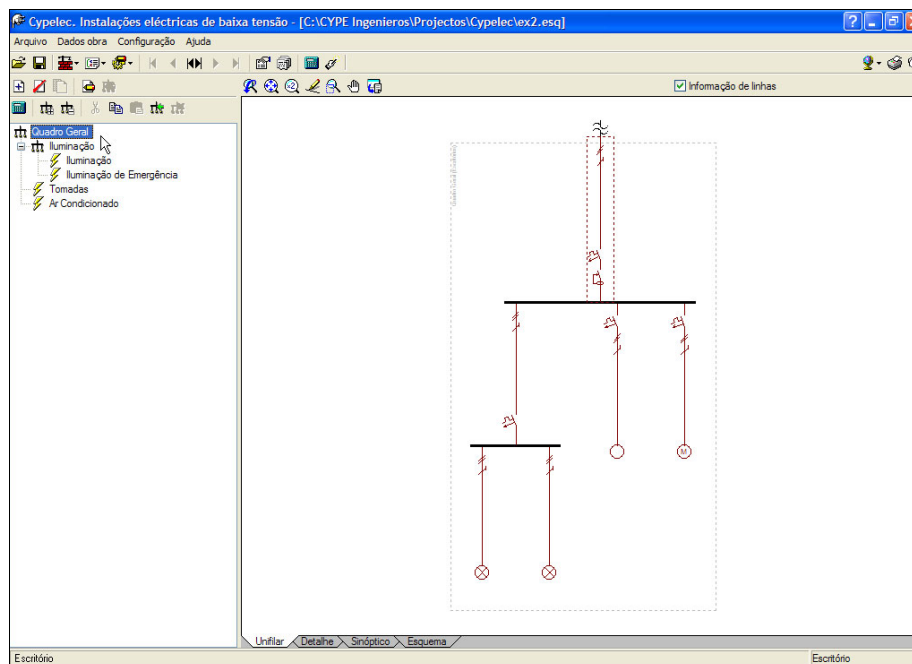
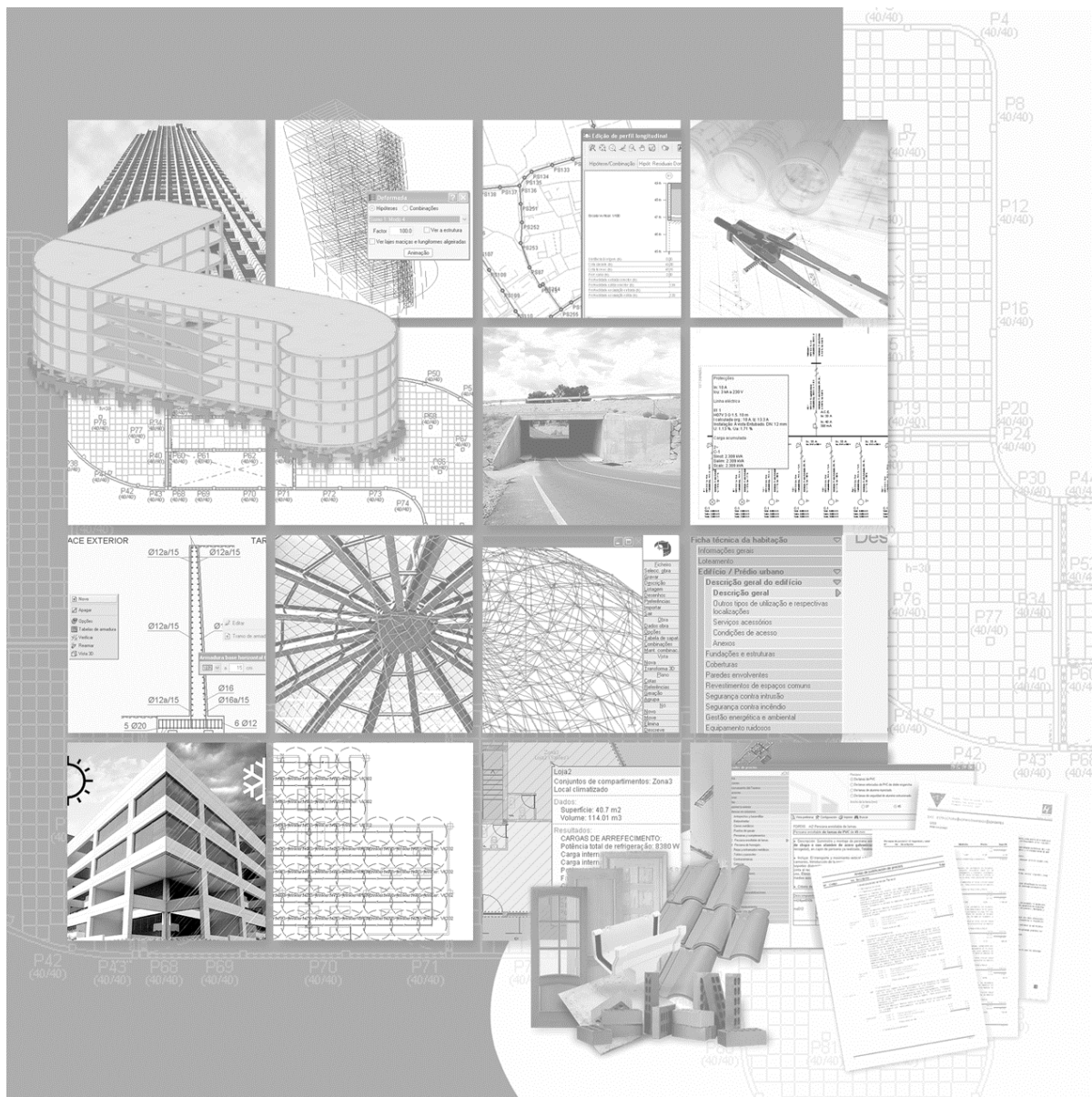


Fig. 3.48

### 3.2.11. Dimensionamento e verificação

Uma vez introduzidos todos os dados do circuito, deve premir sobre **Dados obra > Dimensionar** e guardar a obra quando o programa perguntar.

Depois do dimensionamento pode obter uma listagem das verificações. Se existir algum problema no dimensionamento, aparecerá uma mensagem de advertência.





# Instalações de Edifícios

**Instalações de Edifícios** é um programa criado para o dimensionamento e verificação de redes interiores de habitações, indústria, etc. dos seguintes tipos:

- Abastecimento de águas.
- Drenagem de águas residuais domésticas.
- Drenagem de águas residuais pluviais.
- Abastecimento de gás.
- Segurança contra incêndios (bocas de incêndio e sprinklers).
- Climatização

Ao permitir todos estes tipos de redes num único programa, a definição de pisos é comum a qualquer uma das redes possíveis. A configuração de grupos de piso (conjunto de vários pisos consecutivos e iguais) pode ser diferente em cada tipo de rede. Depois de definir um grupo de pisos, no caso de ter outros grupos iguais ou parecidos pode realizar uma cópia e iniciar as modificações que considerar oportunas.

Dentro de uma rede de qualquer tipo podem existir vários nós de ligação, sempre e quando pertencerem a redes independentes. A obtenção de desenhos será do conjunto de redes, embora sem misturar redes de distinto tipo, isto é, abastecimento de águas por um lado, incêndio por outro, etc.

Permite utilizar DXF ou DWG que sirvam de máscara (com capturas nessas máscaras) para introduzir a geometria, de cada piso, de cada uma das redes. Pode personalizar as opções e critérios de cálculo.



# 1. Memórias de cálculo

## 1.1. Águas

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de abastecimento de águas é fazer chegar a água a cada ponto de débito num edifício.

O problema pode abordar-se de dois pontos de vista diferentes:

- **Dimensionamento**  
É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de débitos e distribuição dos mesmos, se deseja obter os diâmetros adequados das tubagens de água.
- **Verificação**  
A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.  
  
Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:
  - **As condições de chegada da água aos pontos de débito**  
É necessário respeitar uma série de condicionantes, como pressões nos débitos, e a velocidade da água nas tubagens.
  - **Facilidade de construção**  
A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas tanto em dimensões como em comportamento.
  - **Manutenção**  
É fundamental conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa

manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva.

- **Economia**  
Não serve apenas fazer com que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando na medida do possível sobredimensionar.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.1.1. Dados prévios

#### 1.1.1.1. Condições do abastecimento

O cálculo de uma rede pode-se efectuar de dois modos:

- A partir de uma pressão de entrada dada, que deve ser introduzida pelo utilizador.
- Permitindo que o programa dê como resultado a pressão necessária de entrada que garanta o correcto funcionamento da rede.

#### 1.1.1.2. Simultaneidade nos débitos

O cálculo hidráulico da rede de abastecimento de águas pode-se realizar acumulando os caudais definidos nos débitos.

O cálculo dos caudais simultâneos depende do tipo do conforto seleccionado para a rede:

• Conforto Baixo:

$Q_{\text{acumulado}} < 3.5 \text{ l/seg}$	$25 \text{ l/seg} > Q_{\text{acumulado}} > 3.5 \text{ l/seg}$	$Q_{\text{acumulado}} > 25 \text{ l/seg}$
$Q_{\text{cálculo}} = 0.5099 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5092}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.4944 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5278}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2230 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7561}$

• Conforto Médio:

$Q_{\text{acumulado}} < 3.5 \text{ l/seg}$	$25 \text{ l/seg} > Q_{\text{acumulado}} > 3.5 \text{ l/seg}$	$Q_{\text{acumulado}} > 25 \text{ l/seg}$
$Q_{\text{cálculo}} = 0.5469 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5137}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5226 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5364}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2525 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7587}$

• Conforto Elevado:

$Q_{\text{acumulado}} < 3.5 \text{ l/seg}$	$25 \text{ l/seg} > Q_{\text{acumulado}} > 3.5 \text{ l/seg}$	$Q_{\text{acumulado}} > 25 \text{ l/seg}$
$Q_{\text{cálculo}} = 0.6015 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5825}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5834 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5872}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.3100 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.775}$

### 1.1.1.3. Biblioteca de débitos

A biblioteca de débitos predefinidos é a regulamentar.  
Os débitos definidos por defeito são os seguintes:

Aparelho	Caudal mínimo (l/s)
Lavatório individual	0,10
Lavatório colectivo (por bica)	0,05
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Pia de despejo com torneira de Ø 15 mm	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Mictório com torneira individual	0,15
Pia lava-louça	0,20
Bebedouro	0,10
Máquina de lavar louça	0,15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro	1,50
Mictório com fluxómetro	0,50
Boca de rega ou de lavagem de Ø 15 mm	0,30
Idem de Ø 20 mm	0,45

### 1.1.1.4. Velocidade nas tubagens

Uma das principais limitações ao dimensionar uma rede de abastecimento de águas num edifício é a velocidade do fluido na mesma.

Podem-se editar os limites de velocidade que o programa utilizará para realizar verificações e dimensionar. Os valores que o programa apresenta são os regulamentares: o mínimo é 0,5 m/s e o máximo 2 m/s.

### 1.1.1.5. Pressões nos pontos de débito

Quando se dimensiona uma rede de abastecimento de águas, é necessário assegurar nos débitos uma pressão disponível mínima.

Também se deve limitar o valor máximo da mesma, uma vez que o excesso de pressão poderia provocar rupturas nas tubagens.

O intervalo normal de pressões disponíveis em nós de débito num edifício oscila entre os 10 e os 60 m.c.a., embora estes valores possam ser determinados em grande medida pelas necessidades de cada tipo de débito.

Um sobredimensionamento das pressões na rede pode ocasionar fugas, ou a necessidade de instalar válvulas redutoras nas ligações dos débitos.

### 1.1.2. Tubagens

O funcionamento de uma rede de abastecimento de águas num edifício depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

#### 1.1.2.1. Materiais

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Deve-se expressar em milímetros. Estes são os valores, habituais num projecto, da rugosidade absoluta:

Materiais	Valores habituais de rugosidade absoluta (mm)
Aço inox	0.03
Polietileno	0.02
PVC	0.03
Polipropileno	0.02
Tubagem multicamada	0.01

#### 1.1.2.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, de onde se obtêm os materiais a utilizar. Cada material tem a sua característica de rugosidade absoluta definida juntamente com uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes de rugosidade, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas tubagens e válvulas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas ou pressões demasiado altas nos nós.

#### 1.1.2.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de água em edifícios requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, como podem ser válvulas (nas suas diferentes variantes), contadores, termoacumuladores, grupos de bombagem, etc.

Estes elementos serão classificados em três grupos:

- No grupo de perda de carga. Encontram-se todos os elementos que provocam uma perda de pressão ao circular caudal através deles. Esta perda de carga pode-se introduzir directamente em m.c.a. (metros de coluna de água) ou proporcionalmente ao caudal, com a constante K que aparece nas fichas de características técnicas de válvulas e outros elementos.
- As bombas produzem um aumento na altura piezométrica da água na tubagem, em função do caudal que circula. Apesar de não ser um dado rigorosamente exacto, ao definir uma bomba introduzir-se-á o seu ganho de pressão em m.c.a. e o seu rendimento eléctrico. Desta forma o programa fornece a potência eléctrica em KW da bomba em questão, que será um dado importante a ter em conta no momento de seleccionar um modelo comercial concreto.
- Para as redes de retorno de água quente, o programa dá como resultado a potência eléctrica mínima necessária para bombear a água quente através do circuito de recirculação, tendo em conta os desníveis de altura e a perda de carga nas tubagens.

Numa rede real existem outros elementos, como por exemplo cotovelos, reduções, etc. Em alguns casos, as perdas de carga sofridas nestes acessórios, são importantes no cálculo. O programa permite incrementar o coeficiente de resistência resultante do cálculo para conseguir uns resultados que incluam este

tipo de perdas. Por este motivo define-se no **menu Opções** o coeficiente de correcção do coeficiente de resistência.

### 1.1.3. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros, elementos intercalados, caudais pedidos e pressões de abastecimento. Para isso utiliza-se a formulação que se pormenoriza a seguir.

#### 1.1.3.1. Formulação tubagens

Para resolver os tramos da rede calculam-se as quedas de altura piezométrica, entre dois nós ligados por um tramo, com a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

sendo:

$h_p$ : Perda de carga (m.c.a.)

L: Comprimento equivalente da tubagem (m)

Q: Caudal que circula pela tubagem (m<sup>3</sup>/s)

g: Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

D: Diâmetro interior da tubagem (m)

O coeficiente de resistência  $f$  é função de:

- O número de Reynolds (Re)  
Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem. Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem. Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente), e passa a regime turbulento, cujo estudo em forma exacta é praticamente impossível. Quando o regime é laminar, a coluna da

rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido que no regime turbulento. Ao contrário, em regime turbulento, a influência da rugosidade torna-se mais patente.

- A rugosidade relativa ( $e/D$ )  
Traduz matematicamente as imperfeições do tubo. No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, calculando-se como:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

sendo:

V: A velocidade do fluido na tubagem (m/s)

D: O diâmetro interior da tubagem (m)

$\nu$ : A viscosidade cinemática do fluido (m<sup>2</sup>/s)

Em edifícios não é permitido o fluxo laminar nas tubagens, e para regime turbulento podem-se utilizar duas fórmulas:

- Colebrook-White  
Através de um cálculo iterativo, dá um resultado exacto do coeficiente de resistência.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

- Malafaya-Baptista  
A formulação é muito similar à de Colebrook-White, mas evita as iterações do cálculo através de uma aproximação.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{R_e \cdot \left( 0.4894 \cdot R_e^{-0.11} + 0.18 \cdot R_e^{0.095} \cdot \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{0.6} \right)} \right)$$

sendo:

f: Coeficiente de resistência

$\varepsilon$ : Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior da tubagem (m)

Re: Número de Reynolds

Como parâmetro, é necessário o dado da viscosidade cinemática do fluido,  $1.010 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  para a água fria e  $0.478 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  para a água quente, embora estes dados sejam também editáveis no menu opções.

### 1.1.3.2. Cálculo das redes de retorno de água quente

Quando se instalam redes de água quente, é usual que a água que se encontra nas tubagens arrefeça, pelo que ao por em funcionamento um aparelho de água quente, descarregar-se-á a água fria da tubagem durante um determinado tempo, até que a água quente chegue ao ponto de débito.

Esta situação é a que se pretende solucionar com as redes de retorno de água quente.

Consegue-se que exista uma recirculação de água quente pela rede, de forma que quando se ponha em funcionamento um aparelho de água quente, chegue a água à temperatura adequada instantaneamente.

Calcula-se um caudal mínimo de recirculação que garanta uma perda de temperatura determinada, desde o aparelho produtor de água quente até ao débito da mesma.

$$E_p = Q \cdot (T_e - T_s)$$

sendo:

$E_p$ : Calor dissipado

Q: Caudal no tramo

$T_e$  e  $T_s$ : Temperaturas de entrada e de saída num determinado tramo

O cálculo calorífico efectuado considera as perdas de calor no circuito de água quente e a existência ou não de isolante nessas tubagens.

- A formulação utilizada para o cálculo **sem material isolante** é a seguinte:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{D}{h_i \cdot D} + \frac{1}{h_e}}$$

- A formulação utilizada para o cálculo **com material isolante** é a seguinte:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{1}{h_i} + \frac{D}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot e + D}{D} \right) + \left( \frac{D}{h_e \cdot (2 \cdot e + D)} \right)}$$

sendo:

$E_p$ : Calor dissipado (w/m)

$\Delta T$ : Diferença de temperatura entre água quente e ambiente (°C)

D: Diâmetro interior da tubagem (m)

$h_e$ : Coeficiente convecção exterior (w/m<sup>2</sup> °C)

$h_i$ : Coeficiente convecção interior (w/m<sup>2</sup> °C)

e: Espessura do isolante (m)

$\lambda$ : Conductividade térmica do isolante (w/m °C)

### 1.1.4. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições (velocidade, pressão) e no caso de se ter seleccionado a opção de velocidade óptima, serão seleccionados os diâmetros que garantam que a

velocidade do fluido nos mesmos se aproxime mais da óptima.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído.

Há que salientar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as variações no material utilizado numa obra são limitações impostas no dimensionamento por factores externos ou normas.

O tramo que se encontra em piores condições, isto é, cujo desvio sobre os limites de velocidade seja maior, é modificado da seguinte forma:

- Se a velocidade do fluido for maior que o limite máximo, aumenta-se o diâmetro.
- Se a velocidade do fluido for menor que o limite mínimo, diminui-se o diâmetro.

Uma vez que os tramos cumprem as condições, verifica-se se existem nós que não cumpram as condições de pressão máxima e mínima. No caso de existir, modificar-se-á o diâmetro das tubagens mais carregadas, isto é, aquelas com uma perda de carga unitária maior.

### 1.1.5. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

## 1.2. Gás

### 1.2.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de abastecimento de gás em edifícios é fazer chegar o gás a cada aparelho.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, deve ter em conta os seguintes aspectos:

- As condições de chegada do gás aos aparelhos  
É necessário respeitar uma série de condicionantes, como as pressões ou a velocidade nas tubagens.
- Facilidade de construção  
A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e em comportamento.
- Manutenção  
Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- Economia  
Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### 1.2.2. Dados prévios

#### 1.2.2.1. Condicionantes do abastecimento

São necessários vários dados para calcular uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

Uma rede de gás em edifícios típicos tem o seguinte esquema:

**REDE → Caixa de corte geral → Coluna → Centralização de contadores → Ramal individual → Aparelhos**

Será necessário pormenorizar a pressão que o gás terá nos pontos de ligação da rede a calcular à rede geral, e também as pressões dos redutores do edifício e fogo.

Desta forma detecta-se automaticamente os limites entre as zonas, e realizam-se as verificações de queda de pressão e velocidade oportunas em cada uma delas.

### 1.2.2.2. Potências

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

O caudal a fornecer em cada um dos aparelhos da rede é determinado pelos aparelhos ligados, que terão um intervalo de pressões de funcionamento e uma potência concreta.

O programa utiliza internamente as seguintes potências:

Tipo de consumo	P (kW)
Fogão com forno	11.6
Fogão	5.8
Esquentador (para T1 ou inferior)	16.24
Esquentador (para T2 ou T3)	25.52
Esquentador (para T4 ou superior)	30.16
Caldeira Aquecimento	23.2
Caldeira Mista	30.9

### 1.2.2.3. Simultaneidade nos consumos

Para o cálculo dos caudais aplicam-se dois tipos de formulação diferente:

1. Para aparelhos ou consumos a simultaneidade é a seguinte:

$$Q_s = Q_a + Q_b + \frac{Q_c + Q_d + \dots}{2}$$

sendo:

Qa: Maior caudal de aparelho a jusante

Qb: Segundo maior caudal de aparelho a jusante

Qc, Qd, etc.: Restantes caudais de aparelhos

2. Consoante o número de fogos e se existe aquecimento ou não, aplicar-se-ão os seguintes coeficientes de simultaneidade:

Número de fogos	Sem Aquecimento	Com Aquecimento
1	1	1
2	0.5	0.7
3	0.4	0.6
4	0.4	0.55
5	0.4	0.5
6	0.3	0.5
7	0.3	0.5
8	0.3	0.45
9	0.25	0.45
10	0.25	0.45
15	0.24	0.43
25	0.20	0.40
40	0.199	0.40
50	0.189	0.35

Se não existirem vários fogos realizar-se-á unicamente a simultaneidade de aparelhos.

Diz-se que existe aquecimento para efeitos de cálculo do coeficiente de simultaneidade se tiver uma caldeira de aquecimento ou mista (aquecimento e A.Q.S.).

### 1.2.2.4. Abastecimentos da rede

Uma rede de gás é alimentada por um único ponto. Esse ponto pode pertencer a uma rede procedente da empresa distribuidora ou de outras redes capazes de fornecer gás à rede a dimensionar.

### **1.2.2.5. Velocidade nas tubagens**

Uma das principais limitações no dimensionamento de uma rede de tubagens de gás em edifícios é a velocidade do fluido nas mesmas.

Segundo a zona da rede, a norma não permite superar valores de 10 ou 15 m/s.

### **1.2.2.6. Pressões nos aparelhos**

Quando se desenha uma rede de abastecimento de gás é necessário assegurar nos aparelhos uma pressão disponível mínima, que depende da pressão de abastecimento e das necessidades próprias dos aparelhos.

## **1.2.3. Tubagens**

O funcionamento de uma rede de abastecimento de gás depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

### **1.2.3.1. Materiais**

Devido à baixa densidade dos gases que circulam, pode-se desprezar a influência do material e do seu acabamento no cálculo de gás, tendo-se em conta apenas como método de identificação.

### **1.2.3.2. Diâmetros**

O programa uniformiza de forma automática os diâmetros na rede.

### **1.2.3.3. Consideração de elementos redutores de pressão**

Podem-se seleccionar três tipos de elementos cuja função é reduzir a pressão do gás que os atravessa:

- Caixa de corte geral  
No caso de um edifício multifamiliar reduz a pressão do gás para média pressão. No caso de uma habitação unifamiliar reduz a pressão do gás para baixa pressão.
- Centralização de contadores  
É utilizado em edifícios multifamiliares reduz a pressão do gás para baixa pressão nos ramais individuais, é composta por uma válvula de corte, um redutor e um contador por habitação.

### **1.2.3.4. Consideração de elementos especiais**

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes de abastecimento de gás requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens e dos elementos redutores de pressão.

Para poder ter em conta as perdas de carga sofridas nestes elementos, é uma prática habitual no âmbito de cálculo incrementar uma percentagem o comprimento físico dos tramos para conseguir um comprimento equivalente que inclua estas perdas de carga localizadas.

Por isso, o programa considera uma percentagem de incremento do comprimento para simular estas perdas. Este incremento de comprimento só se aplica no momento de cálculo, não na medição da tubagem e o seu valor é de 20%.

## **1.2.4. Cálculo**

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede. Para isso utiliza-se a formulação e o método de resolução que se explicam a seguir.

### 1.2.4.1. Formulação

No caso de fornecer um consumo nos aparelhos em forma de potência calorífica, obtém-se o caudal através da fórmula:

$$Q = \frac{P \times 859.8}{PCI}$$

sendo:

Q: Caudal de gás pedido no nó (m³/h)

P: Potência calorífica pedida no nó (kW)

PCI: Poder calorífico inferior do gás (kcal/m³)

Para a resolução de cada um dos tramos da rede, calculam-se as quedas de pressão, entre dois nós ligados por um tramo, através da fórmula de Renouard:

$$P \leq 0.1 \text{ bar} \Rightarrow \Delta P = CR_l \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

$$P > 0.1 \text{ bar} \Rightarrow P_1^2 - P_2^2 = CR_c \cdot \rho_r \cdot L \cdot D^{-4.82} \cdot Q^{1.82}$$

sendo:

P1, P2: Pressões absolutas do gás nos pontos inicial e final do tramo (bar)

CR<sub>l</sub>: Coeficiente constante da fórmula de Renouard linear. O seu valor habitualmente considera-se 23.2.

CR<sub>c</sub>: Coeficiente constante da fórmula de Renouard quadrática. O seu valor habitualmente considera-se 48.66 para pressões entre 0.1 e 4 bar, e 51.5 para pressões até os 16 bar.

ρ<sub>r</sub>: Densidade relativa do gás utilizado. Para o gás natural, pode oscilar entre 0.55 e 0.65.

L: Comprimento equivalente da tubagem (m)

D: Diâmetro interior da tubagem (mm)

Q: Caudal que circula pela tubagem (m³/h).

O cálculo da velocidade realiza-se através de:

$$V = \frac{C_v \cdot Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

sendo:

C<sub>v</sub>: É um factor que depende unicamente da temperatura do gás. O seu valor é 1.25 · (273 + T<sup>a</sup>) e para T<sup>a</sup> = 10°, o seu valor é de 354, que é o que habitualmente se utiliza.

Z: Factor de compressibilidade do gás. Abaixo dos 5 bar absolutos, pode-se considerar 1.

A fórmula de Renouard não tem validade para valores de P1 e P2 menores que 0.

De facto, a fórmula de Renouard quadrática dá o mesmo valor de caudal tanto se P1 for igual a 1 bar e P2 igual a 0.5 bar, como no caso em que P2 seja igual a -0.5 bar.

A fórmula de Renouard quadrática tem uma zona na qual não está definida biunivocamente e portanto a sua evolução não é válida.

Nesta zona, com valores negativos de alguma das pressões, aproxima-se o valor com uma ponderação entre a fórmula quadrática e a linear, pelo que os resultados não podem ser considerados fiáveis. Este valor apenas dá uma ideia se a diferença de pressão sobre o limite estabelecido é grande ou pequena.

A fórmula de Renouard é válida abaixo dos 30 m/s. Para velocidades maiores, os resultados só são orientativos.

### 1.2.4.2. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar os diâmetros mínimos que cumpram todas as restrições (velocidade e queda de pressão).

## 1.3. Incêndios

### 1.3.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede hidráulica para o combate a incêndios, é fazer chegar a água à pressão determinada, aos pontos necessários dentro de um edifício. Existem dois pontos de vista diferentes de apresentar o problema:

- Dimensionamento

É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de débitos e distribuição dos mesmos, se deseja obter os diâmetros adequados das tubagens de água.

- **Verificação**

A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se cumpre as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **As condições de chegada da água aos pontos de débito**  
É necessário respeitar uma série de condicionantes, como a pressão mínima e máxima nos débitos.
- **Facilidade de construção**  
É importante a utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e em comportamento.
- **Manutenção**  
Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**  
Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

### **1.3.2. Dados prévios**

#### **1.3.2.1. Condições do abastecimento**

O programa pode resolver redes com bocas de incêndio e redes com sprinklers.

O programa dá como resultado a pressão necessária na entrada, que garanta o correcto funcionamento da rede.

#### **1.3.2.2. Redes com bocas de incêndio**

Os tipos de bocas de incêndio são as de Ø25, Ø45 e Ø50, com caudais mínimos definidos pelo regulamento, de 1.5 l/s para Ø25 e 3 l/s para Ø45 e Ø50.

O regulamento exige uma pressão mínima nas bocas de incêndio de 25 m.c.a., é um dado editável pelo utilizador. Como critério do programa verifica-se também a pressão máxima nas bocas de incêndio, uma vez que com uma pressão demasiado elevada, uma pessoa não seria capaz de controlar a mangueira, pelo princípio de acção e reacção. É conveniente, portanto, evitar que a pressão da boca de incêndio alcance pressões demasiado elevadas.

O regulamento indica que o diâmetro mínimo das tubagens deve ser de 50 mm.

#### **1.3.2.3. Redes com sprinklers**

O cálculo de redes com sprinklers depende da pressão e da constante k do sprinkler. Além disso, as condições de simultaneidade fazem com que em muitas ocasiões não se chegue a um dimensionamento óptimo que garanta o bom funcionamento da rede.

Estes problemas resolvem-se fazendo um cálculo iterativo que resolve a rede de sprinklers com total exactidão e com as condições de simultaneidade definidas.

Por especificações do fabricante, os sprinklers têm umas pressões mínima e máxima de funcionamento, que é necessário respeitar e verificar.

#### **1.3.2.4. Simultaneidade nos consumos**

- Bocas de incêndio

O regulamento de incêndios obriga a calcular uma rede de bocas de incêndio supondo que metade das bocas de incêndio instaladas funcionam simultaneamente, com um máximo de quatro. O caudal que passa por uma tubagem será o máximo possível tendo em conta as condições de simultaneidade definidas, pelo que a solução do problema será a óptima.

- Sprinklers

O programa pede o tipo de utilização do edifício e em função disso, assume o tipo de risco em que a rede está classificada e a partir desse dado calcula-se o número de sprinklers em funcionamento simultâneo da rede. Com eles consegue-se dimensionar a rede.

É importante ter em conta que a acumulação de caudais com simultaneidade realiza-se detectando para cada tramo os sprinklers com maior caudal. Desta forma garante-se que funcionando exclusivamente os mais afastados hidráulicamente do ponto de fornecimento, a pressão nos mesmos será superior à mínima.

#### **1.3.2.5. Velocidade nas tubagens**

Uma das principais limitações no dimensionamento de uma rede de águas num edifício é a velocidade do fluido nas mesmas. No entanto, para redes hidráulicas de combate a incêndios em edifícios, não existem limitações na velocidade do fluido nas tubagens.

#### **1.3.2.6. Pressões nos débitos**

Realizar-se-ão verificações de forma que as pressões em bocas de incêndio e nos sprinklers estejam dentro de determinados intervalos.

A pressão mínima nas bocas de incêndio deve ser de 25 m.c.a. segundo o regulamento e a máxima é definida pelo utilizador.

No caso dos sprinklers, as pressões mínimas e máximas dependem do modelo seleccionado, mas os valores mais usuais são de 5 m.c.a. para a mínima e 120 m.c.a. para a máxima.

### **1.3.3. Tubagens**

O funcionamento de uma rede hidráulica depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

#### **1.3.3.1. Materiais**

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Deve-se utilizar em milímetros.

#### **1.3.3.2. Diâmetros**

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar. Cada material traz a sua característica de rugosidade absoluta juntamente com uma série de diâmetros. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes de rugosidade, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas tubagens e válvulas e diminuem a velocidade de circulação, mas encarecem o custo da

rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas ou pressões demasiado altas nos nós.

### 1.3.3.3. Consideração de elementos especiais

Devido a necessidades construtivas ou de controle, as redes hidráulicas de combate a incêndios em edifícios requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, que se traduzem em perdas de carga e que se podem introduzir em qualquer ponto da rede.

### 1.3.4. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros, elementos intercalados, caudais pedidos e pressão de abastecimento. Para isso utiliza-se a formulação e o método de resolução que se explicam a seguir.

#### 1.3.4.1. Formulação tubagens

Para resolver os tramos da rede calculam-se as quedas de altura piezométrica, entre dois nós ligados por um tramo, com a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

sendo:

$h_p$ : Perda de carga (m.c.a.)

$L$ : Comprimento equivalente da tubagem (m)

$Q$ : Caudal que circula pela tubagem (m<sup>3</sup>/s)

$g$ : Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

$D$ : Diâmetro interior da tubagem (m)

O coeficiente de resistência  $f$  é função de:

**O número de Reynolds (Re)**. Representa a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas na tubagem.

- Quando as forças viscosas são predominantes (Re com valores baixos), o fluido escorre de forma laminar pela tubagem.

- Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas (Re grande), o fluido deixa de se mover de uma forma ordenada (laminarmente) e passa a regime turbulento, cujo estudo de forma exacta é praticamente impossível.

Quando o regime é laminar, a importância da rugosidade é menor em relação às perdas devidas ao próprio comportamento viscoso do fluido que em regime turbulento.

Ao contrário, em regime turbulento a influência da rugosidade torna-se mais patente.

**A rugosidade relativa (e/D)**. Traduz matematicamente as imperfeições do tubo.

No caso da água, os valores de transição entre os regimes laminar e turbulento para o número de Reynolds encontram-se no intervalo de 2000 a 4000, calculando-se como:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

sendo:

$V$ : A velocidade do fluido na tubagem (m/s)

$D$ : O diâmetro interior da tubagem (m)

$\nu$ : A viscosidade cinemática do fluido (m<sup>2</sup>/s)

O dimensionamento das redes de incêndios realizar-se-á sempre de forma que o regime de funcionamento seja o turbulento, e avisar-se-á em caso contrário. A formulação utilizada é a proposta por Colebrook-White, que através de um cálculo iterativo, dá um resultado exacto do coeficiente de resistência.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

sendo:

f: Coeficiente de resistência

$\varepsilon$ : Rugosidade absoluta do material (m)

D: Diâmetro interior da tubagem (m)

$Re$ : Número de Reynolds

#### 1.3.4.2. Cálculo em sprinklers

Nos sprinklers o caudal é função da pressão à qual se submete, e de uma constante que depende da geometria do mesmo.

$$Q = k \cdot P^{1/2}$$

sendo:

Q: Caudal (litros/minuto)

K: Constante do sprinkler

P: Pressão no sprinkler (bares)

Através de um cálculo iterativo chega-se ao ponto de funcionamento de cada sprinkler.

#### 1.3.4.3. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

O material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as alterações no material utilizado numa obra são limitações impostas ao dimensionamento por factores externos.

O algoritmo de dimensionamento verificará as pressões de todos os nós e dos que não cumpram as condições exigidas, ir-se-ão aumentando os diâmetros da tubagem até que se verifiquem todas as verificações.

#### 1.3.5. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

### 1.4. Saneamento - Residuais

#### 1.4.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas é evacuar a água desde os aparelhos de descarga, até à rede de saneamento da urbanização.

O problema pode ser abordado de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- Dimensionamento  
É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de água recolhida, se deseja obter as dimensões adequadas das tubagens.
- Verificação  
A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.  
  
Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:
- Exigências de caudal a evacuar  
É necessário respeitar uma série de condicionantes na recolha de águas residuais.
- Facilidade de construção  
A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e comportamento.
- Manutenção

Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.

- **Economia**  
Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

1.4.2. **Dados prévios**

1.4.2.1. **Condições de recolha**

São necessários vários dados para o cálculo de uma rede. Estes dados são, definitivamente, os que marcarão o comportamento da mesma.

1.4.2.2. **Caudais de descarga por aparelho**

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede.

Aparelho	Caudal mínimo (l/min)
Bacia de retrete	90
Banheira	60
Bidé	30
Chuveiro	30
Lavatório individual	30
Máquina de lavar louça	60
Máquina de lavar roupa	60
Mictório de espaldar	90
Mictório suspenso	60
Pia lava-louça	30
Tanque	60

As redes de drenagem de águas residuais domésticas devem ser ramificadas, com um só ponto de descarga. O seu funcionamento deve ser em superfície livre.

1.4.2.3. **Simultaneidade nas descargas**

Em alguns casos, pode ser interessante a utilização de um coeficiente que reduza os caudais numa rede. Desta forma é possível simular o funcionamento de uma rede real, na qual geralmente os aparelhos não funcionam simultaneamente.

A fórmula utilizada é a seguinte:

$$Q_c = 7.3497 \cdot Q_a^{0.5352}$$

Sendo:

Q<sub>c</sub>: caudal de cálculo (l/min)

Q<sub>a</sub>: caudal acumulado (l/min)

1.4.2.4. **Ponto de descarga**

O ponto de descarga é o ponto final onde chega toda a água residual evacuada pela rede de drenagem. Esses pontos podem ser de vários tipos, mas no caso de edifícios, a situação mais usual é que a rede do edifício desemboque numa rede de saneamento de urbanização.

1.4.3. **Tubagens**

O funcionamento de uma rede de drenagem depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

#### 1.4.3.1. Materiais

- 
- Uma rugosidade do material menor implica maior velocidade no tramo.
- 

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que vai utilizar. É habitual utilizar a fórmula de Manning-Strickler.

#### 1.4.3.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais traz o seu coeficiente juntamente com uma série de dimensões de tubagens. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

#### 1.4.4. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros e caudais. Para isso utilizam-se a formulação e o método de resolução que se explicam a seguir.

#### 1.4.4.1. Formulação

No caso de redes de drenagem, utiliza-se o método de recontagem de caudais desde os pontos de recolha até à rede de drenagem da urbanização.

Por isso, a rede deve ser ramificada e com um só ponto de descarga.

Os cálculos realizar-se-ão através da já mencionada fórmula de Manning-Strickler.

Esta fórmula proporciona um cálculo aproximado, uma vez que supõe um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em tubagens reais.

- Fórmula de Manning-Strickler

Utilizar-se-á para o cálculo das tubagens horizontais. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo hidráulico em saneamento, e expressa-se como:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A_h$$

Sendo:

$A_h$ : Secção de molhada (m<sup>2</sup>)

$n$ : Coeficiente de Manning. Este valor depende do material e da geometria da abastecimento de águas, apesar de se poder desprezar esta última influência.

$i$ : Inclinação da tubagem (m/m)

$r$ : Raio hidráulico

#### 1.4.4.2. Ramais de descarga

Dimensionar-se-ão de acordo com a fórmula de Manning-Strickler.

Os ramais de descarga deverão ser dimensionados a meia secção excepto nas situações indicadas seguidamente.

Os ramais de descarga individuais poderão ser dimensionados a secção cheia quando contarem com ventilação secundária. Quando só dispuserem de ventilação primária, poder-se-ão dimensionar a secção cheia, sempre que a distância entre o sifão e a secção ventilada não supere o valor máximo admissível obtido no gráfico seguinte.

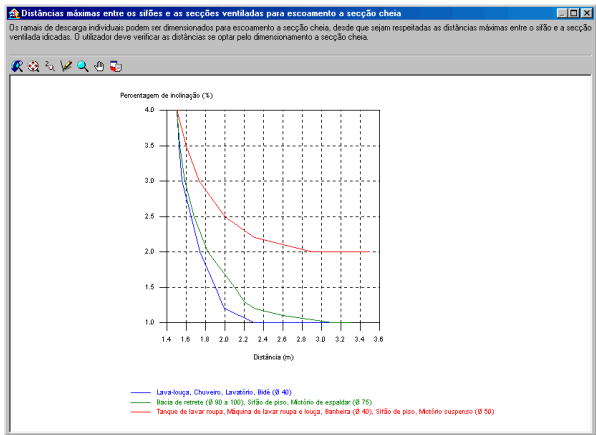


Fig. 1.1

Existem diâmetros mínimos por aparelho que os ramais individuais de descarga deverão cumprir:

Aparelho	Diâmetro mínimo do ramal individual (mm)
Bacio de retrete	90
Banheira	40
Bidé	40
Chuveiro	40
Lavatório	40
Máquina de lavar louça	50
Máquina de lavar roupa	50
Mictório espaldar	75
Mictório suspenso	50
Pia lava-louça	30
Tanque	60

1.4.4.3. Cálculo de tubos de queda

Utilizar-se-á a seguinte expressão para os tubos de queda:

$$D = 4.4205 \cdot Q^{3/8} \cdot ts^{-5/8}$$

- Sendo:
- D: Diâmetro do tubo vertical (mm)
  - Q: Caudal de cálculo (l/min)
  - ts: Taxa de ocupação (1/3, 1/5, ...)

Os tubos de queda serão dimensionados para uma taxa de ocupação máxima de 1/3 e mínima de 1/7 dependendo da existência ou não de ventilação secundária, de acordo com os requisitos regulamentares.

1.4.4.4. Cálculo de colunas de ventilação

As colunas de ventilação são necessárias para evitar sobrepressões, e dimensionar-se-ão através da seguinte fórmula:

$$D_v = 0.39 \cdot L_v^{0.187} \cdot D$$

- sendo:
- D<sub>v</sub>: Diâmetro da coluna de ventilação(mm)
  - L<sub>v</sub>: Altura da coluna de ventilação (m)
  - D: Diâmetro do tubo de queda (mm)

1.4.4.5. Colectores

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100mm.

Dimensionar-se-ão através da fórmula de Manning-Strickler, para uma ocupação não superior a meia secção.

#### 1.4.4.6. Elementos

Nas redes de drenagem de águas residuais domésticas, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que podem afectar ou não o cálculo, mas que se terão em conta em desenhos e medições.

#### 1.4.5. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar um diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído, e a partir dele procura-se o adequado.

Há que fazer notar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as alterações no material utilizado numa obra são limitações impostas ao dimensionamento por factores externos ou normas.

#### 1.4.6. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

### 1.5. Saneamento - Pluviais

#### 1.5.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de drenagem de águas pluviais num edifício de habitações é evacuar a água da chuva desde os pontos de descarga, geralmente coberturas até à rede de saneamento da urbanização.

O problema pode ser abordado de dois pontos de vista diferentes, a saber:

- **Dimensionamento**  
É o caso mais habitual, no qual a partir de uma série de dados de água recolhida, se deseja obter as dimensões adequadas das tubagens.
- **Verificação**  
A partir de uma rede já existente, deseja-se conhecer se verifica as limitações de dimensionamento impostas ou consideradas segundo o critério do técnico.

Quer se deseje dimensionar, quer se deseje verificar, é necessário ter em conta os seguintes aspectos:

- **Facilidade de construção**  
A utilização de materiais, diâmetros e outros elementos facilmente disponíveis no mercado, que se ajustem às normas em dimensões e em comportamento.
- **Manutenção**  
Conseguir um bom funcionamento da rede para evitar uma excessiva e custosa manutenção correctiva, facilitando a manutenção preventiva, é fundamental.
- **Economia**  
Não basta que a rede funcione. Esta deve comportar, além disso, um custo razoável evitando dentro do possível sobredimensionar.

Uma vez obtidos todos os dados necessários, efectua-se o cálculo em relação à formulação adequada em cada caso.

#### 1.5.2. Dados prévios

##### 1.5.2.1. Caudais de descarga por área

O caudal de cálculo obter-se-á através da seguinte fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

sendo:

Q: Caudal de cálculo (l/min)

C: Coeficiente de escoamento, que geralmente é igual a 1.

I: Intensidade de precipitação (l/min.m²)

A: Área de drenagem, em projecção horizontal.

A intensidade de precipitação calcular-se-á segundo o previsto no ‘Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais e Distribuição de Águas e de Drenagem de Águas Residuais’.

$I = a \cdot t^b$

sendo:

I: Intensidade média máxima de precipitação (mm/h) para a duração t

t: Duração da chuva (min)

a, b: Constantes que dependem do período de retorno e da região pluviométrica.

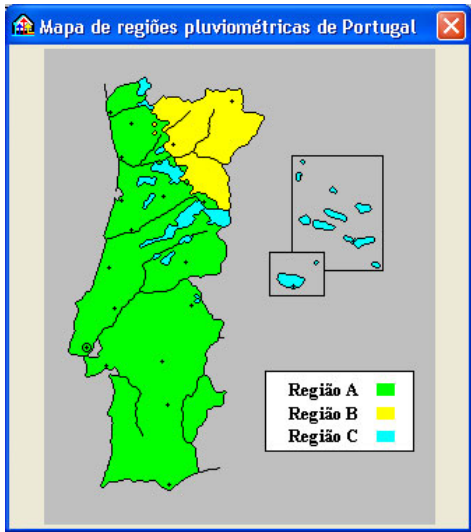


Fig. 1.2

Regiões	A		B		C	
T retorno (anos)	A	B	A	B	A	B
2	202.72	-0.577	162.18	-0.577	243.26	-0.577
5	259.26	-0.562	207.41	-0.562	311.11	-0.562
10	290.58	-0.549	232.21	-0.549	348.42	-0.549
20	317.74	-0.538	254.19	-0.538	381.29	-0.538
50	349.54	-0.524	279.63	-0.524	419.45	-0.524
100	365.62	-0.508	292.50	-0.508	434.75	-0.508

As redes de drenagem devem ser ramificadas, com um só ponto de descarga. O seu funcionamento deve ser em superfície livre.

Em redes de drenagem de águas residuais pluviais não faz sentido a utilização de coeficientes de simultaneidade, pelo que não são utilizados neste ponto.

1.5.2.2. Ponto de descarga final

O ponto de descarga é o ponto final onde chega toda a água evacuada pela rede de águas pluviais. Esses pontos podem ser de vários tipos, mas no caso de edifícios, a situação mais usual é que a rede do edifício desemboque numa rede de saneamento de urbanização.

1.5.3. Tubagens

O funcionamento da rede depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

### 1.5.3.1. Materiais

- 
- *Uma rugosidade do material menor implica maior velocidade no tramo.*
- 

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar.

A forma de expressar a rugosidade depende, em grande medida, do tipo de formulação que vai utilizar. É habitual utilizar a fórmula de Manning Strickler.

### 1.5.3.2. Diâmetros

A manutenção dos materiais realiza-se através da utilização de bibliotecas, das quais se obtêm os materiais a utilizar nas obras. Cada um destes materiais traz o seu coeficiente juntamente com uma série de dimensões de tubagens. Estas bibliotecas são definíveis pelo utilizador, que pode modificar os coeficientes, assim como tirar ou acrescentar diâmetros à série.

Diâmetros maiores diminuem a velocidade de circulação e a possibilidade de entrar em carga, mas encarecem o custo da rede, com o risco acrescentado de ter velocidades excessivamente baixas.

### 1.5.4. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros e caudais. Para isso utiliza-se a formulação que se explica a seguir.

### 1.5.4.1. Formulação

No caso de redes de drenagem, utiliza-se o método de recontagem de caudais desde os pontos de recolha até à rede de saneamento da urbanização.

Por isso, a rede deve ser ramificada e com um só ponto de descarga.

Os cálculos realizar-se-ão através da fórmula de Manning-Strickler.

Esta fórmula proporciona um cálculo aproximado, uma vez que supõe um regime de circulação uniforme em todo o trajecto, o que é praticamente impossível em tubagens reais.

- **Fórmula de Manning-Strickler**

Utilizar-se-á para o cálculo da tubagem horizontal. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo de saneamento, e expressa-se como:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A_h$$

sendo:

$A_h$ : Secção molhada (m<sup>2</sup>)

$n$ : Coeficiente de Manning. Este valor depende do material e da geometria do abastecimento de águas, apesar de se poder desprezar esta última influência.

$i$ : Inclinação da tubagem (m/m)

$r$ : Raio hidráulico

### 1.5.4.2. Ramais de descarga

Os ramais de descarga serão dimensionados a secção cheia de acordo com a fórmula de Manning-Strickler.

Verificar-se-á que os ramais funcionem sempre em superfície livre, isto é, que não entrem em carga.

### 1.5.4.3. Caleiras

A altura de lâmina de água nas caleiras não poderá superar 0,70 da altura da sua secção transversal.

Para a sua verificação e dimensionamento utilizar-se-á a fórmula de Manning-Strickler.

### 1.5.4.4. Cálculo de tubos de queda

O diâmetro dos tubos de queda na drenagem de águas pluviais não poderá ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais que confluem nele, com um mínimo de 50 mm.

Utilizar-se-á a formulação seguinte:

$$Q_c = \left( \alpha + \beta \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{1/2}$$

sendo:

$\alpha$ : 0.453 se a entrada de caudal no tubo de queda se realizar com aresta viva; 0.578 se a entrada de caudal no tubo de queda for cónica.

$\beta$ : 0.350

D: Diâmetro do tubo vertical (m)

$Q_c$ : Caudal de cálculo ( $m^3/s$ )

H: Carga no tubo de queda (m)

g: Aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ).

O dado H (carga no tubo de queda) representa a altura de lâmina de água no tubo horizontal que chega ao tubo de queda. Quando num mesmo piso existem várias tubagens que descarregam no mesmo tubo de queda, a altura H considerada para o cálculo corresponde à média ponderada com o caudal que circula em cada tramo horizontal.

### 1.5.4.5. Colectores

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100mm.

Dimensionam-se através da fórmula de Manning-Strickler, para secção cheia.

### 1.5.5. Elementos

Nas redes de drenagem de águas pluviais, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que não afectam o cálculo, mas que se terão em conta em desenhos e medições. Estes elementos são bocas de limpeza, caixa de visita e grupo elevatório, etc.

### 1.5.6. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar um diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

Para iniciar o dimensionamento, estabelece-se o diâmetro de cada um dos tramos ao menor da série do material atribuído, e a partir dele procura-se o adequado.

Há que fazer notar que o material do tramo não se alterará durante o dimensionamento, uma vez que as alterações no material utilizado numa obra são limitações impostas ao dimensionamento por factores externos.

### 1.5.7. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

## 1.6. Climatização

No momento de projectar uma rede de climatização é necessário estimar a carga térmica mais desfavorável. No entanto, as novas tecnologias entraram neste tipo de instalações e não é suficiente a carga mais

desfavorável, mas sim o completo estudo em cada instante da procura de frio ou calor. Deste modo, consegue-se uma optimização energética tão importante nestes tempos, tanto à escala económica, como ecológica.

### 1.6.1. Dados prévios

Para o cálculo de cargas térmicas é necessário definir uma série de parâmetros que se agrupam em três tipos.

#### Dados exteriores

Para realizar o cálculo da carga térmica tem de seleccionar as condições climáticas e situação geográfica da obra. Todos estes dados permitirão calcular a radiação solar, a temperatura de bolbo seco e húmido relativa para cada hora e dia do ano.

#### Dados dos tapamentos

Um compartimento está delimitado por elementos construtivos, tais como paredes, lajes e aberturas. A orientação deve ser definida para o caso dos elementos verticais que estiverem no exterior. As paredes podem definir-se por layers ou com um cálculo simplificado.

#### Dados dos compartimentos

Os compartimentos definem-se com umas condições ambientais de temperatura e humidade relativa. Para o cálculo do arrefecimento deve definir-se também (para o caso que for necessário) a ocupação, a iluminação, a ventilação e a simulação de outras cargas do compartimento. Além disso, a selecção do tipo de pavimento é necessária para ter em conta a acumulação de calor no compartimento.

### 1.6.2. Cálculo

#### Carga térmica de arrefecimento

O cálculo das carga térmica de arrefecimento realiza-se através da simulação das condições exteriores variáveis com as horas, os dias e os meses de um ano. A temperatura que equivale à radiação e à convecção calcula-se tendo em conta a radiação solar e a cor do tapamento que vai ser calculado juntamente com o coeficiente de convecção exterior. Para isso utiliza-se o conceito de temperatura sol-ar:

#### • Paredes e lajes exteriores

$$T_{\text{sol\_ar}} = T_{\text{seca\_ext}} + \frac{\alpha \cdot I_{\text{total}}}{h_{\text{cov\_ext}}}$$

onde:

$T_{\text{sol\_ar}}$ : Temperatura sol-ar (°C)

$T_{\text{seca\_ext}}$ : Temperatura seca exterior (°C)

$\alpha$ : Coeficiente de absorção do tapamento exterior.

$I_{\text{total}}$ : Radiação total que o tapamento exterior recebe (W/m<sup>2</sup>).

$H_{\text{conv\_ext}}$ : Coeficiente de convecção exterior do tapamento exterior (W/m<sup>2</sup> °C).

Uma vez calculada a temperatura sol-ar para cada hora do dia, juntamente com as características do tapamento e temperatura do compartimento, calcula-se a carga térmica para cada hora do dia.

A carga térmica atravessa os tapamentos com um desfasamento e um amortecimento determinado. Por isso, diz-se que as paredes e as lajes têm inércia térmica. O cálculo realiza-se desenvolvendo a equação diferencial de transmissão de calor para cada uma das layers do tapamento, necessitando para isso da conductividade, da densidade e do calor específico.

Os muros em contacto com o terreno são omitidos no cálculo do arrefecimento, dado que produzem normalmente uma carga favorável.

#### • Aberturas exteriores

Definem-se como aberturas exteriores as portas, janelas e clarabóias que estão em contacto com o exterior. A carga térmica que cada um destes elementos recebe classifica-se em dois tipos: por meio de radiação solar recebida em cada instante do dia e a transmissão de calor por diferença de temperaturas.

A radiação que incide numa abertura é afectada por diversos obstáculos tais como persianas, cortinas, etc., Além disso, influem outros edifícios ou elementos que produzam sombras. Para o caso em que os elementos se encontrem à sombra, a única radiação que leva calor ao elemento é a radiação difusa.

A energia que se transmite em forma de radiação depende também do tipo de tapamento do interior do compartimento; no entanto, para simplificar o cálculo, toma-se o pavimento como o único tapamento, dado que é o que mais energia acumula.

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = f_{\text{sg}} \cdot S \cdot I_{\text{ui}}$$

onde:

$f_{\text{sg}}$ : Factor solar global. Define-se como o produto de todos os factores solares dos acessórios da abertura.

$S$ : Superfície da abertura ( $\text{m}^2$ )

$I_{\text{ui}}$ : Radiação unitária com inércia ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

### • Tapamentos interiores

Representam uma importância relativamente pequena no cálculo global da carga térmica. O cálculo não precisa da radiação, mas sim da diferença de temperatura de ambos os lados do tapamento. No caso de haver um compartimento não climatizado, o cálculo realiza-se considerando a temperatura como a média aritmética entre a temperatura do compartimento e a do exterior.

### • Cargas internas

As cargas internas de um compartimento são aquelas fontes de calor geradas dentro do compartimento. Para a definição destas deve ter-se em conta o horário e a percentagem em relação ao total de cada uma delas.

As cargas térmicas que devem ter-se em conta para o cálculo do arrefecimento são as seguintes:

#### 1. Ocupação

Para o cálculo, as pessoas que ocupam um compartimento só representam fontes de energia transmitida por condução-convecção e também por radiação produzindo carga térmica sensível e latente. A potência gerada depende do tipo de actividade e da temperatura do compartimento principalmente. Uma aproximação mais ajustada poderia definir a percentagem de mulheres e de crianças.

A radiação emitida pelos ocupantes provoca um aquecimento nos tapamentos, da mesma forma que as aberturas descritas anteriormente. Essa energia provocará uma carga térmica com um amortecimento e um desfasamento, isto é, com inércia.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{lat}}(i) &= n(i) \cdot FC \cdot \dot{Q}_{\text{lat, pess}} \\ \dot{Q}_{\text{sen}}(i) &= \dot{Q}_{\text{sen, pess}} \sum_0^{24} K(i) \cdot FC(i) \cdot n(i)\end{aligned}$$

onde,

$n$ : Número de pessoas no momento do cálculo.

$FC$ : Fracção de carga.

$\dot{Q}_{\text{lat, pess}}$ : Potência latente por pessoa à temperatura do compartimento (W).

$\dot{Q}_{\text{sen, pess}}$ : Potência sensível por pessoa à temperatura do compartimento (W).

## 2. Iluminação

A potência das armaduras de um compartimento incrementa a carga térmica num compartimento. Além disso, como se descreveu nas aberturas e na ocupação, existe um processo de acumulação de energia no compartimento que posteriormente vai transmitindo

As lâmpadas dividem-se principalmente em dois tipos: incandescente e fluorescente. No segundo caso deve ter-se em conta a possível incorporação de uma reactância.

- Fluorescente com reactância

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = 1.2 \cdot n \cdot \dot{Q}_{\text{sen, arm}} \cdot \sum_0^{24} K_f(i) \cdot FC(i)$$

- Fluorescente sem reactância

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = n \cdot \dot{Q}_{\text{sen, arm}} \cdot \sum_0^{24} K_f(i) \cdot FC(i)$$

- Incandescente

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = n \cdot \dot{Q}_{\text{sen, arm}} \cdot \sum_0^{24} K_i(i) \cdot FC(i)$$

onde,

$\dot{Q}_{\text{sen, arm}}$  : Potência por lâmpada (W).

$K_i(i)$ : Coeficiente de inércia para lâmpadas incandescentes.

$K_f(i)$ : coeficiente de inércia para lâmpadas fluorescentes.

N: Número de lâmpadas.

## 3. Outras cargas

Permite definir todo o elemento que produza potência térmica, que não seja pessoas nem iluminação. Por isso, haverá uma entrega de potência sensível e outra de potência latente. Não têm em conta a inércia, nem a percentagem de

radiação, por isso considera-se uma carga instantânea.

## 4. Ventilação

A ventilação num compartimento é fundamental na maioria dos casos por razões de salubridade. Este facto repercute –se na carga térmica. Além disso, as legislações nacionais exigem um caudal determinado segundo o tipo de actividade que se leve a cabo no compartimento.

$$\dot{Q}_{\text{lat}} = 3002400 \cdot \dot{V} \cdot (W_{\text{ext}} - W_{\text{rec}})$$

$$\dot{Q}_{\text{sen}} = 1200 \cdot \dot{V} \cdot (T_{\text{sec a, ext}} - T_{\text{sec a, comp}})$$

onde,

$\dot{V}$  : Caudal de ar exterior para ventilação (m³/s).

$W_{\text{ext}}$  : Humidade específica exterior (kg/kg<sub>as</sub>).

$W_{\text{comp}}$  : Humidade específica do compartimento (kg/kg<sub>as</sub>)

$T_{\text{ext}}$  : Temperatura seca exterior (°C).

$T_{\text{comp}}$  : Temperatura seca do compartimento (°C).

Uma fracção da carga térmica por ventilação pertence às cargas internas. Esta proporção define-se como factor de bypass.

- **Percentagens de majoração**

Uma vez realizado o cálculo da obra, deve ter-se em conta a carga térmica produzida pela própria instalação de climatização. Além disso acrescenta-se também a percentagem de segurança, chamada também percentagem de majoração da obra.

- **Carga térmica de aquecimento**

O dimensionamento do aquecimento é menos complexo que o cálculo do arrefecimento. Apenas se calcula a carga térmica sensível. Além disso, os tapamentos exteriores não têm em conta a radiação solar com a mesma exactidão, uma vez

que se utiliza um coeficiente de majoração para cada orientação.

• **Paredes e lajes exteriores**

O cálculo dos tapamentos exteriores realiza-se considerando o coeficiente de transmissão de calor, a área e a superfície do elemento.

$$Q_T = A \cdot K \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

sendo,

Q<sub>T</sub>: Calor total através de um tapamento sem inércia (W).

A: Área do tapamento (m²).

K: Coeficiente de transmissão de calor (W/m² °C).

T<sub>ext</sub>: Temperatura exterior (°C).

A seguir enumeram-se os coeficientes em função da orientação.

Norte	Este	Sul	Oeste
20%	10%	0%	10%

Para qualquer orientação diferente das definidas realiza-se a interpolação pertinente.

Para o caso dos muros sob rasante, a temperatura de contacto com o terreno calcula-se em função da temperatura exterior.

Temp. Exterior (°C)	≤ 2	0	3	5	>10
Temp. Terreno (°C)	5	6	7	8	12

As aberturas exteriores calculam-se da mesma forma que os tapamentos, uma vez que se realiza uma aproximação no cálculo da radiação.

• **Tapamentos interiores**

Os tapamentos interiores calculam-se da mesma maneira que em arrefecimento, isto é, considerando a temperatura do outro compartimento, ou na sua falta a média aritmética entre o exterior e o compartimento a calcular.

• **Cargas internas**

Para o cálculo de aquecimento não se têm em conta a ocupação, nem a iluminação nem as outras cargas. Deste modo produz-se uma possível majoração.

• **Ventilação**

A carga térmica por ventilação é igual ao caso do arrefecimento, considerando unicamente a carga sensível.

• **Percentagens de majoração**

Uma vez calculadas as cargas térmicas de aquecimento, acrescenta-se um suplemento devido à intermitência da utilização. Além disso, existe a mesma percentagem de segurança aplicado no arrefecimento.

## 2. Conceitos Básicos

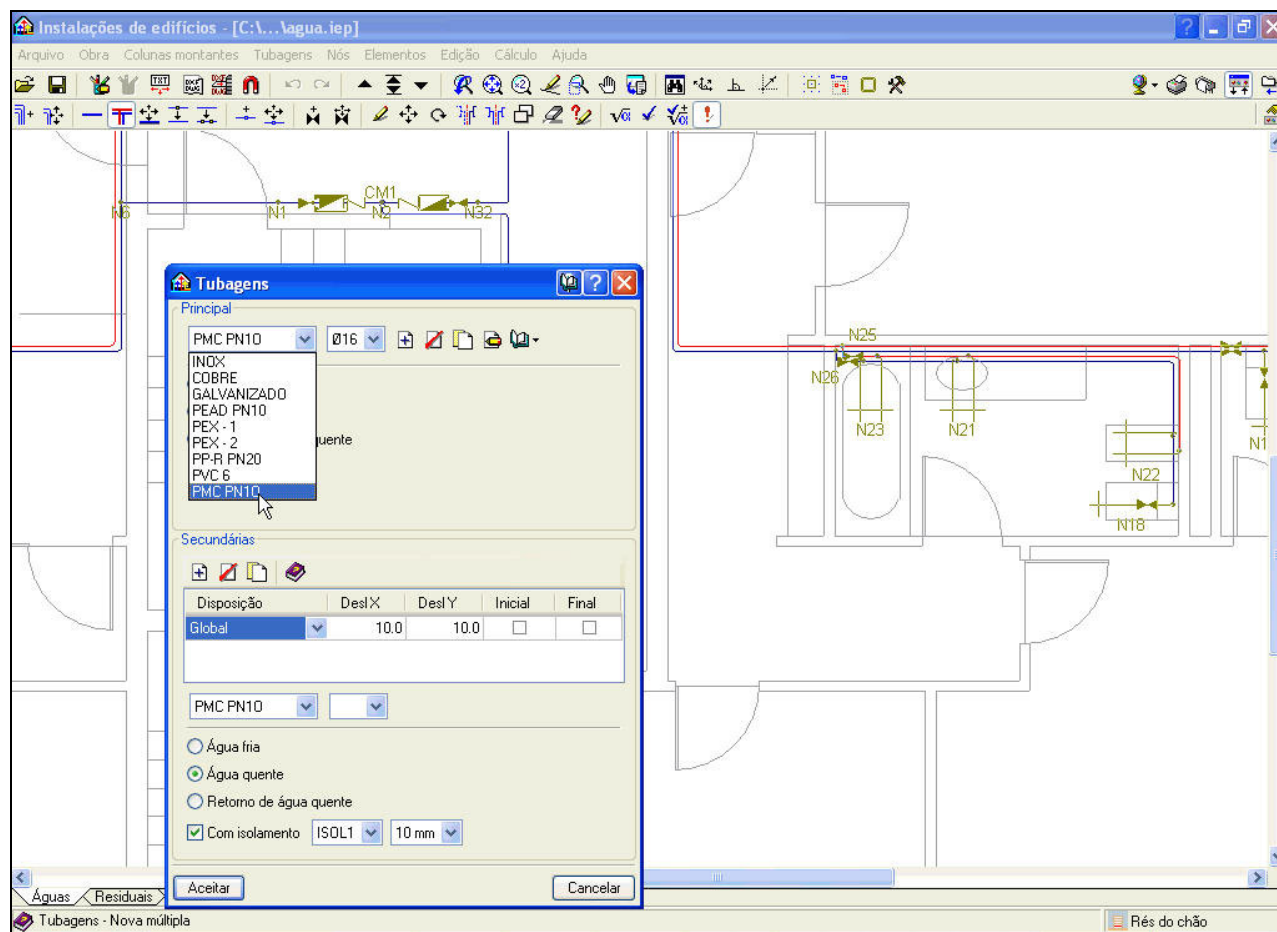


Fig. 2.1. Abastecimento de água

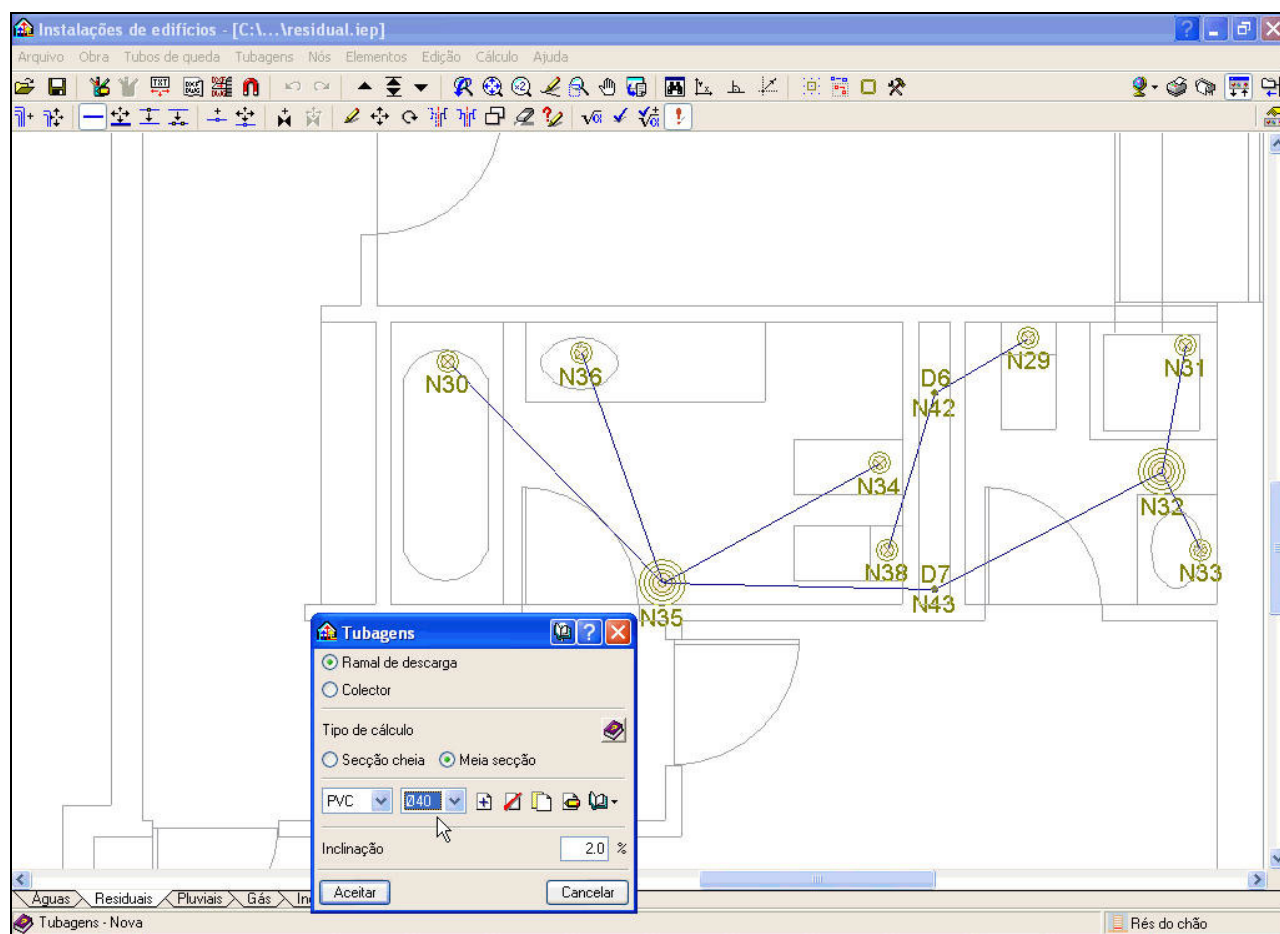


Fig. 2.2. Residuais

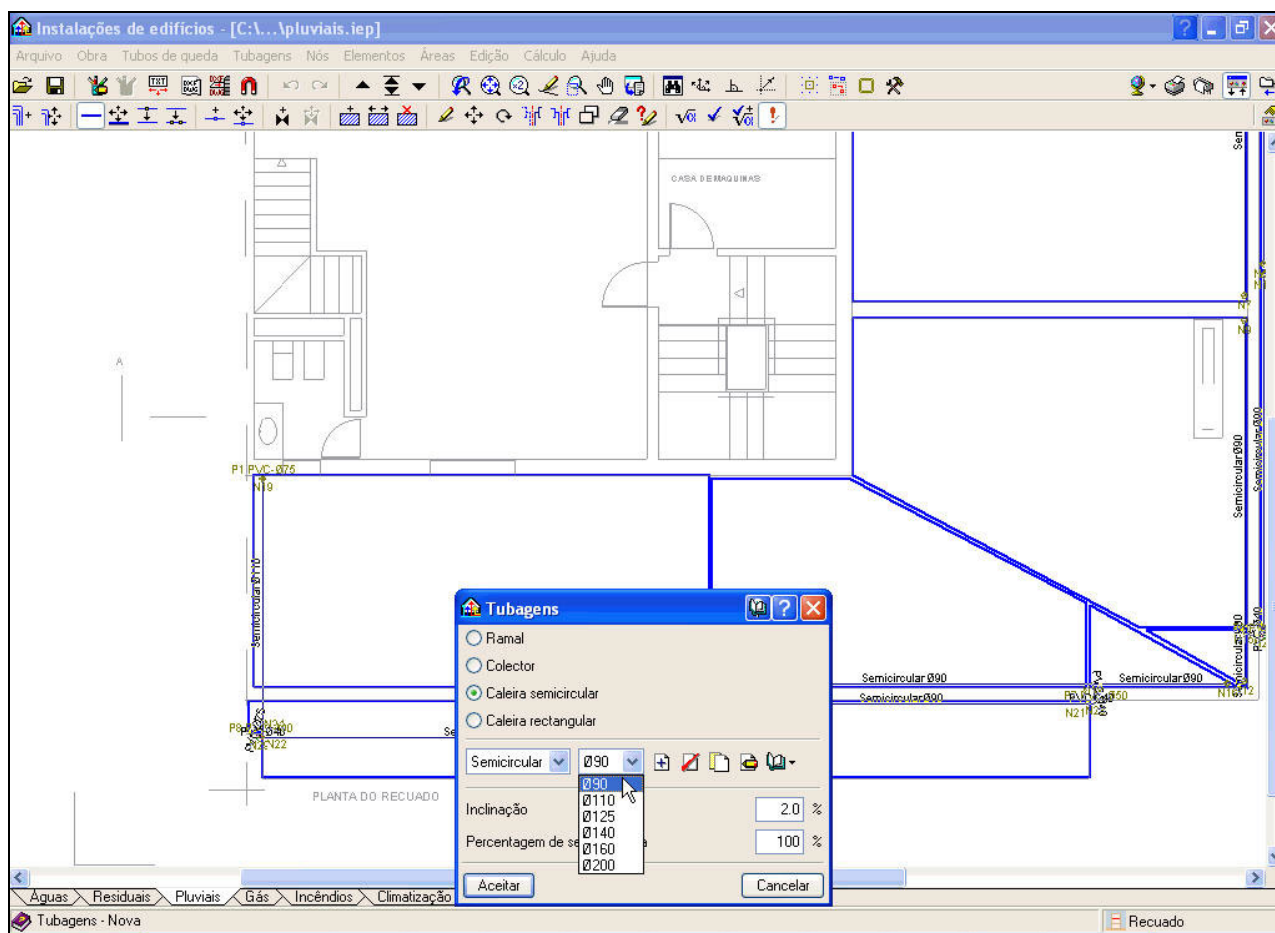


Fig. 2.3. Pluviais

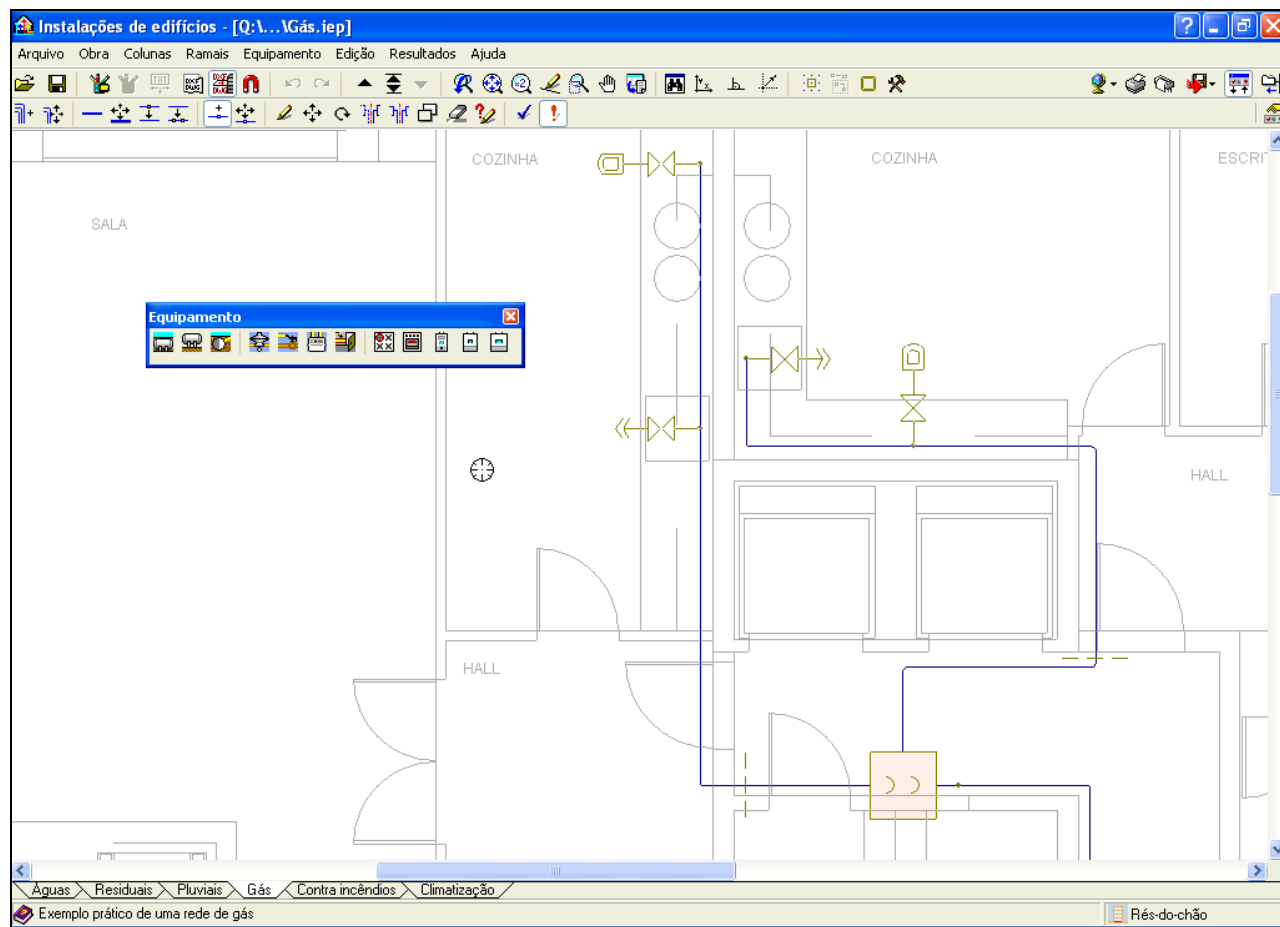


Fig. 2.4. Gás

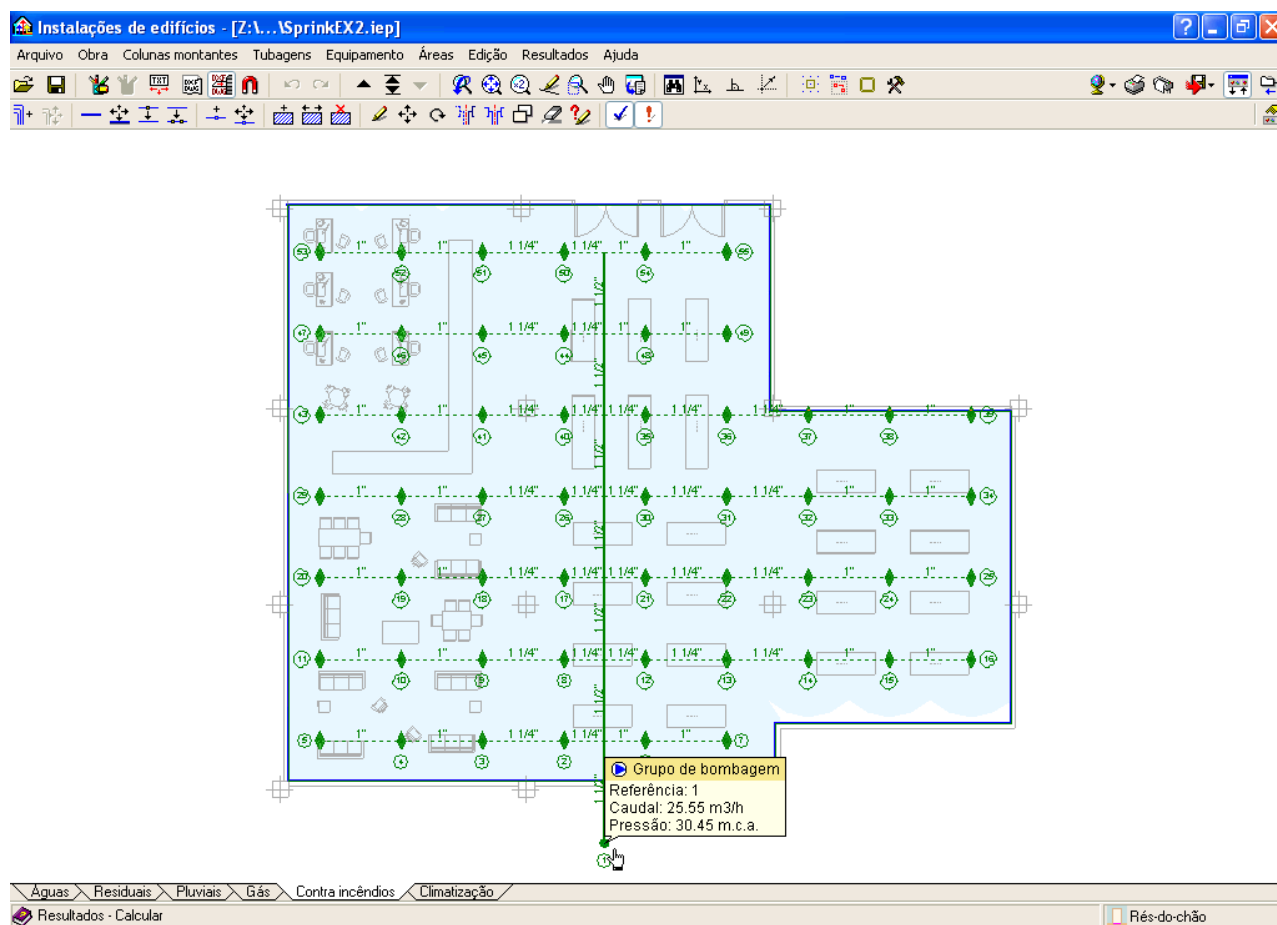


Fig. 2.5. Incêndios

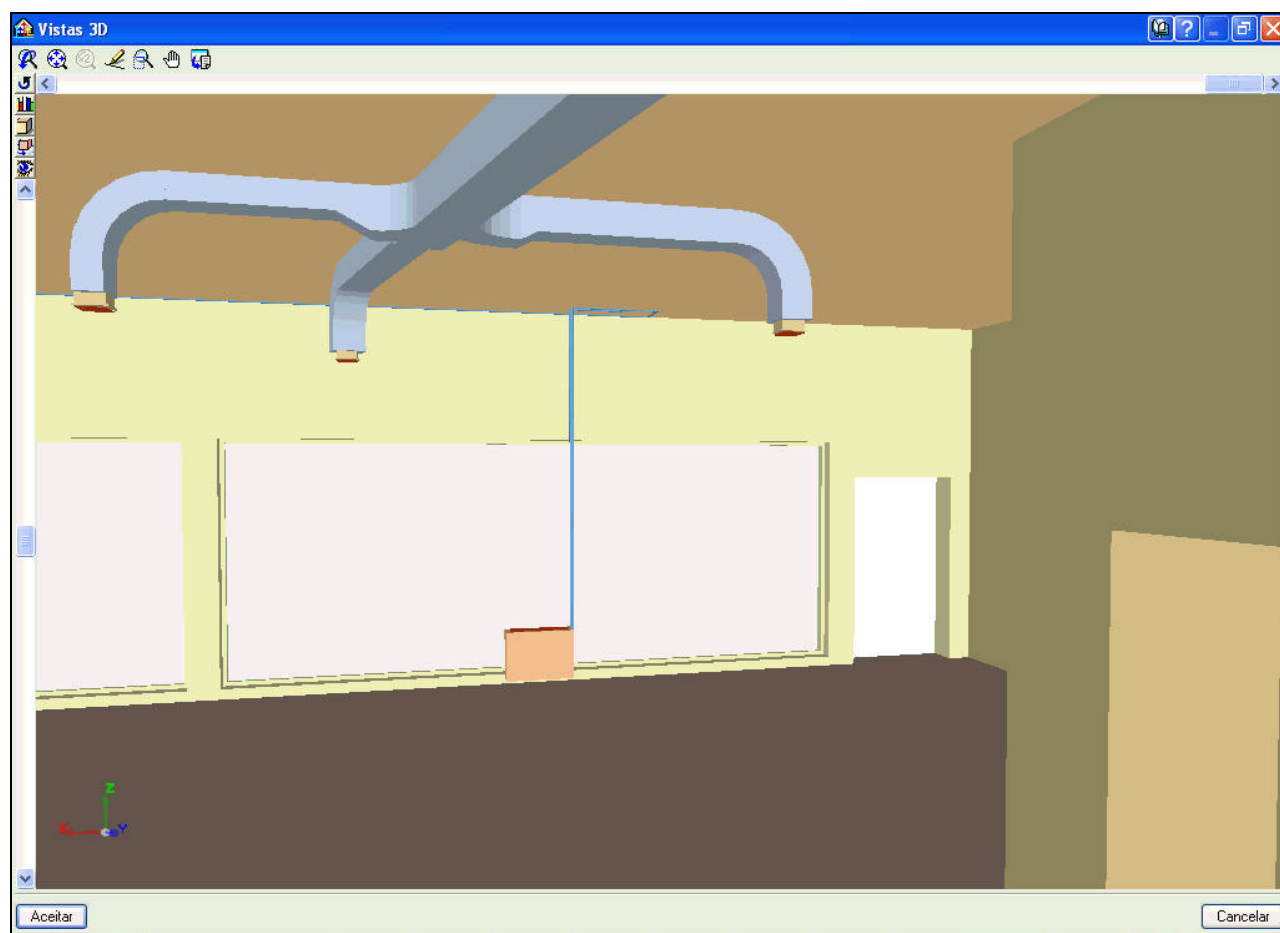


Fig. 2.6. Climatização

## 2.1. Modo de trabalho

Em resumo, recomenda-se seguir os seguintes passos:

- Criação de obra nova. Active a opção **Arquivo > Novo**. Verá no ecrã a janela **Nova Obra**. Introduza o nome da obra. Ao **Aceitar** abrir-se-á o diálogo **Dados gerais** que deve rever para que se adapte ao seu projecto.
- Revisão de opções de cálculo. Na opção **Obra > Opções** especificam-se as características e as opções para o dimensionamento.
- Criação de plantas e grupos de plantas. Com a opção **Obra > Plantas/Grupos**. A definição de plantas é comum a qualquer das instalações possíveis. A de grupos de planta pode ser diferente.
- Selecção do tipo de instalação. Premindo sobre as tarefas inferiores pode escolher o tipo de instalação: **Águas, Residuais, Pluviais**, etc., podendo calcular no mesmo ficheiro várias instalações (uma de cada tipo).
- Importação de ficheiros DXF, DWG ou DWF. O mais cómodo é utilizar um DXF, DWG ou DWF que sirva de máscara para introduzir a geometria em planta das instalações.
- Introdução de tramos verticais. Com as opções correspondentes, apoiando-se na máscara de DXF, DWG ou DWF e activando as capturas oportunas. Define-se o grupo de plantas inicial e final, material, etc.
- Introdução de tramos horizontais. Com as opções correspondentes e apoiando-se na máscara de DXF, DWG ou DWF, introduzem-se os tramos horizontais em cada um dos grupos de planta. Deve-se seleccionar o material dos tramos. Os nós podem ter um desnível em relação ao grupo de plantas actual.
- Associação de dados a nós. Com as opções do menu **Nós**. O dado associado ao nó pode ter um desnível em relação ao mesmo.
- Introdução de elementos. Com as opções do menu **Elementos**.
- Edição completa da instalação em planta. Pode mover, duplicar, criar simetrias, rodar, etc. toda a instalação em planta ou a parte que seleccionar com as opções do menu **Edição**.
- Cópia de grupos. Depois de terminar de definir um grupo de plantas, no caso de ter outros grupos iguais ou parecidos, utilize a opção **Obra > Copiar grupo**, colocando-se previamente no grupo destino da cópia. Realizada a cópia, inicie as modificações que considerar oportunas.
- Dimensionamento da instalação. Efectua-se com a opção **Cálculo > Dimensionar**. O programa verifica a instalação com os dados indicados e dimensiona-se se for necessário.
- Verificação da instalação. Depois do cálculo deve verificar os resultados obtidos. Para isso utilize a opção **Cálculo > Resultados e Verificar**. Se tiver existido problemas no dimensionamento mostrar-se-ão os dados associados a nós, tramos verticais e tramos horizontais que não cumprem em cor vermelha e os que cumprem em cor verde.
- Obtenção de listagens e desenhos. Finalmente deverá obter os desenhos de execução e listagens (resultados analíticos, medições, etc.) que farão parte da informação impressa do projecto, utilizando os botões **Desenhos da obra** e **Listagens da obra**, respectivamente.

## 2.2. Listagens

A forma de obter as listagens realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Listagens da obra**.

As listagens podem enviar-se para impressora (com vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) ou podem gerar-se ficheiros HTML, PDF, RTF e TXT.

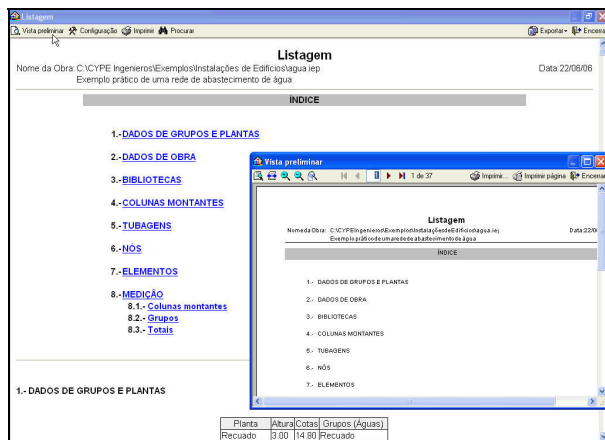


Fig. 2.7

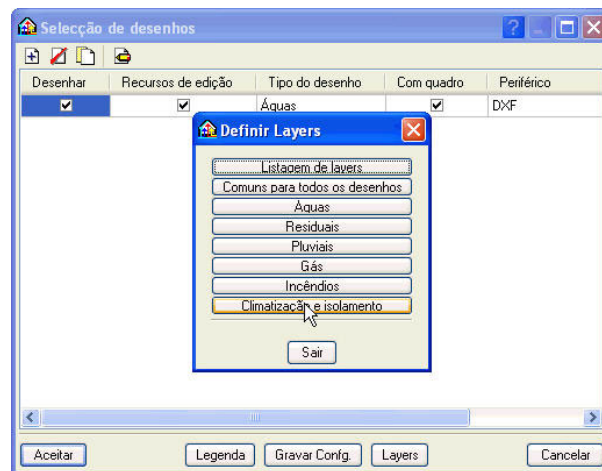


Fig. 2.8

- Em cada desenho configurar os elementos a imprimir, com possibilidade de incluir pormenores do utilizador previamente importados.

## 2.3. Desenhos

A forma de obter os desenhos realiza-se com a opção **Arquivo > Imprimir > Desenhos da obra**.

Podem realizar-se as seguintes operações sobre as peças desenhadas:

- A janela **Seleção de desenhos** permite acrescentar um ou vários desenhos para imprimir simultaneamente e especificar o periférico de saída: impressora, plotter, DXF ou DWG; seleccionar uma legenda (da **CYPE** ou qualquer outra definida pelo utilizador) e configurar as layers.

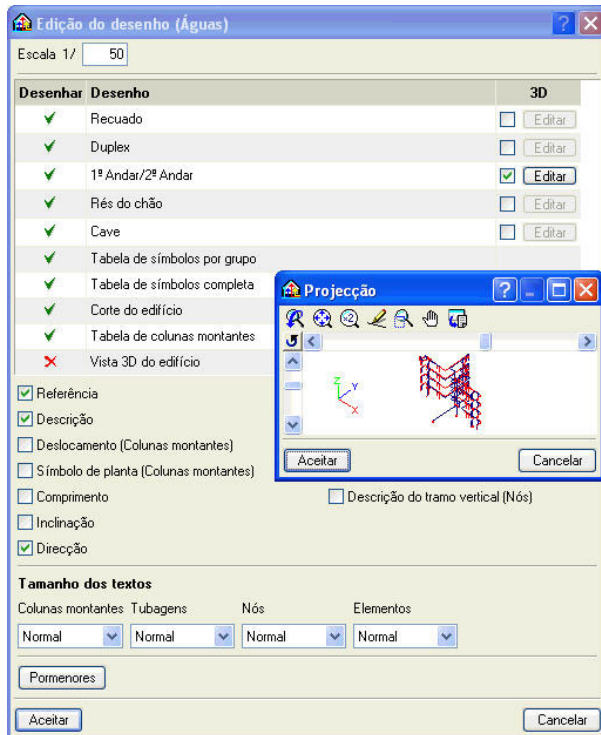


Fig. 2.9

- Modificar a posição dos textos.

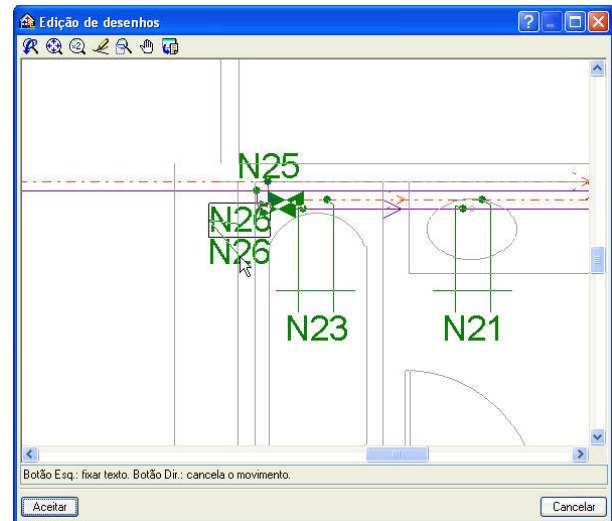


Fig. 2.10

- Recolocar os objectos dentro do mesmo desenho ou deslocá-los para outro.

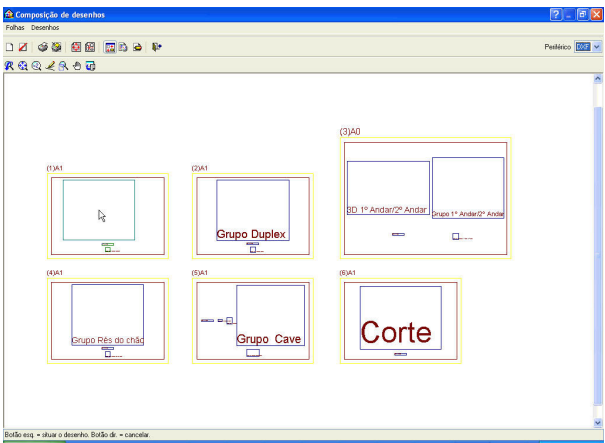


Fig. 2.11

## 3. Exemplos Práticos

### 3.1. Águas

#### 3.1.1. Introdução

Descreve-se a seguir um exemplo prático de iniciação em instalações de abastecimento de água para o utilizador, cujo objectivo é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.

O ficheiro deste exemplo prático está incluído no programa.

Para qualquer consulta poderá aceder ao mesmo:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Clique em **Abrir**.

Aconselha-se em termos práticos, a criar cópias de segurança das obras que possui ou que ainda se encontram numa fase de introdução de dados.

#### 3.1.2. Rede de Abastecimento de Água

##### 3.1.2.1. Criação da Obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

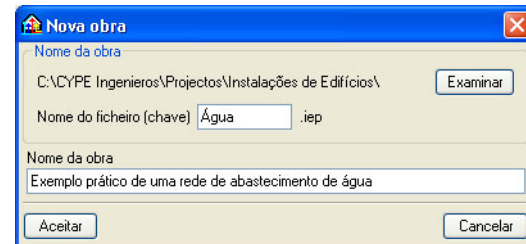


Fig. 3.1

- Prima **Aceitar**.
- Na janela que surge de Plantas/Grupos prima **Aceitar**.

##### 3.1.2.2. Dados Gerais

No menu **Obra > Dados gerais** seleccione a curva de conforto médio, de acordo com a figura 3.2.

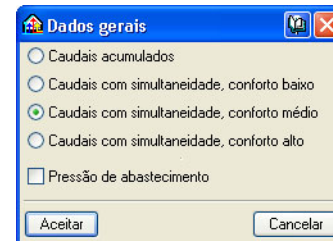


Fig. 3.2

##### 3.1.2.3. Opções

Em termos de opções, existe a possibilidade de consultar ou alterar os parâmetros de cálculo e de visualização de símbolos.

- Prima no menu **Obra > Opções**.

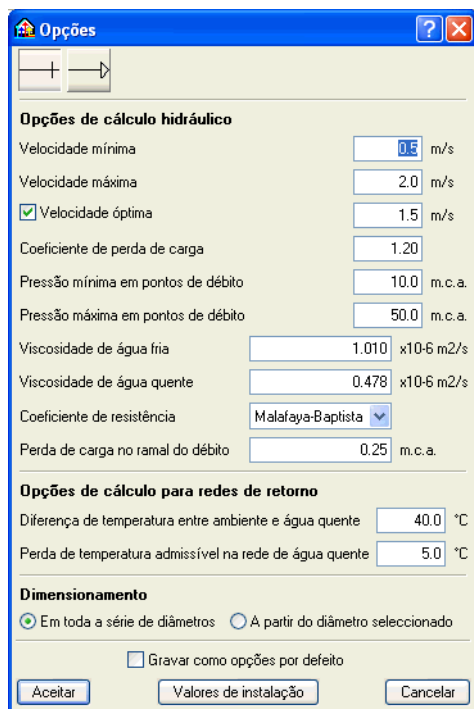



Fig. 3.3

### 3.1.2.4. Plantas/Grupos

Indica-se a seguir a sequência para a definição de plantas e grupos.

- Prima a opção **Obra > Plantas/Grupos**.
- Prima no ícone  **Novo grupo de pisos abaixo da rasante** para se acrescentar a planta cave. Coloque uma altura entre plantas de 2.80m.

- Prima agora no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar uma nova planta.
- Como este grupo vai corresponder a duas plantas agrupadas, devido ao facto de elas serem iguais em termos de arquitectura, preencha os dados de acordo com a imagem seguinte.

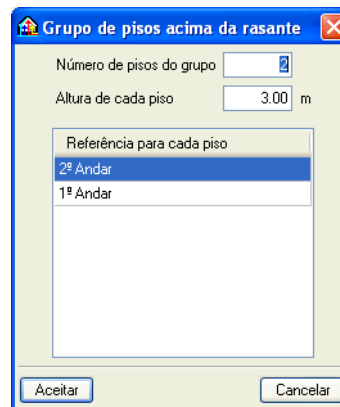




Fig. 3.3a

- Prima novamente no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar a planta Duplex.
- Prima no ícone  **Editar** da planta Cobertura e renomeie o nome da planta para Recuado.

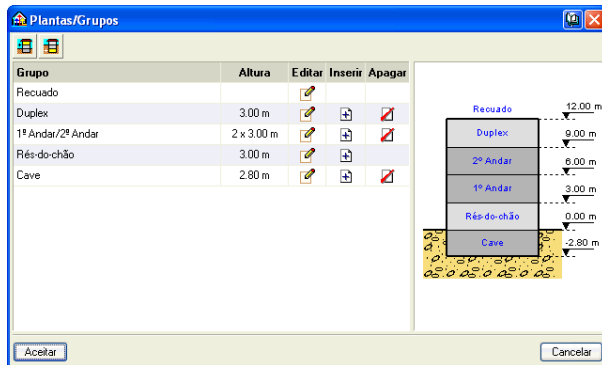



Fig. 3.4

### 3.1.2.5. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Neste exemplo, para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Selecione o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

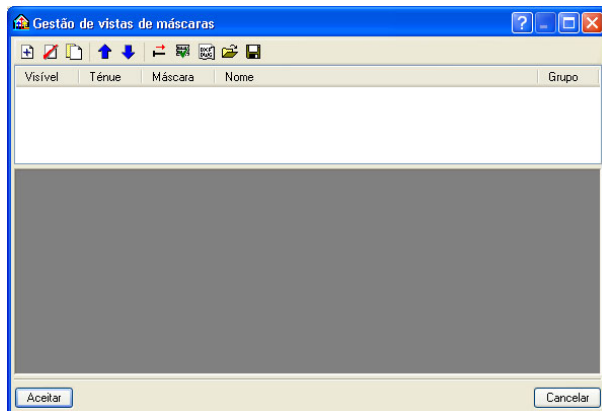



Fig. 3.5

- Prima o ícone  **Adicionar**.
- Surge uma janela **Seleção de máscaras a ler**, procure os ficheiros dxf em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios).
- Selecione os ficheiros cave.dxf, rchão.dxf, 1\_2andar.dxf, duplex.dxf, recuado.dxf e corte.dxf e prima **Abrir**.

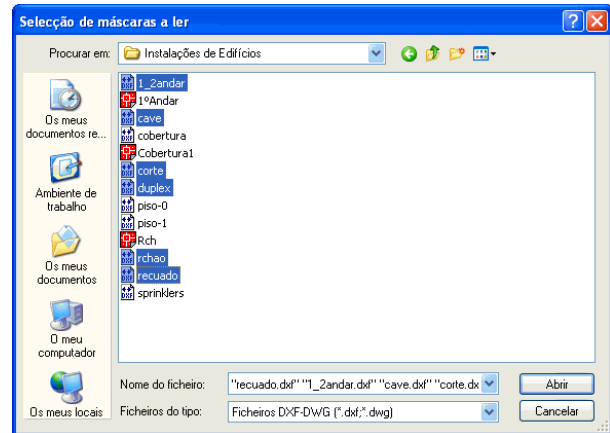


Fig. 3.6

- Prima em **Aceitar**.

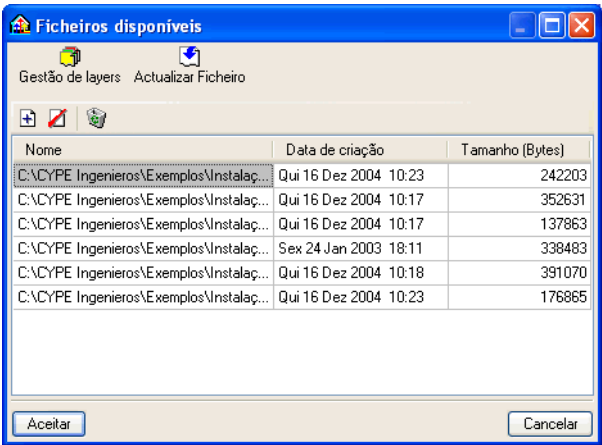


Fig. 3.7

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, clique em  **Planos dos grupos**.

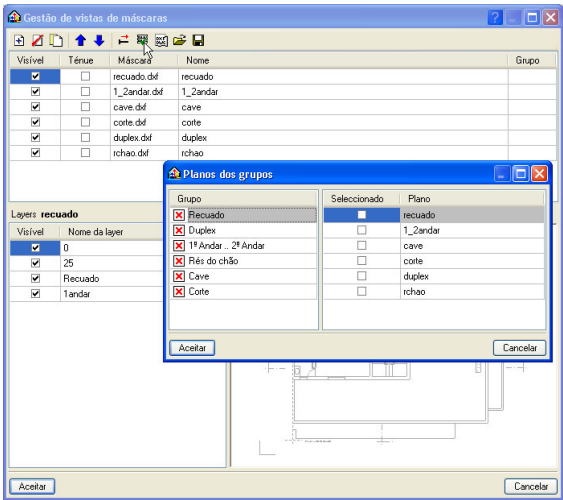


Fig. 3.8

Selecione de acordo com o grupo, o DXF correspondente, como exemplificam as figuras seguintes, relacionando o nome do grupo com o do plano.

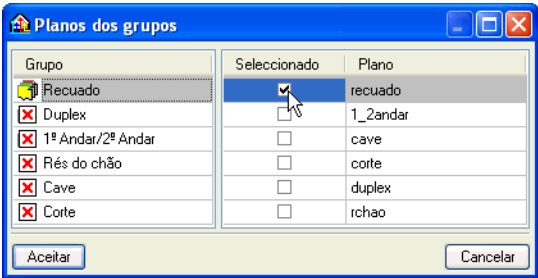


Fig. 3.9



Fig. 3.10

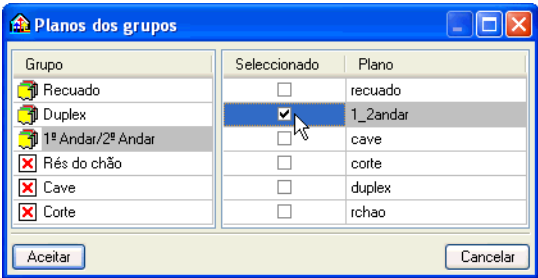


Fig. 3.11



Fig. 3.12

Após ter seleccionado todos os DXF's, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

### 3.1.2.6. Copiar grupo

Este comando permite copiar grupos, é muito útil quando temos pisos semelhantes e será utilizado posteriormente.

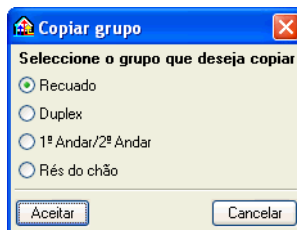


Fig. 3.13

### 3.1.2.7. Comando Ver

Tem a possibilidade de visualizar em planta, a informação que desejar.

- Prima em **Obra > Ver** e seleccione as opções que deseja consultar.

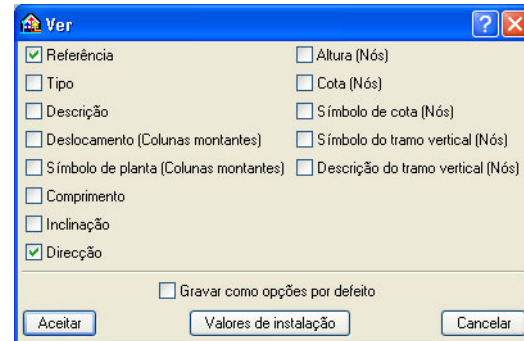



Fig. 3.14

### 3.1.2.8. Introdução da rede no Rés do chão

Prima em , seleccione **Rés do chão** e prima em **Aceitar**.

Introduzem-se as tubagens.

- Prima **Tubagens > Nova simples**.
- Selecione os dados de acordo com a figura seguinte.

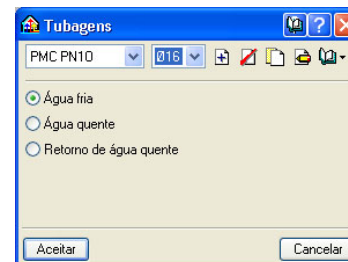





Fig. 3.15

- Prima **Aceitar**.
- Prima no  **Ortogonal**, para facilitar a introdução das tubagens e desactive as capturas em , isto no caso de ter alguma activa.

- Introduza o troço de entrada da rede de acordo com as figuras seguintes. Para terminar prima no botão .

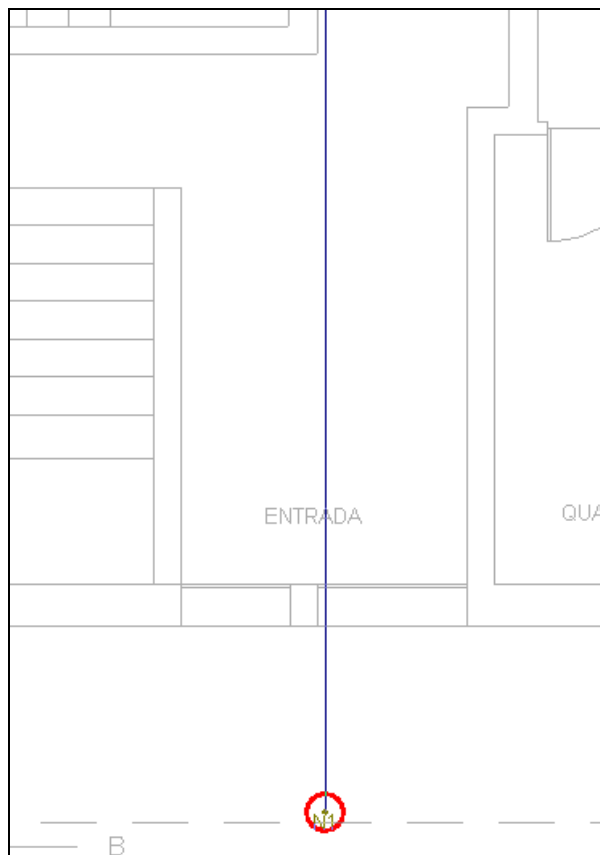


Fig. 3.16

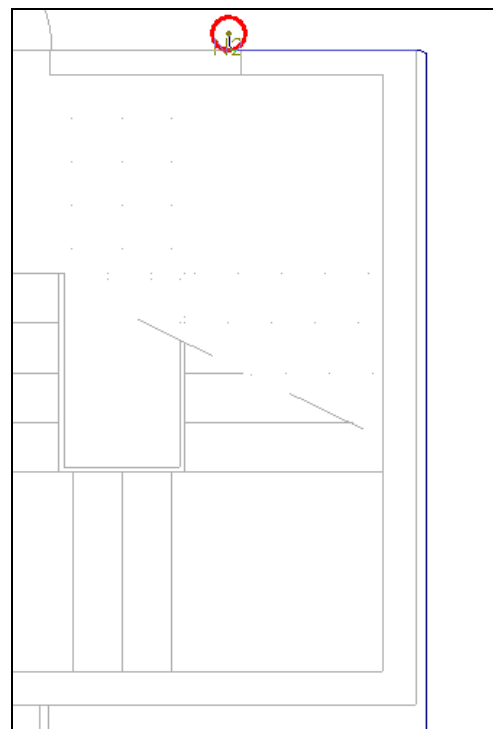


Fig. 3.17

Dá-se um nome ao nó de entrada da rede.

- Prima em **Nós > Editar** e clique sobre o nó N1, de seguida digite **Rede**.
- Prima **Aceitar**.

Nesta obra considera-se que os contadores vão ser colocados acima do piso meio metro. Dessa forma, dá-se uma cota ao nó.

- Prima em **Nós > Editar**.
- Prima sobre o nó da figura seguinte.

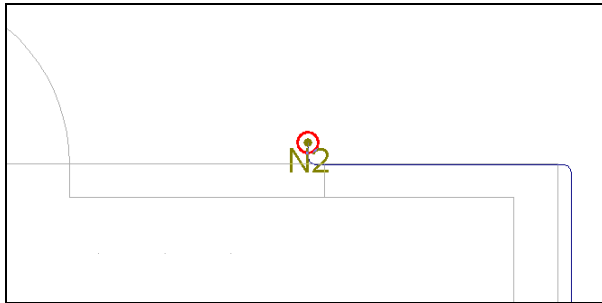


Fig. 3.18

- Digite um valor para a cota de 0,5 m.
- Prima **Aceitar**.

Introduz-se um troço de tubagem para se colocar o contador e as válvulas de seccionamento e retenção.

- Prima **Tubagens > Nova simples**.
- Introduza de acordo com a figura seguinte.

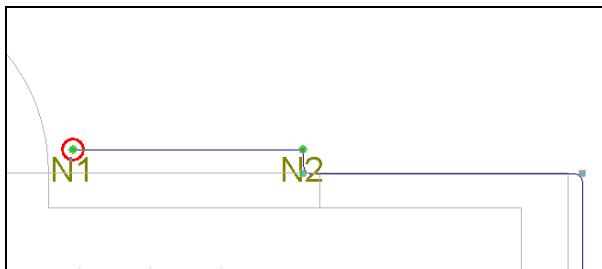


Fig. 3.19

Introduz-se o contador e as válvulas.

- Prima **Elementos > Novo**.
- Selecciona válvula de seccionamento de acordo com a figura seguinte.

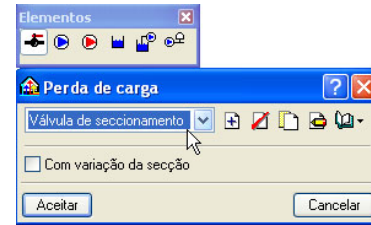


Fig. 3.20

Caso deseje alterar o valor de perda de carga e o símbolo correspondente, prima em **Editar**.

- Prima no local de acordo com a figura seguinte.

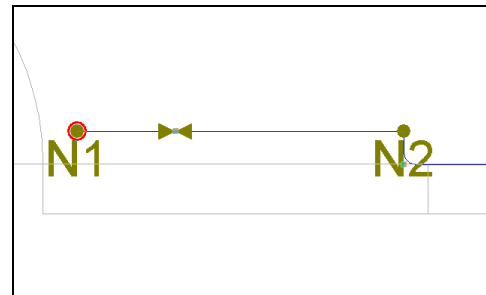


Fig. 3.21

- Prima novamente em **Perda de carga**.
- Selecciona o contador.

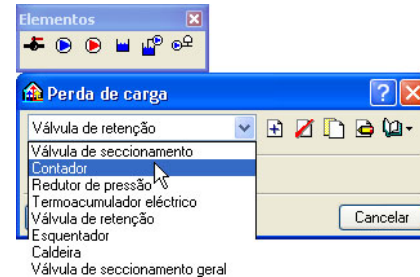


Fig. 3.22

- Prima no local de acordo com a figura seguinte.

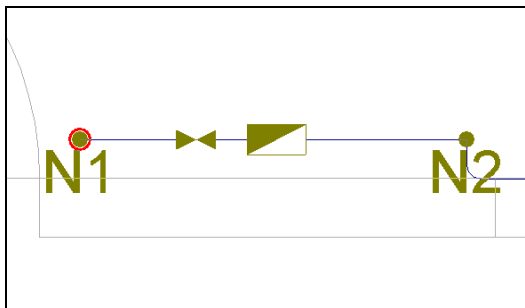



Fig. 3.23

- Prima novamente em  **Perda de carga**.
- Selecciona a válvula de retenção.

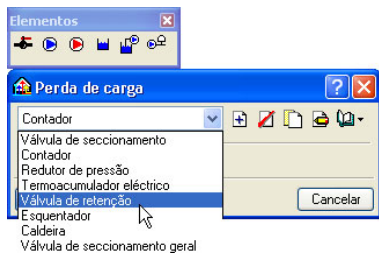


Fig. 3.24

- Prima no local de acordo com a figura seguinte.

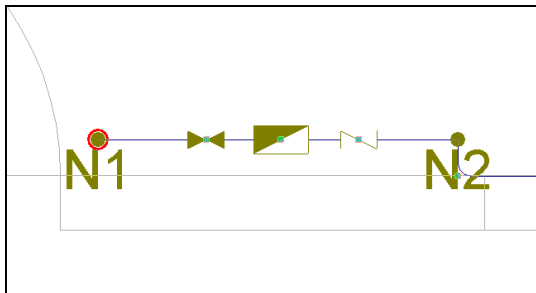


Fig. 3.25

Admite-se que a rede de abastecimento de água será colocada junto ao tecto, a uma cota de 2,60 m do piso.

Nota: O programa admite automaticamente a posição da tubagem da seguinte forma: no piso Rés do chão e na última planta posiciona a tubagem junto ao piso, ou seja cota 0.00m; nas restantes plantas posiciona a tubagem junto ao tecto das mesmas.

Como se está na planta Rés do chão, então indica-se a cota do nó, de acordo com a figura seguinte.

- Prima em **Nós > Editar**, e coloque um valor de 2,60 m.

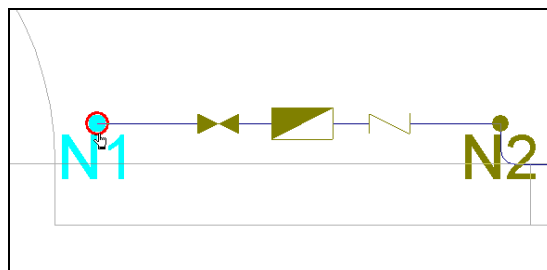


Fig. 3.26

Introduz-se a tubagem que vai ao esquentador.

- Prima **Tubagens > Nova simples**.
- Introduza de acordo com as figuras seguintes.

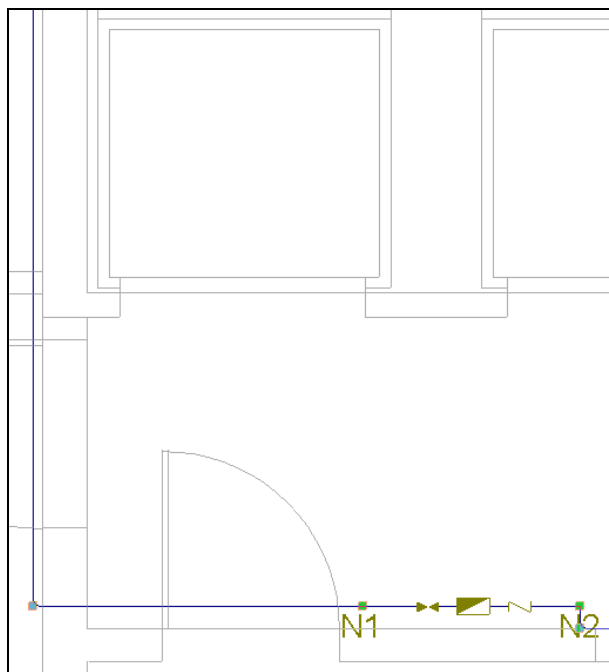


Fig. 3.27

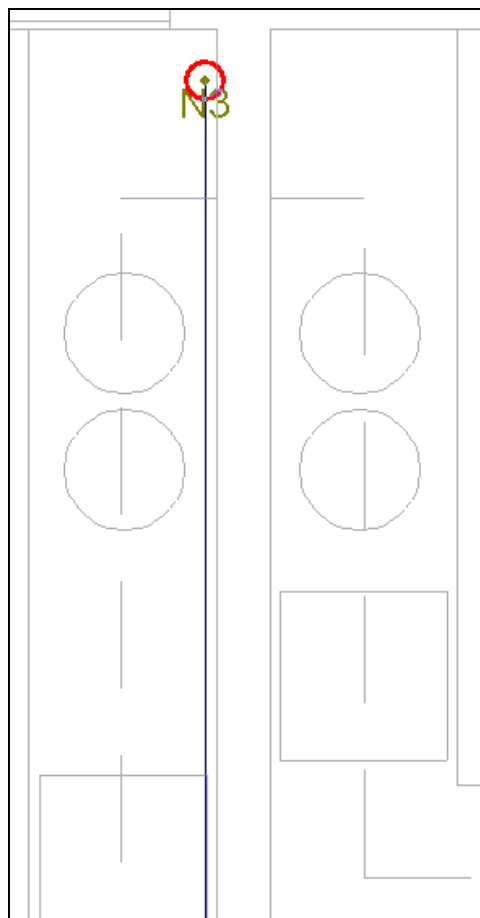


Fig. 3.28

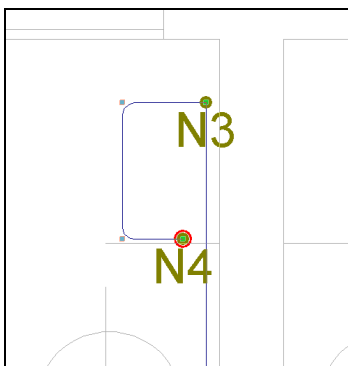


Fig. 3.29

Como o esquentador se encontra a uma cota de 1.60 m, indica-se a cota ao nó da figura seguinte.

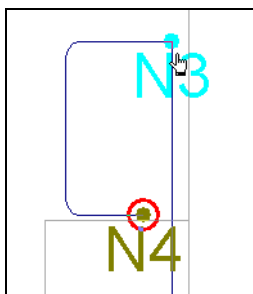


Fig. 3.30

- Clique em **Nós > Editar**, e coloque um desnível de 1,60 m.

Nota: Para eliminar nós, clique em **Tubagens > Unir**; dessa forma, ao unir a tubagem que está separada pelo nó, o programa elimina esse nó.

Introduz-se o esquentador e as válvulas de seccionamento.

- Prima **Elementos > Novo**, seleccione esquentador e coloque o visto na opção **Com variação da secção**.

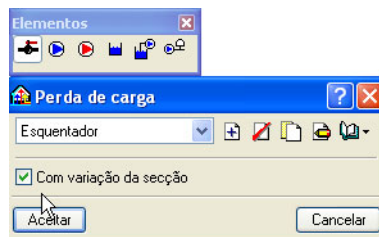


Fig. 3.31

- Prima no local da figura seguinte.

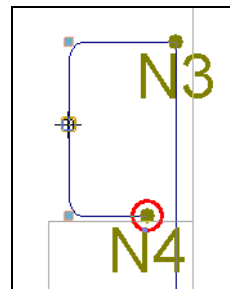


Fig. 3.32

- Surge um menu, onde escolhe água quente e prima **Aceitar**.

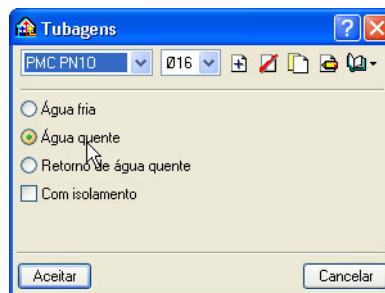


Fig. 3.33

- Seleccione válvula de seccionamento, e sem variação de secção.

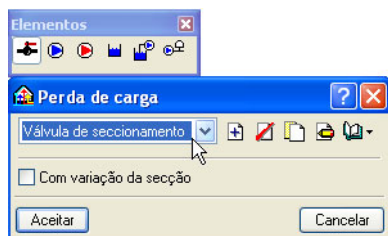


Fig. 3.34

- Introduza as duas válvulas, como mostra a figura seguinte.

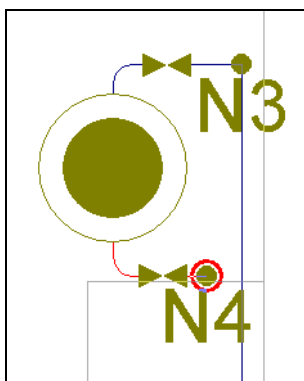


Fig. 3.35

Introduzem-se as restantes tubagens, as de água quente e fria com o material PMC PN10.

As tubagens serão colocadas como indicam as seguintes imagens.

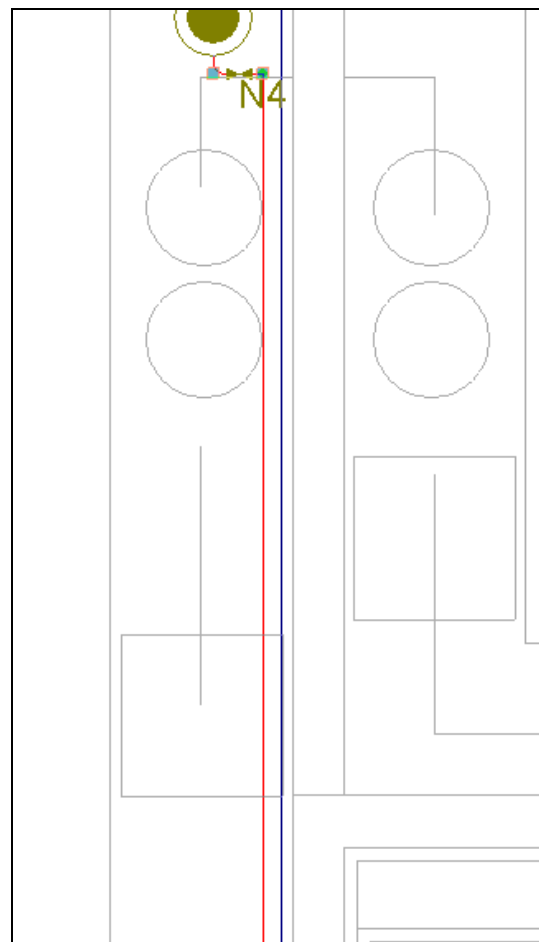


Fig. 3.36

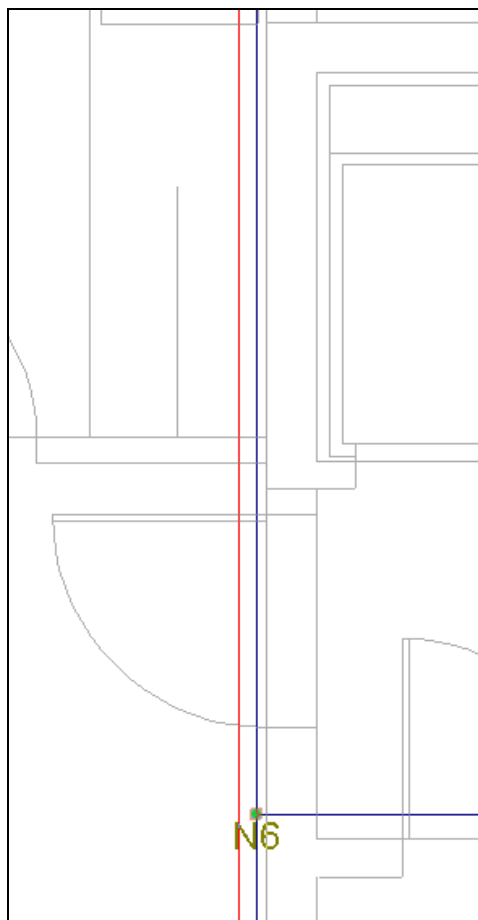


Fig. 3.37

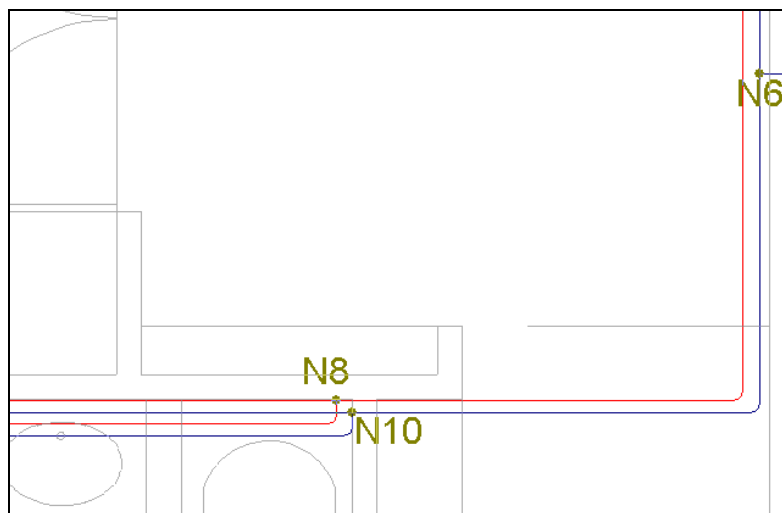


Fig. 3.38

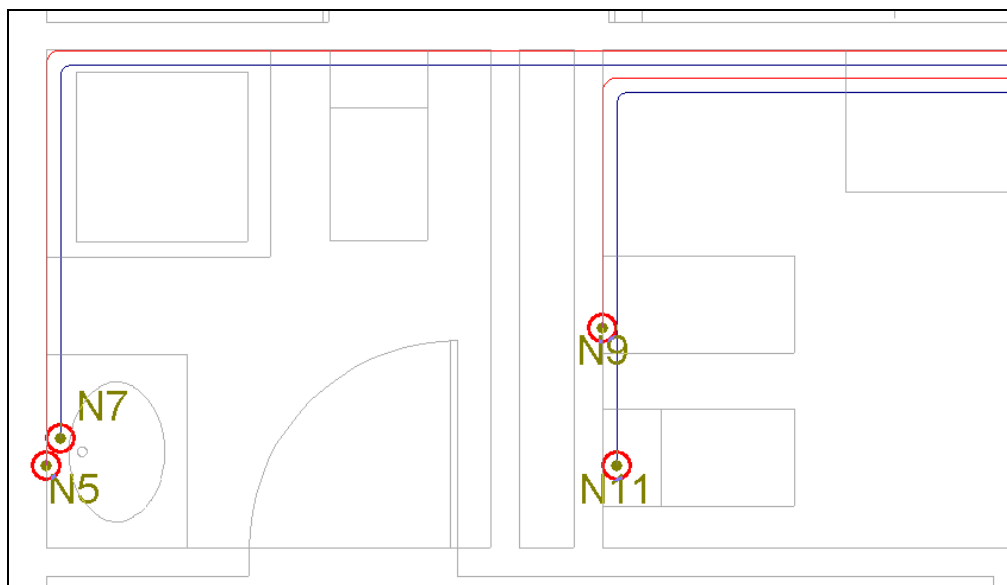



Fig. 3.39

Após a introdução da rede verifique se os nós N4; N6; N8; N10; N9; N11; N5; N7 estão à cota 2.60 m do piso, para isso basta editar um dos nós, colocá-lo com a devida cota e copiar essa informação (**Nós > Copiar**) para os outros que não a possuem.

Introduzem-se os débitos.

- Prima **Nós > Novo**.

Prima agora em  e seleccione as opções da figura seguinte, no caso: a máquina de lavar roupa, sem a válvula de seccionamento.

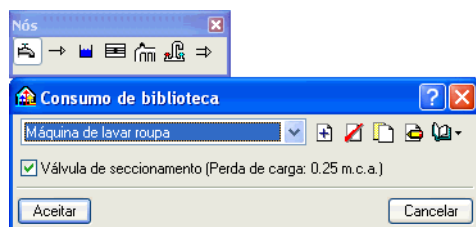


Fig. 3.40

Como a tubagem está localizada a uma cota de 2.60 m, é necessário prolongar a tubagem na vertical para fazer a ligação ao aparelho, o programa fará isso automaticamente, isto porque se editar o aparelho pode-se colocar o valor da altura da instalação.


- Prima em  e coloque como Altura da instalação 0.8 m.



Fig. 3.41

- Prima no local de acordo com a seguinte figura.

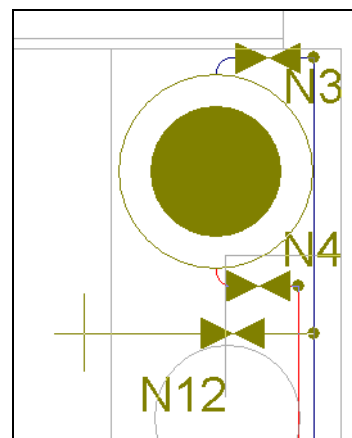




Fig. 3.42

- Após ter premido sobre a tubagem, pode sempre orientar o sentido do débito, basta clicar sobre o círculo vermelho , ou então prima **Nós > Ângulo**.
- Prima no botão  e introduza a Máquina de lavar loiça.

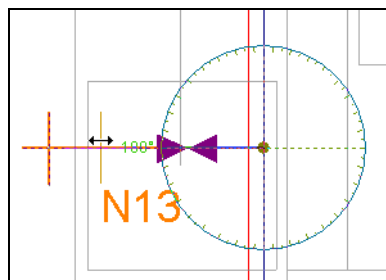



Fig. 3.43

- Prima no botão  e prima em **Cancelar**.

Procede-se à introdução da misturadora da pia lava-louça.

- No menu flutuante, prima em .
- Seleccione as opções da figura seguinte, no caso, a pia lava-louça, sem a válvula de seccionamento e mantenha a altura da instalação que vem por defeito.

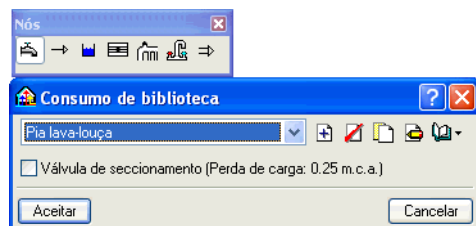


Fig. 3.44

- Coloque a misturadora premindo sobre as tubagens de água fria e quente.

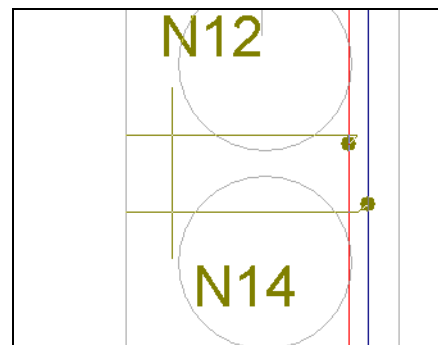


Fig. 3.45

Nas casas de banho, introduzem-se os débitos correspondentes ao autoclismo de bacia de retrete com as propriedades da figura seguinte. Mantém-se a altura da instalação por defeito.

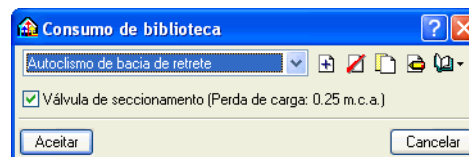


Fig. 3.46

- Posicionam-se os débitos de acordo com a figura seguinte.

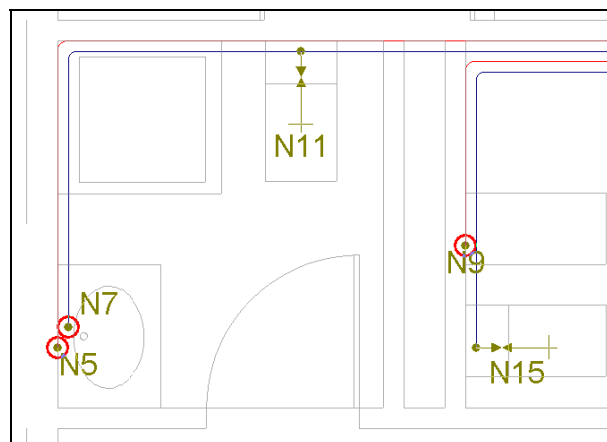


Fig. 3.47

De seguida introduzem-se as misturadoras, neste caso, o bidé, o lavatório individual, o chuveiro e a banheira. Mantém-se a altura de instalação que vem por defeito.

- Posicionam-se as misturadoras de acordo com a figura seguinte.

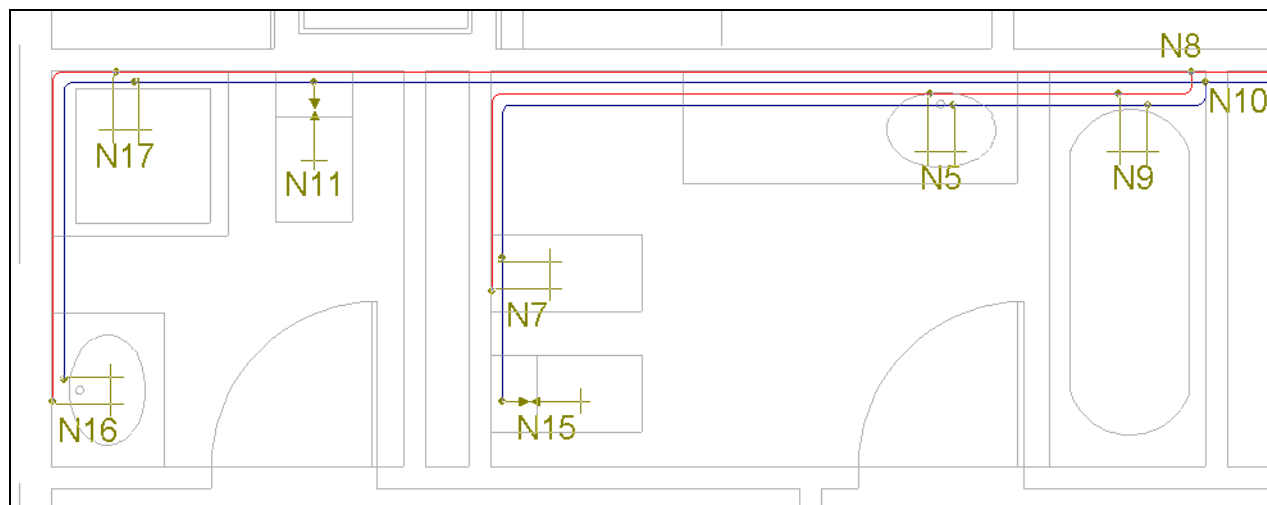


Fig. 3.48

Para terminar, colocam-se as válvulas de seccionamento.

- Pima **Elementos > Novo**. Seleccione os dados de acordo com a figura seguinte

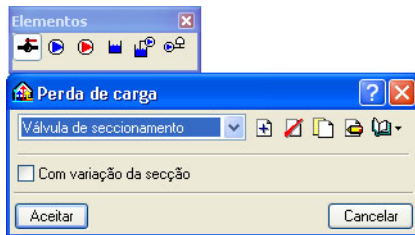


Fig. 3.49

- Coloque as válvulas de acordo com as figuras seguintes.

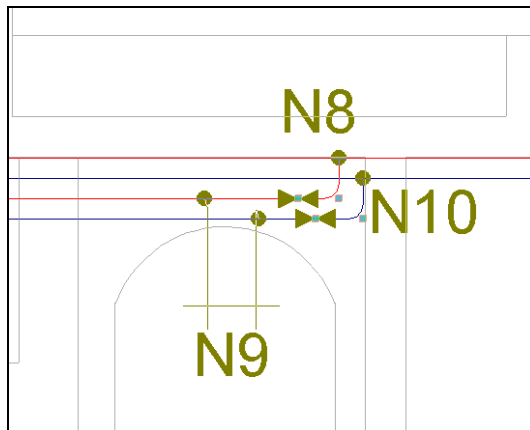


Fig. 3.50

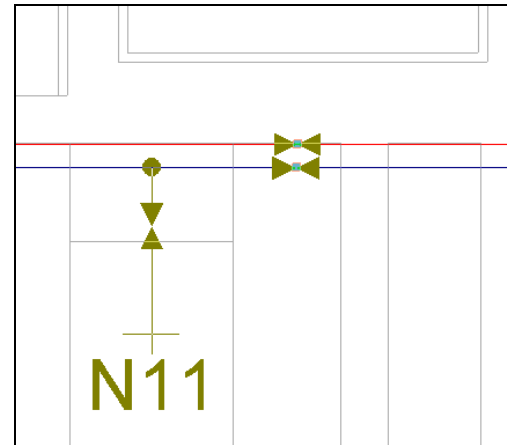


Fig. 3.51

Confirme agora se todos os nós dentro do apartamento, com a exceção do nó a montante do esquentador, estão à cota 2.60. Pode utilizar o comando **Nós > Copiar**, de forma a copiar a cota de um dos nós e atribuir essa mesma cota aos restantes nós, garantido assim essa atribuição. Confirme com o comando **Obra > Vistas 3D**.

Após se ter introduzido a rede de abastecimento referente ao apartamento da esquerda, prossegue-se com a introdução da rede agora para o apartamento da direita.

Os procedimentos e os critérios adoptados para a introdução desta rede são os mesmos que já foram utilizados e descritos para a rede anteriormente introduzida.

Para além disto, o utilizador pode aproveitar a possibilidade de utilizar alguns comandos que aumentarão o rendimento em termos de introdução de dados.

Se analisar-se o apartamento da direita, verifica-se que apresenta a mesma configuração em termos de casas

de banho do apartamento da esquerda, somente difere na sua simetria.

Assim, copia-se toda a informação referente às casas de banho e depois executa-se uma simetria.

- Prima em **Edição > Simetria (Copiar)**.
- Selecciona com o cursor as casas de banho, como mostra a figura seguinte.

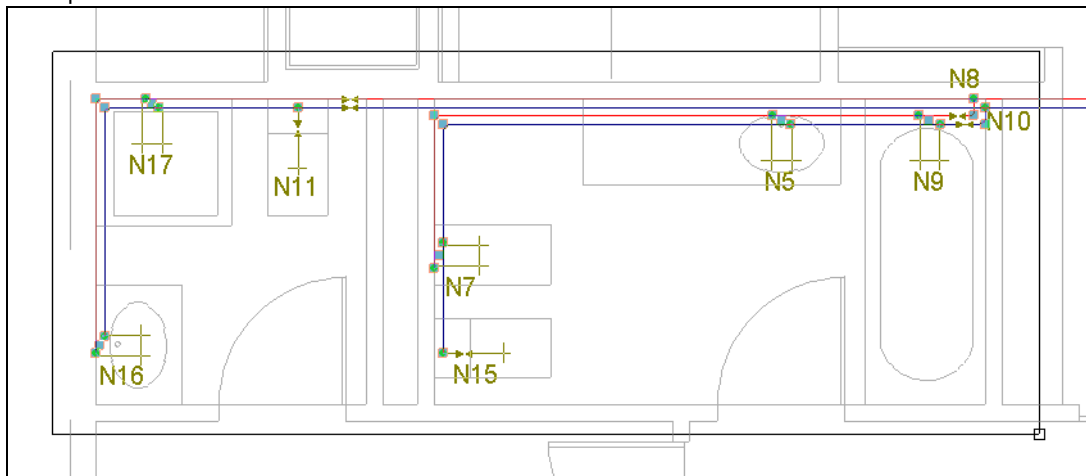





Fig. 3.52

- Prima com o botão  para seleccionar, prima com o botão  para terminar a selecção.
- Para se fazer a simetria é preciso premir sobre dois pontos, assim prima junto dos pontos das figuras seguintes, isto com o comando  activo.

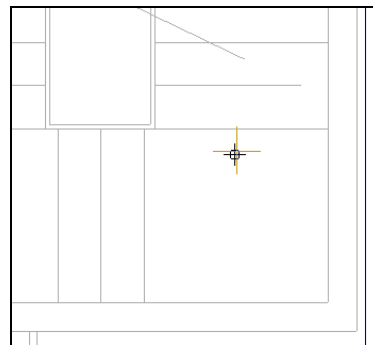


Fig. 3.53

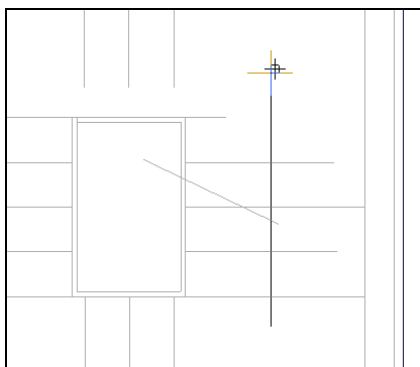


Fig. 3.54

A simetria está realizada, mas encontra-se desajustada relativamente à planta de arquitectura, assim é necessário mover a rede.

- Prima em **Edição > Mover**, seleccione a rede a mover.

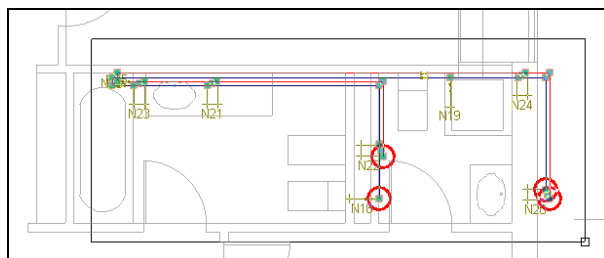





Fig. 3.55

- Prima com o botão  para terminar a selecção e prima com o botão  sobre um ponto qualquer, arraste o cursor até que a rede fique correctamente sobreposta com a arquitectura, volte a clicar com o botão  para terminar.

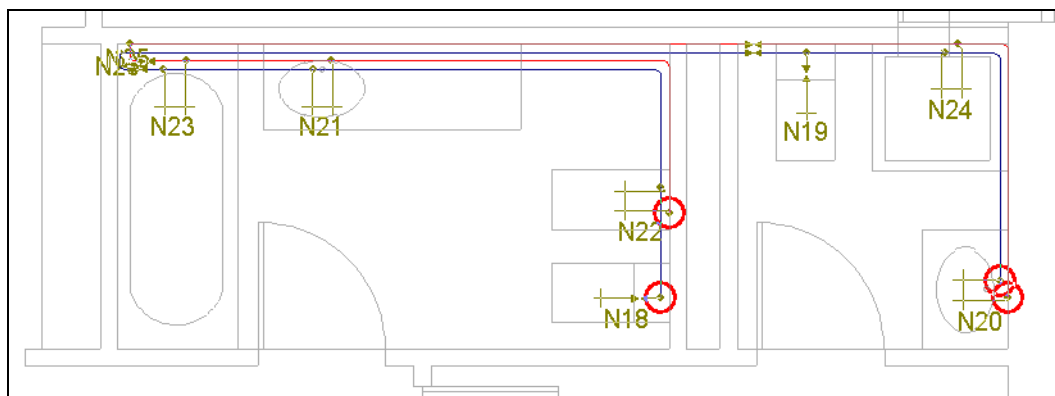


Fig. 3.56

Posteriormente, só falta introduzir o resto da rede.

Que ficará da seguinte forma, como ilustram as próximas figuras.

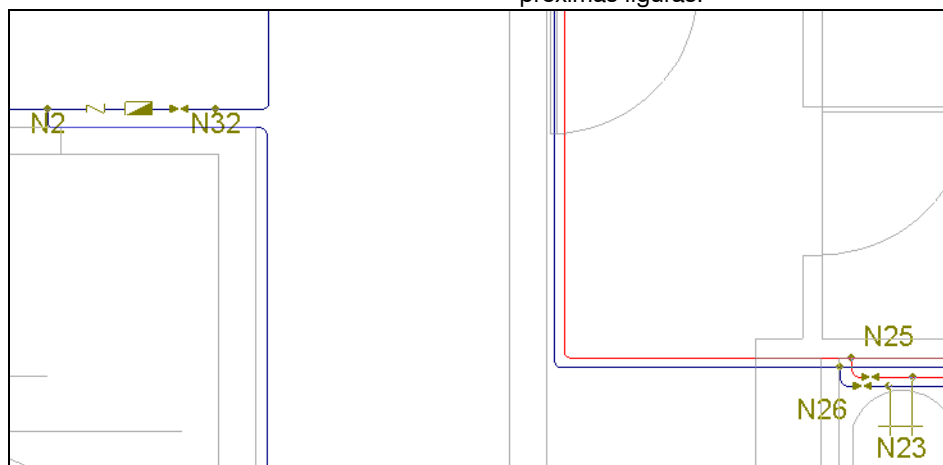


Fig. 3.57

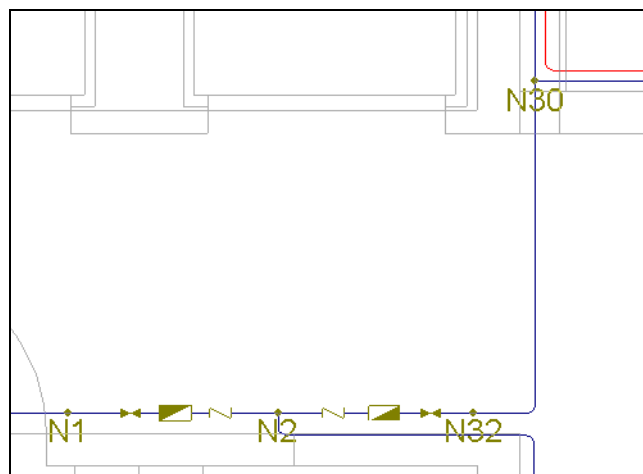


Fig. 3.58

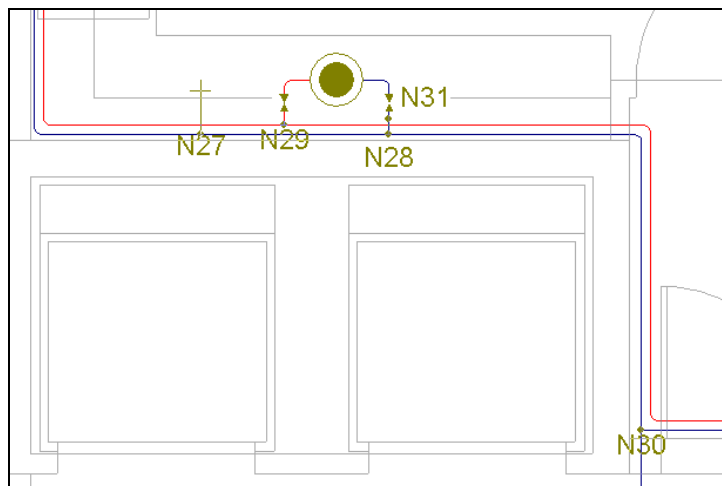


Fig. 3.59

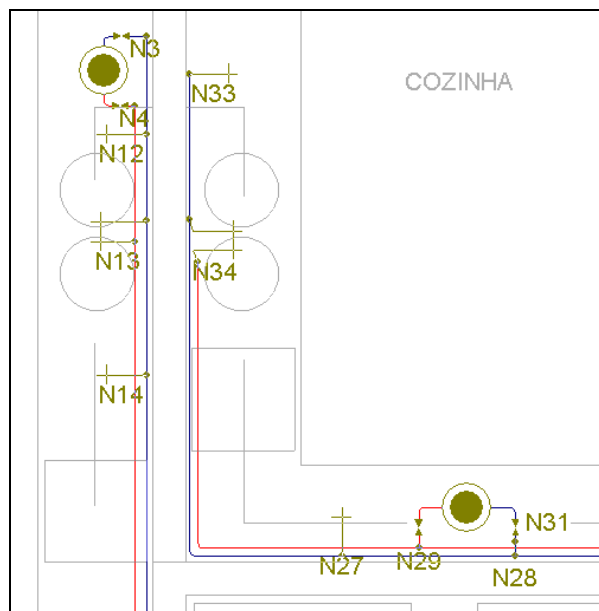


Fig. 3.60


Introduz-se a coluna montante para abastecer a cave e os pisos superiores.

- Prima em **Colunas montantes > Nova**.
- Selecciona os dados indicados na figura seguinte.



Fig. 3.61

Tem a possibilidade de definir a posição da coluna montante no corte.

- Assim, coloque o visto e clique sobre  **Posição no corte.**
- Clique sobre a coluna, como indica a figura seguinte.

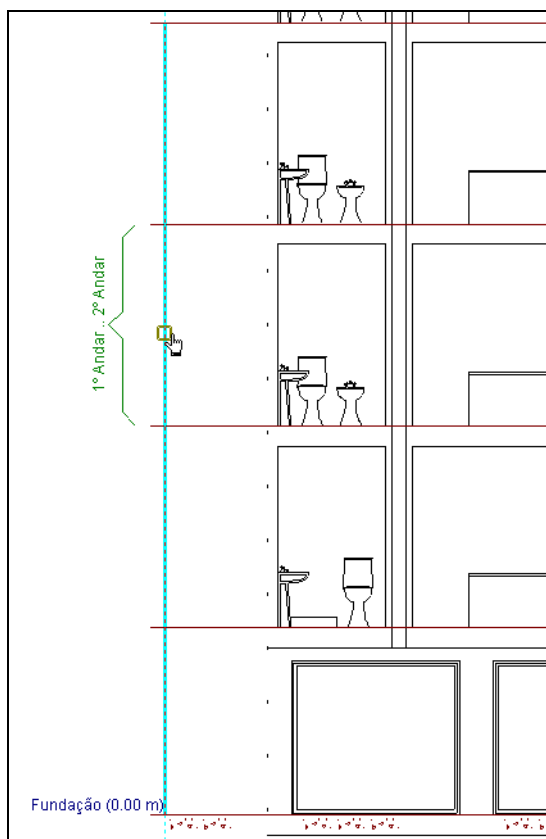


Fig. 3.62

- Arraste a coluna para a posição ilustrada na figura seguinte.

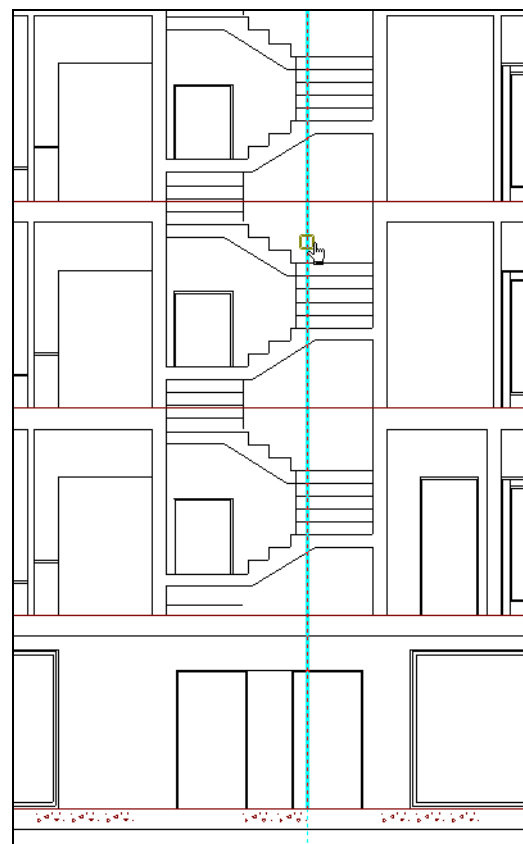



Fig. 3.63

- Prima em  e em **Aceitar** várias vezes para introduzir a coluna.
- Prima sobre o nó indicado na figura seguinte.

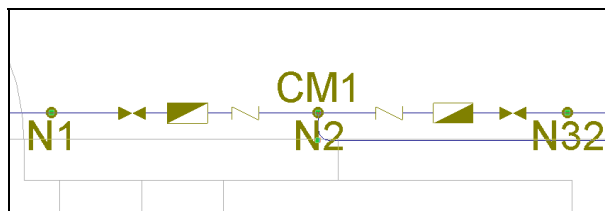



Fig. 3.64

### 3.1.2.9. Introdução da rede na Cave

Prima em , para descer de grupo e colocar-se no grupo **Cave**.

- Prima em **Tubagens > Nova simples**, seleccione como material PMC PN10 e tubagem para água fria.
- Introduza um pequeno tramo, como mostra a figura seguinte.

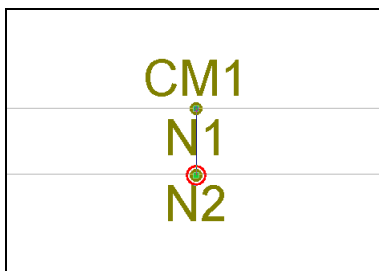



Fig. 3.65

- Prima em **Nós > Novo**, prima agora em  e seleccione os dados da próxima figura.

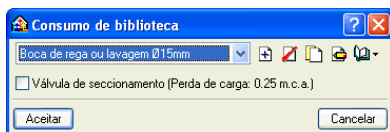



Fig. 3.66

- Prima em  e coloque uma altura da instalação de 0.50 m.
- Introduza o débito no nó indicado na figura seguinte.

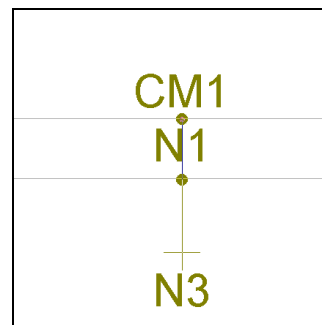



Fig. 3.67

Como se pode visualizar através do comando **Obra > Vista 3D**, nesta planta a tubagem posiciona-se automaticamente junto ao tecto, não sendo necessário indicar cotas, aliás nesta planta a cota 0.00 refere-se junto ao tecto da cave. Só na planta do Rés do chão e na última planta é que a cota 0.00 se refere ao piso.

### 3.1.2.10. Introdução da rede no 1º e 2º Andar

Prima em , seleccione 1º e 2º Andar e prima **Aceitar**.

Neste grupo, a rede é quase idêntica à rede que se situa no Rés do chão.

Assim, copia-se toda a informação referente à rede do rés do chão e elimina-se o que não interessa.

- Prima em **Obra > Copiar grupo** e seleccione Rés do chão.
- Prima em **Aceitar**.

Eliminam-se as tubagens que não interessam.

- Prima em **Tubagens > Eliminar** e seleccione a tubagem indicada na figura seguinte.

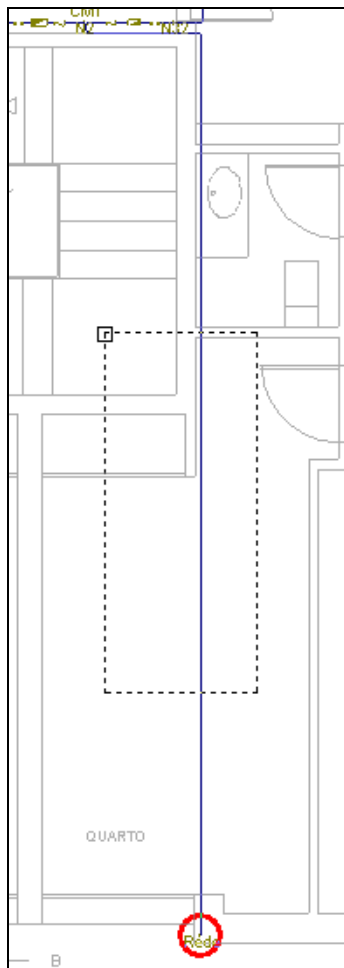



Fig. 3.68

- Prima com o botão  para terminar. O abastecimento será feito pela coluna montante.

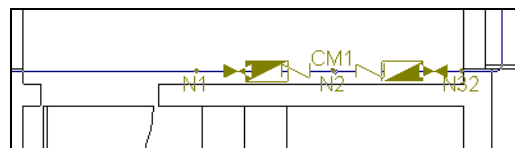


Fig. 3.69

- Prima em **Sim** para apagar as tubagens.

Entretanto, move-se para a esquerda o esquentador do apartamento da direita para o colocar alinhado com o balcão da cozinha.

- Prima em **Edição > Mover** e seleccione a tubagem e os nós indicados na figura seguinte.

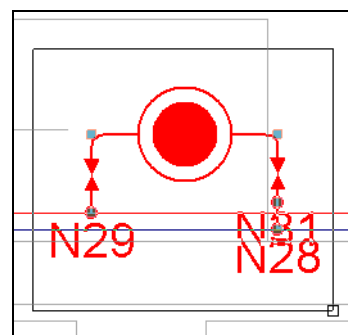



Fig. 3.70

- Prima no botão  para terminar a selecção. Prima num ponto qualquer e arraste para a esquerda, de forma a ficar alinhado sobre o balcão da cozinha.

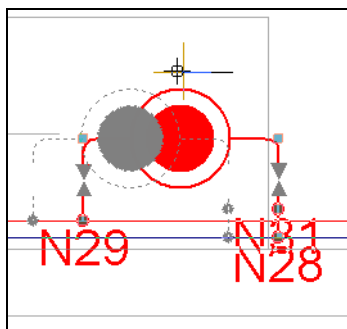


Fig. 3.71

Finalmente, introduz-se a restante rede que falta, como ilustra a figura seguinte.

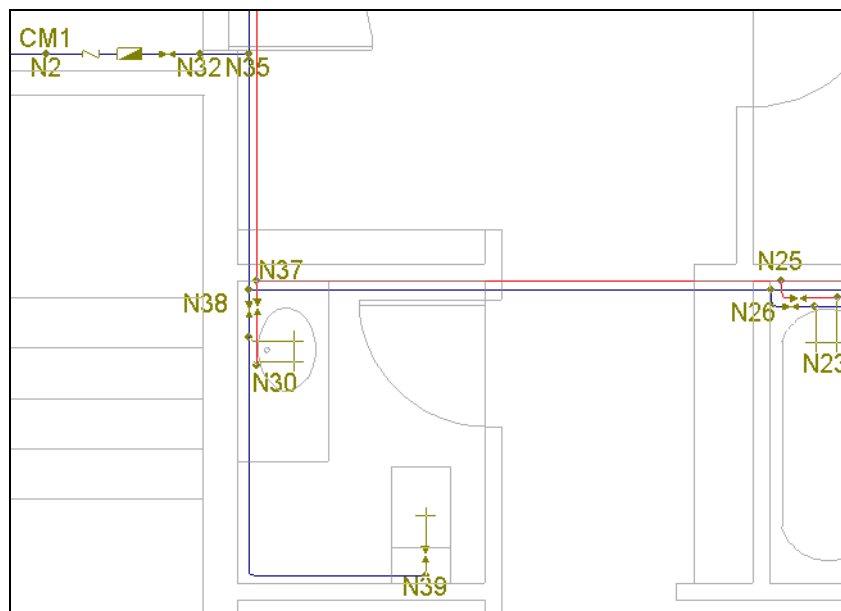


Fig. 3.72

Como este grupo de plantas admite automaticamente a posição das tubagens junto ao tecto, então tem-se que

colocar o desnível dos nós dentro do apartamento à cota 0.00m.


- Prima em **Nós > Editar**, altere para 0.00m, utilize o comando **Nós > Copiar** para copiar a cota para os outros nós.
- Edite o nó da coluna e coloque como cota -2.20m, isto de forma a que tubagem fique a 0.50m do piso.
- Edite o nó a montante do esquentador em cada apartamento e coloque como cota -1.10m, isto de forma a que tubagem fique a 1.60m do piso.

Verifique através do comando **Obra > Vista 3D**, as posições das tubagens.



Fig. 3.73

### 3.1.2.11. Introdução da rede no Duplex

Prima em  para se colocar no piso **Duplex**.

Neste piso, copia-se a informação do grupo 1º e 2º Andar e por fim colocam-se duas colunas montantes de abastecimento ao piso **Recuado**.

- Prima em **Obra > Copiar grupo** e seleccione 1º e 2º Andar.
- Prima **Aceitar**.
- Prima em **Colunas montantes > Nova**, e coloque os dados da figura seguinte.

- Prima sobre a tubagem de água fria, como se visualiza na figura seguinte.

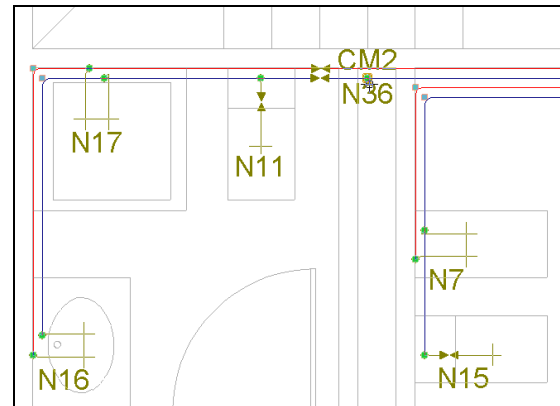



Fig. 3.74

- Prima no botão .
- Coloque o tipo de coluna como água quente.
- Prima sobre a tubagem de água quente, como se mostra na figura seguinte.

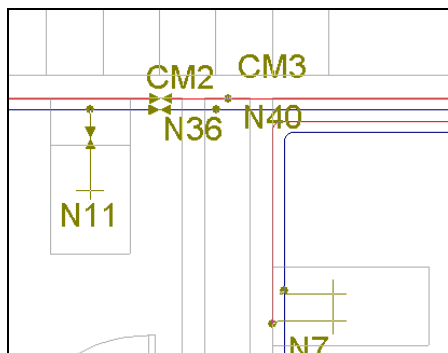



Fig. 3.75

### 3.1.2.12. Introdução da rede no Recuado

Prima em  para se colocar no piso **Recuado**.

Neste piso, vai-se introduzir uma rede com o material Pex no interior da casa de banho, este tipo de material coloca-se em obra sempre no piso.

Como esta planta Recuado é a última planta, o programa automaticamente considera a cota 0.00m ao nível do piso.

Introduz-se a rede em PMC PN10 até à entrada da casa de banho, como ilustra a figura seguinte.

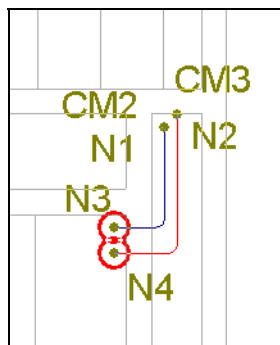


Fig. 3.76

Com o comando **Tubagens > Nova simples (Curva)** procede-se à introdução da restante rede.

Selecione o seguinte material da próxima imagem.

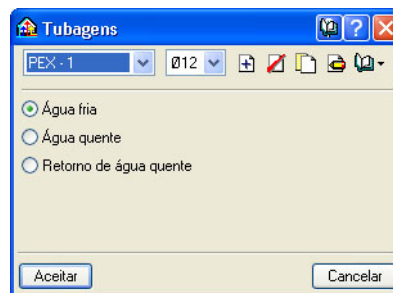



Fig. 3.77

- Prima **Aceitar**.
- Prima sobre o nó correspondente à rede de água fria e prima sobre o aparelho Bacia de retrete, posteriormente com o cursor poderá definir a curvatura, bastando para isso arrastar o cursor, para terminar prima com o botão .

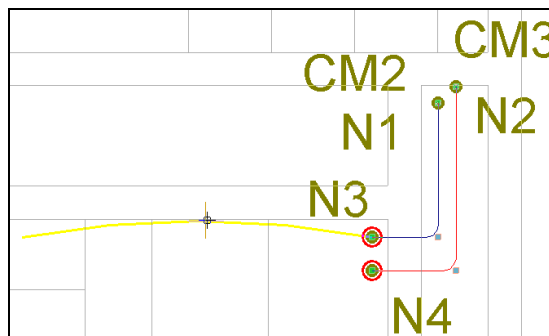


Fig. 3.78

Introduza as restantes tubagens, débitos e elementos, de acordo com a imagem seguinte.

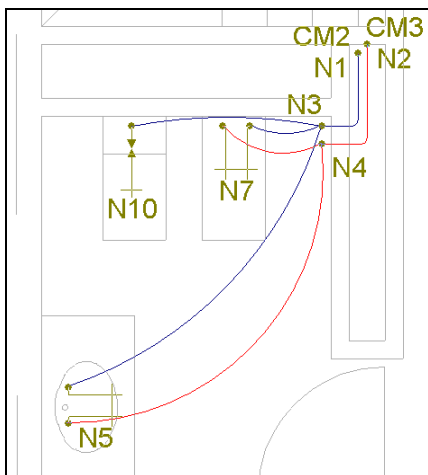




Fig. 3.79

Para terminar falta somente introduzir o símbolo da caixa pex.

- Prima em **Nós > Novo** e no menu flutuante prima em  caixa pex.
- Posicione a caixa pex de acordo com a figura seguinte e prima com o botão  para terminar.

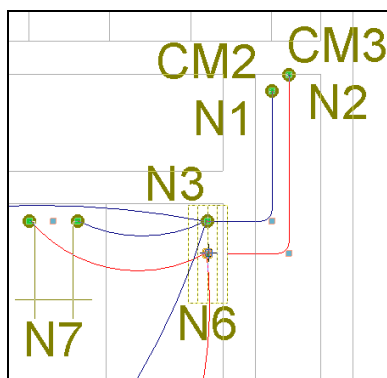


Fig. 3.80

- Com o comando **Nós > Ângulo**, seleccione a direcção da caixa como mostra a figura seguinte.

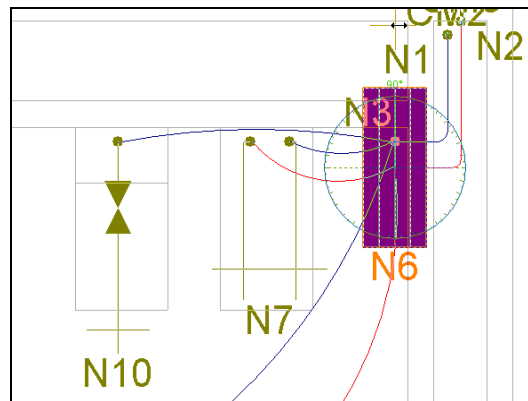


Fig. 3.81

### 3.1.2.13. Visualização 3D

Pode-se visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente, surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar as máscaras dxf's como fundo em cada plano.

Pode imprimir esta imagem para impressora ou ficheiro (extensão JPEG, BMP, DXF ou DWG).

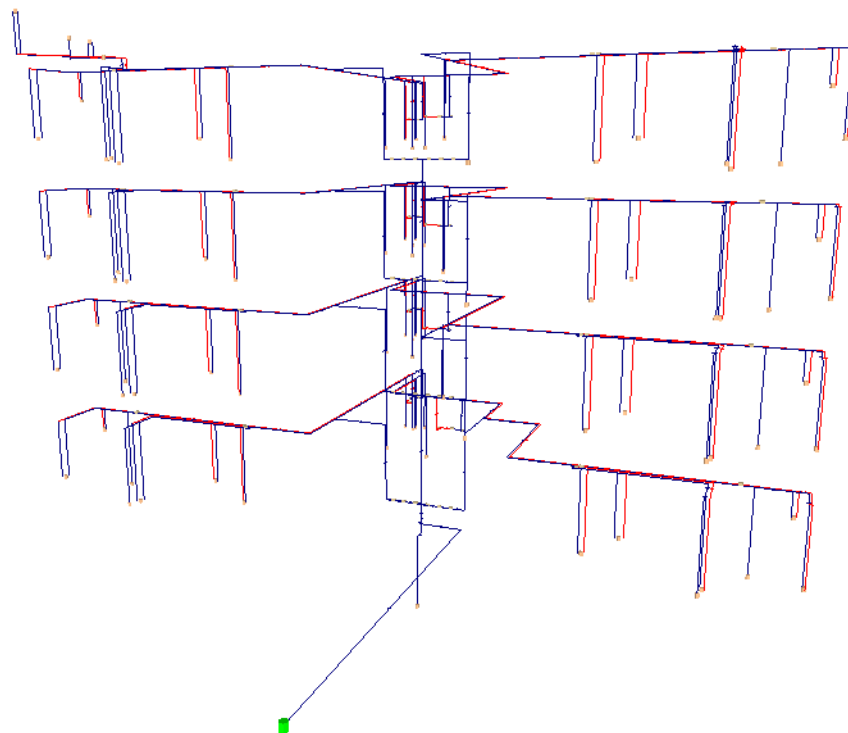


Fig. 3.82

### 3.1.3. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\agua

- Em qualquer dos casos prima **Cálculo > Dimensionar**.

- Se durante o cálculo surgir a mensagem *“Foram detectados erros nos dados introduzidos.”* significa que existe mais que um nó que pode ser de entrada o que impede a realização do cálculo.

### 3.1.4. Resultados

#### 3.1.4.1. Tubagens, Colunas montantes, Nós e Elementos

Após o cálculo, para verificar os resultados prima em **Cálculo > Resultados e verificar**.

Coloque o cursor sobre uma tubagem, coluna montante, nó ou um elemento e imediatamente surge informação acerca dos resultados de cálculo.

Como se mostra nas seguintes figuras.

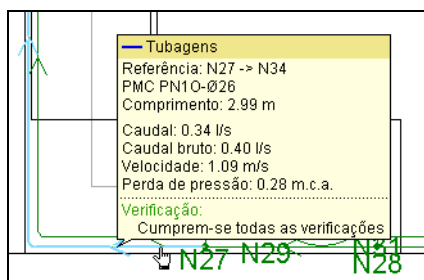


Fig. 3.83

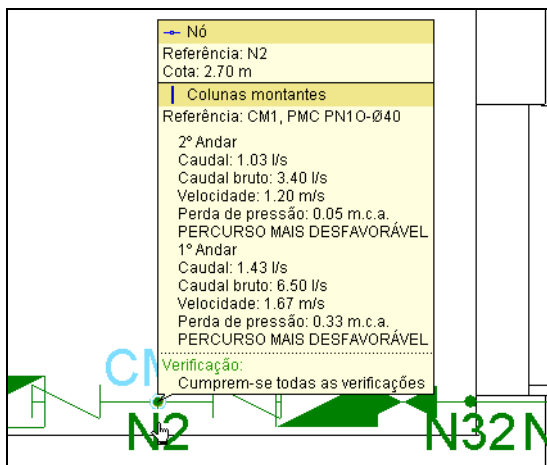


Fig. 3.84

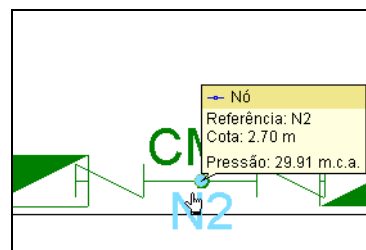


Fig. 3.85

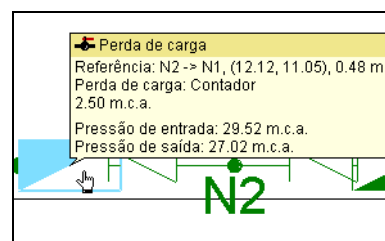


Fig. 3.86

#### 3.1.4.2. Alterar resultados

Pode-se editar uma ou várias tubagens e alterar o seu diâmetro posteriormente se clicar em **Cálculo > Resultados e verificar**. Após o cálculo, coloque o cursor sobre a tubagem e de imediato o programa mostrará se cumprem ou não todas as verificações de cálculo, mantendo o diâmetro imposto pelo utilizador.

### 3.1.5. Listagens e Desenhos

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está amplamente exposta nos pontos **Listagens e Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.

## 3.2. Residuais

### 3.2.1. Introdução

Descreve-se a seguir um exemplo prático de iniciação em instalações de drenagem de águas residuais domésticas para o utilizador, cujo objectivo é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.

### 3.2.2. Rede de águas residuais domésticas

- O ficheiro deste exemplo prático está incluído no programa.

Para qualquer consulta poderá aceder ao mesmo:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Prima em **Abrir**.

#### 3.2.2.1. Criação da obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

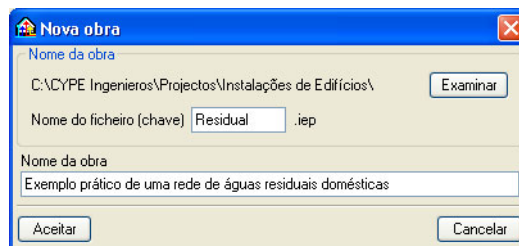


Fig. 3.87

- Prima **Aceitar**.
- Na janela que surge de Plantas/Grupos prima **Aceitar**.

Prima em **Residuais**, para escolher o tipo de instalação a introduzir.

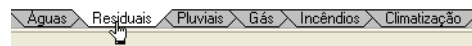




Fig. 3.88

#### 3.2.2.1. Plantas/Grupos

Indica-se a seguir a sequência para a definição de plantas e grupos.

- Prima a opção **Obra > Plantas/Grupos**.
- Prima no ícone  **Novo grupo de pisos abaixo da rasante** para se acrescentar a planta cave. Coloque uma altura entre plantas de 2.80m.
- Prima agora no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar uma nova planta.
- Como este grupo vai corresponder a duas plantas agrupadas, devido ao facto de elas serem iguais em termos de arquitectura, preencha os dados de acordo com a imagem seguinte.

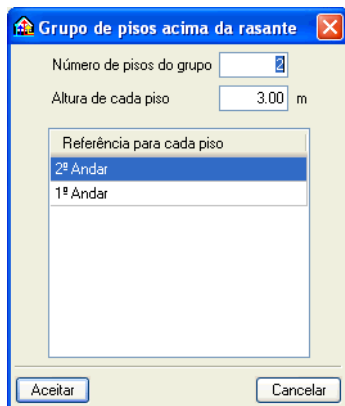


Fig. 3.89

- Prima novamente no ícone **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar a planta Duplex.
- Prima novamente no ícone **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar a planta Recuado e coloque uma altura de 2.67m.



Fig. 3.90

### 3.2.2.3. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Prima no ícone **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

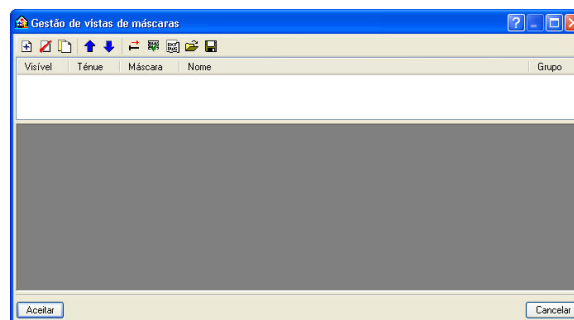


Fig. 3.91

- Prima o ícone **Adicionar**.
- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, seleccione os ficheiros cave.dxf, rchao.dxf, 1\_2andar.dxf, duplex.dxf, recuado.dxf, cobertura.dxf e corte.dxf.

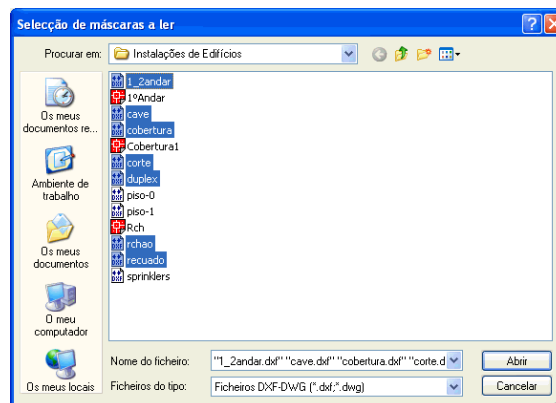


Fig. 3.92

- Prima em **Abrir** e na janela **Ficheiros disponíveis** prima em **Aceitar**.

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, prima em  **Planos dos grupos**.

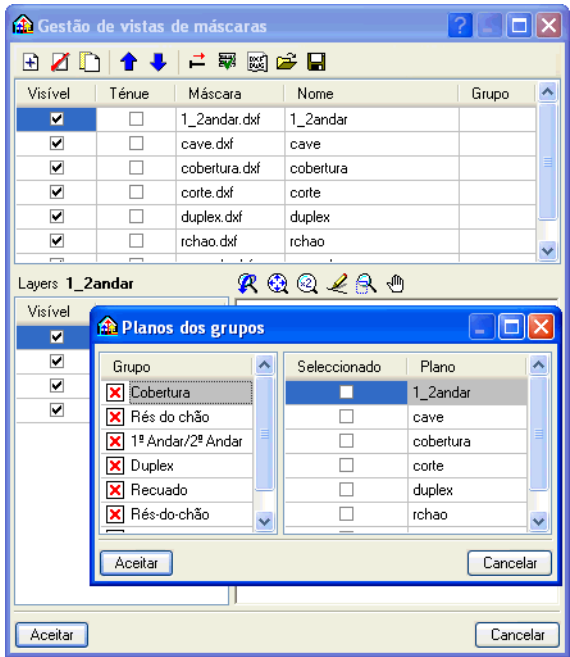


Fig. 3.93

Seleccione de acordo com o grupo o DXF correspondente, como exemplificam as seguintes figuras, relacionando o nome do grupo com o do plano.

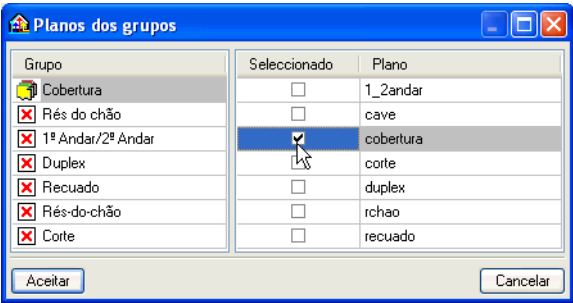


Fig. 3.94

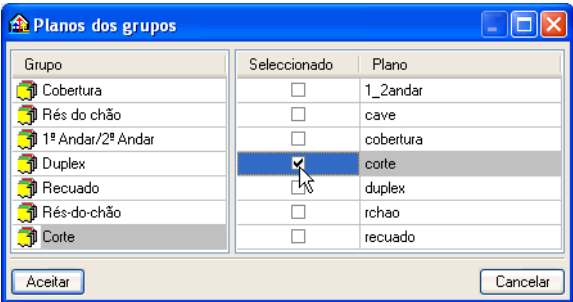


Fig. 3.95

Por fim, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

### 3.2.2.4. Comando Ver

Pode visualizar em planta a informação que desejar.

- Prima em **Obra > Ver** e seleccione as opções que deseja consultar.

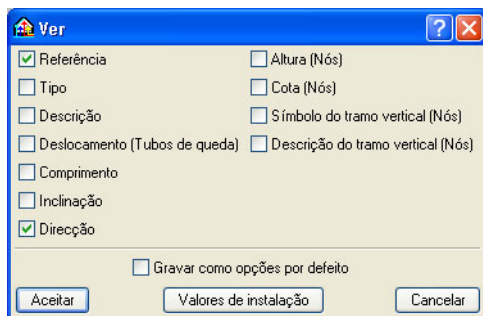


Fig. 3.96

### 3.2.2.5. Introdução da rede no recuado

Prima em , seleccione **Recuado** e prima **Aceitar**.

#### 3.2.2.5.1. Tubagens

Introduzem-se as tubagens.

- Prima **Tubagens > Nova**. Abre-se uma janela na qual deve escolher o tipo de tubagem (material e diâmetro), cálculo e percentagem de inclinação.



Fig. 3.97

- Coloque os ramais de descarga de acordo com a figura seguinte.

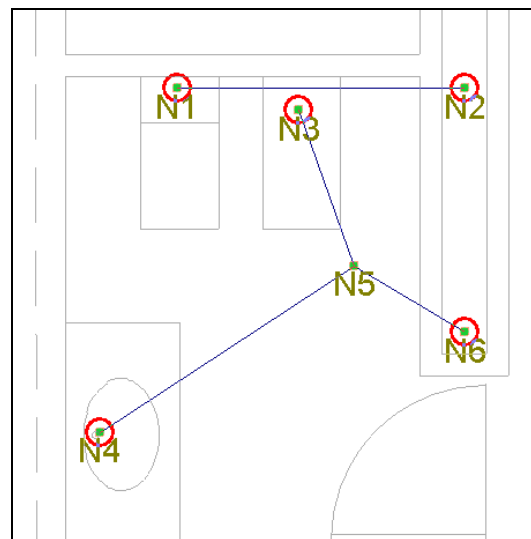



Fig. 3.98

- Sempre que quiser definir um nó, prima com o botão .

#### 3.2.2.5.2. Tubos de queda

Introduzem-se os tubos de queda.

- Prima **Tubos de queda > Novo**.

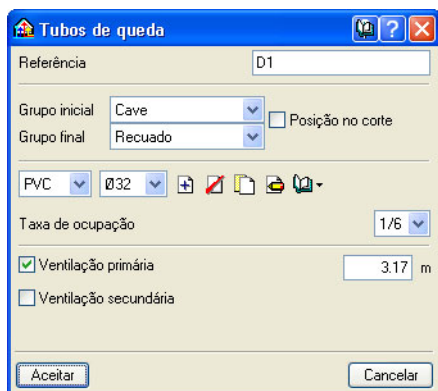


Fig. 3.99

- Coloque os dados de acordo com a figura seguinte.
- Em relação à ventilação primária, coloque a distância de prolongamento do tubo de queda, desde o grupo final até ao exterior do edifício.
- Prima em **Aceitar**.
- Prima sobre os nós para se introduzir os tubos de queda, como na seguinte figura.

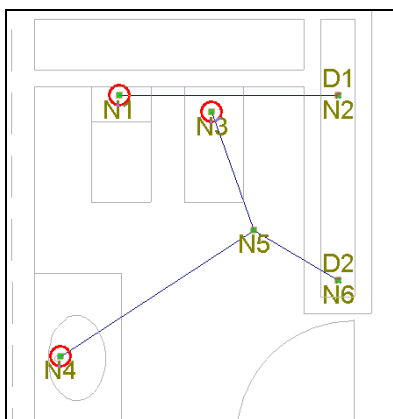



Fig. 3.100

Existe a possibilidade de definir a posição do tubo de queda no corte.

- Prima em **Tubos de queda > Editar** e prima sobre um tubo de queda.
- Coloque o visto em **Posição no corte**.
- Prima em  **Posição no corte**.
- Prima sobre o tubo, como indica a próxima figura.

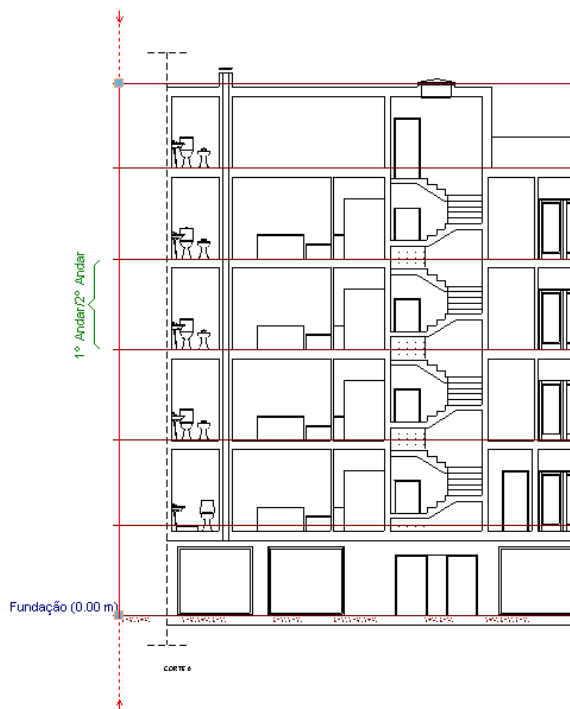


Fig. 3.101

- Arraste o tubo, e posicione da mesma forma que na figura seguinte.

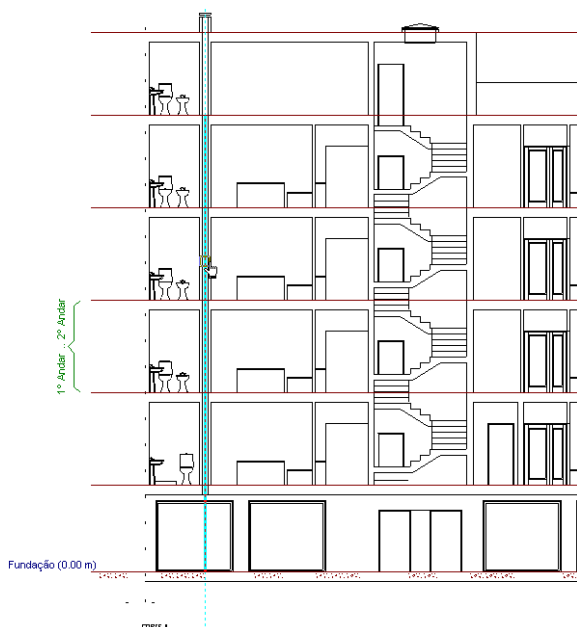



Fig. 3.102

- Prima **Aceitar**.

### 3.2.2.5.3. Nós

Procede-se à introdução das descargas.

- Prima em **Nós > Novo**, surge um menu flutuante, prima em  **Descarga de biblioteca**.
- Seleccione o tipo de descarga a colocar.

Prima **Aceitar**.

- Se o utilizador pretender ser mais preciso, poderá definir o tramo de descarga vertical dos aparelhos na opção **Tramo vertical (desnível)**.

- Coloque as descargas de acordo com a figura seguinte.

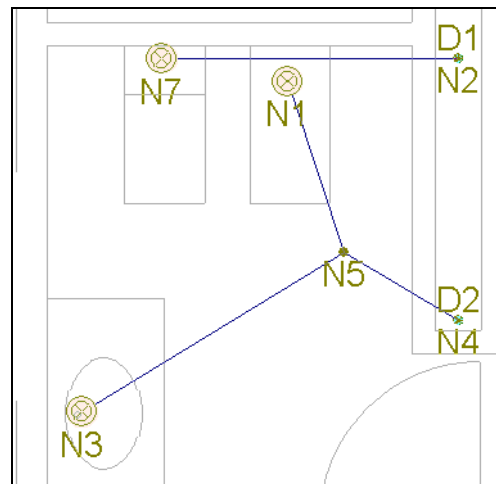



Fig. 3.103

De seguida, coloca-se o símbolo da caixa de pavimento.

- Prima em **Nós > Novo** e prima no menu flutuante em  **Caixa**.

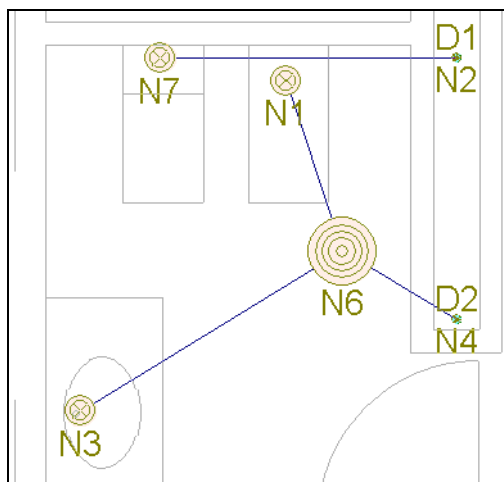


Fig. 3.104

### 3.2.2.6. Introdução da rede no Duplex

Prima em ▼ para descer de grupo e colocar-se no grupo **Duplex**.

Da mesma forma como se definiu para o piso **Recuado**, introduz-se a rede para o **Duplex**. O desenho da rede apresenta-se de acordo com as figuras seguintes. Como nota, os tubos de queda a introduzir tem o início na **Cave** e terminam no **Duplex**; no **D3** coloca-se uma taxa de ocupação de 1/7, no **D4** uma taxa de 1/4 e nos **D5**, **D6** e **D7** uma taxa de ocupação de 1/6. Por fim, coloque uma distância de prolongamento do tubo de queda em 5 m para os tubos **D3**, **D6** e **D7**, e de 6.17 m para os **D4** e **D5**.

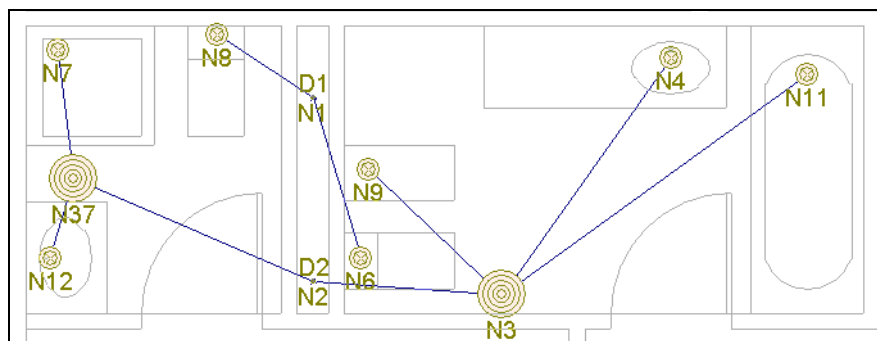


Fig. 3.105

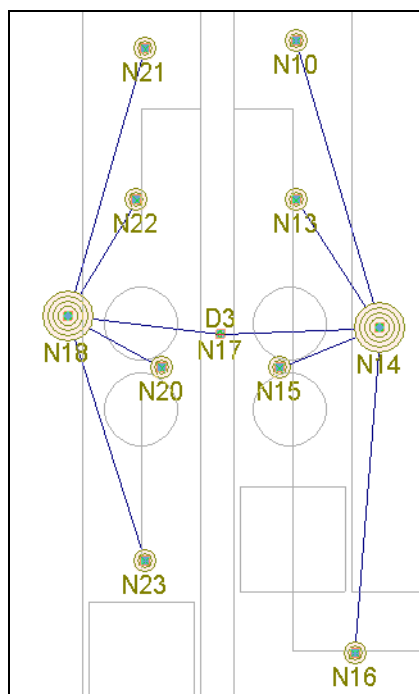


Fig. 3.106

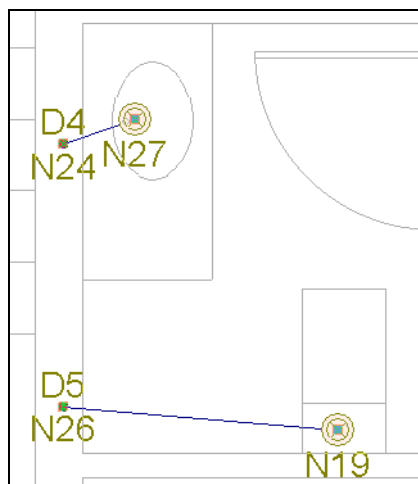


Fig. 3.107

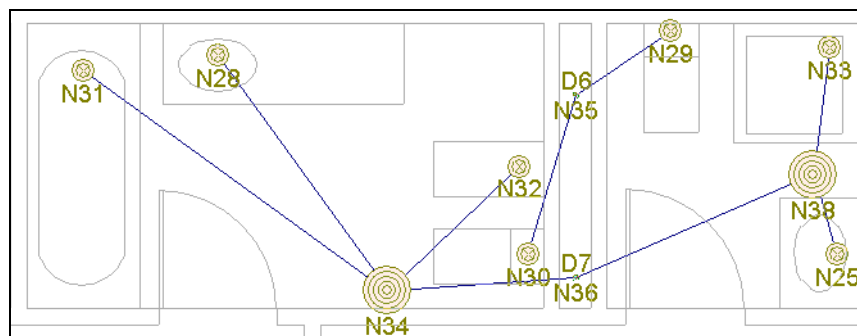


Fig. 3.108

### 3.2.2.7. Introdução da rede no 1º Andar e 2º Andar

Prima em ▼ para descer de grupo e colocar-se no grupo 1º Andar e 2º Andar.

Como a rede é idêntica à rede do **Duplex**, copia-se toda a informação desse grupo.

- Prima em **Obra > Copiar grupo**, seleccione **Duplex** e prima em **Aceitar**.

### 3.2.2.8. Introdução da rede no Rés do chão

Prima em ▼ para descer de grupo e colocar-se no grupo **Rés do chão**.

Neste caso, a rede é quase idêntica ao grupo **Duplex**, assim copia-se esse grupo e elimina-se o que não interessa.

- Prima em **Obra > Copiar grupo**, seleccione **Duplex** e prima em **Aceitar**.
- Prima em **Edição > Eliminar** e seleccione os nós como indica a figura seguinte.

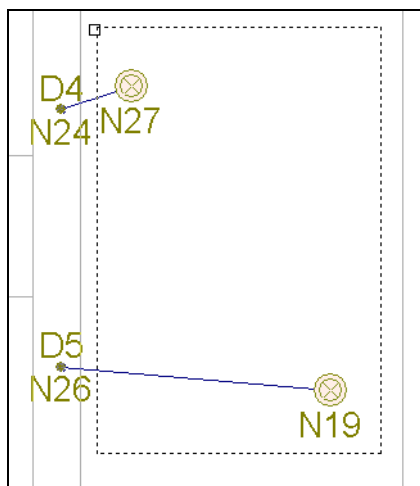



Fig. 3.109

- Prima no botão  apagar as tubagens e nós.

### 3.2.2.9. Introdução da rede na Cave

Prima em  para descer de grupo e colocar-se no grupo **Cave**.

A rede de colectores vai estar suspensa no tecto da cave, onde irá terminar no exterior do edifício em caixas de visita.

Desenha-se a rede de colectores da seguinte forma:

- Prima em **Tubagens > Nova** e seleccione as características como indica a figura seguinte.

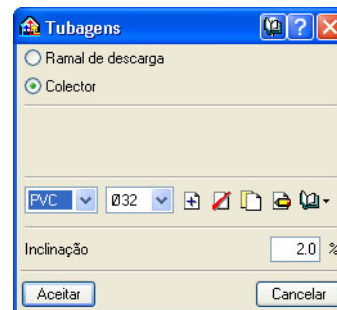


Fig. 3.110

Desenha-se a rede de acordo com as figuras seguintes.



Fig. 3.111

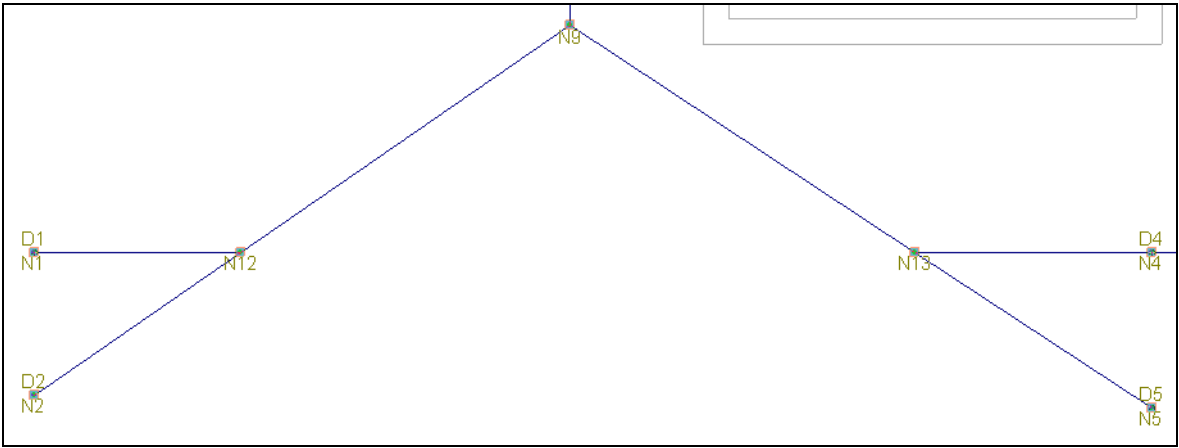


Fig. 3.112

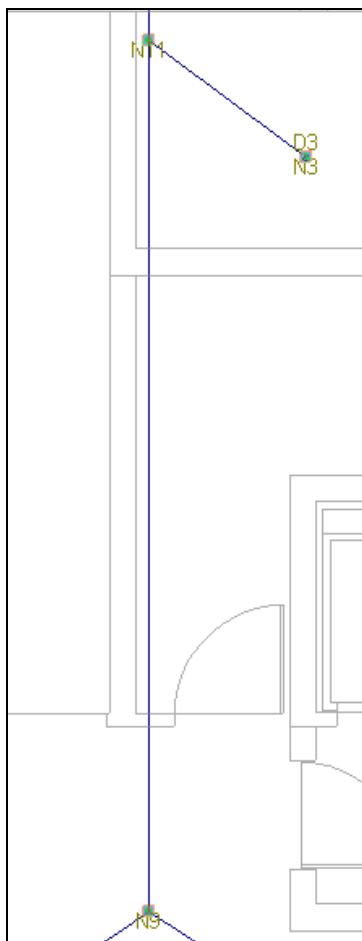


Fig. 3.113

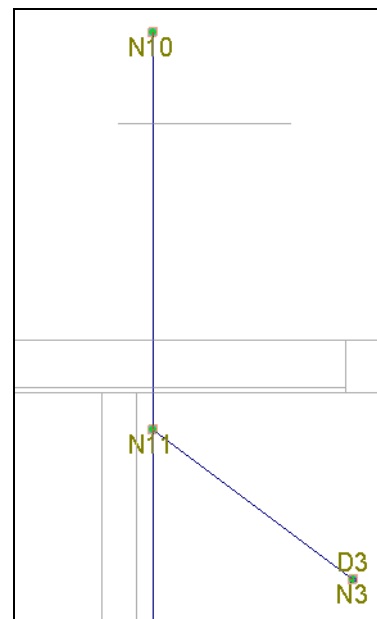



Fig. 3.114

Para se atribuir a cota do nó de 2,30 m acima do piso:

- Prima em **Nós > Editar**, prima num nó e coloque uma cota do nó de 2,30 m.
- Prima em **Nós > Copiar**, prima sobre o nó que editou e prima sobre todos os outros nós para atribuir essa cota.

Como simbologia, indicam-se as bocas de limpeza e as caixas de visita.

- Prima em **Nós > Novo** e prima em  **Boca de limpeza** no menu flutuante.
- Prima sobre os nós, referentes a bocas de limpeza conforme as figuras seguintes.

- Para alterar o ângulo da boca de limpeza, poderá utilizar o comando **Nós > Ângulo**.

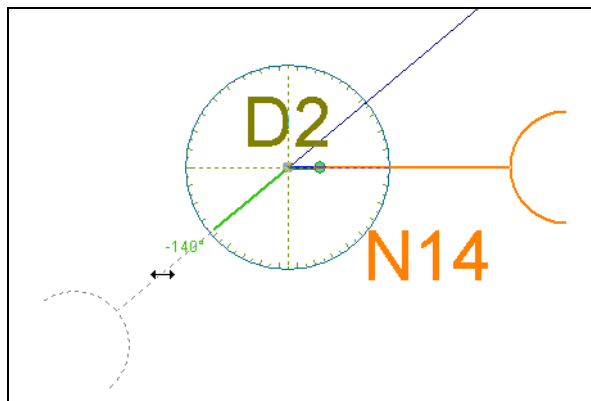


Fig. 3.115

- Prima sobre os nós, referentes a bocas de limpeza.

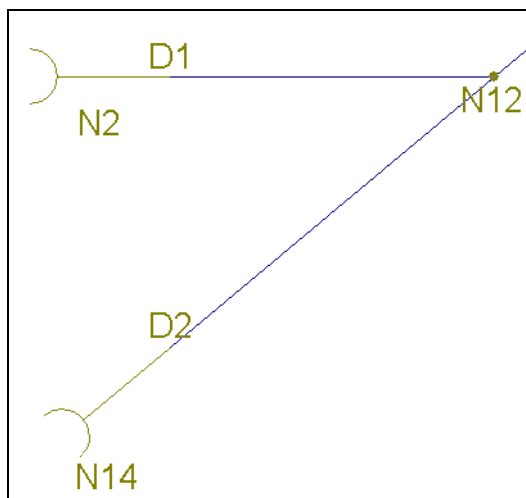


Fig. 3.116

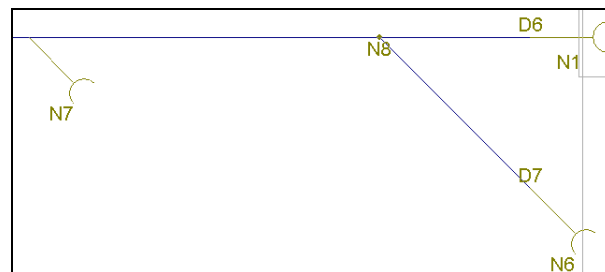


Fig. 3.117

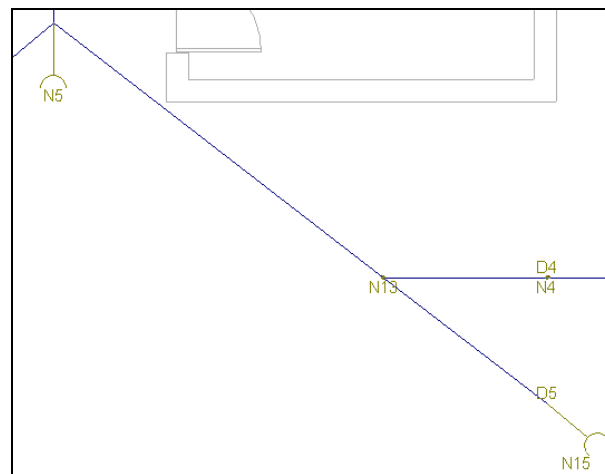


Fig. 3.118

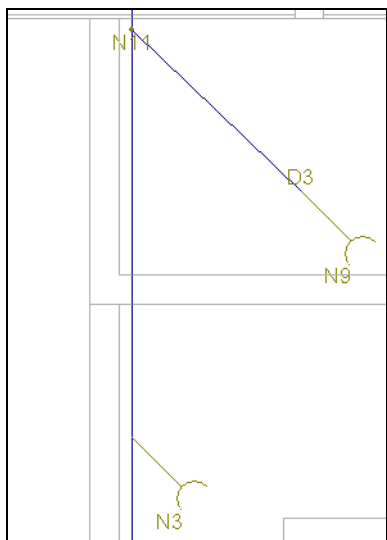



Fig. 3.119

Em todas as obras de residuais domésticas deixe sempre o último nó sem caixa de visita ou boca de limpeza.

Para a introdução da caixa de visita.

- Prima em **Nós > Novo** e prima sobre  Caixa de visita no menu flutuante.
- Prima sobre a tubagem indicada na figura seguinte.

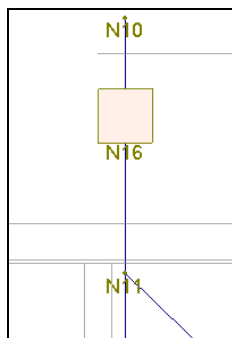


Fig. 3.120

### 3.2.2.10. Visualização 3D

Pode-se visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente, surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar as máscaras dxf's como fundo em cada plano.

Pode imprimir esta imagem para impressora ou ficheiro (extensão JPEG, BMP, DXF ou DWG).

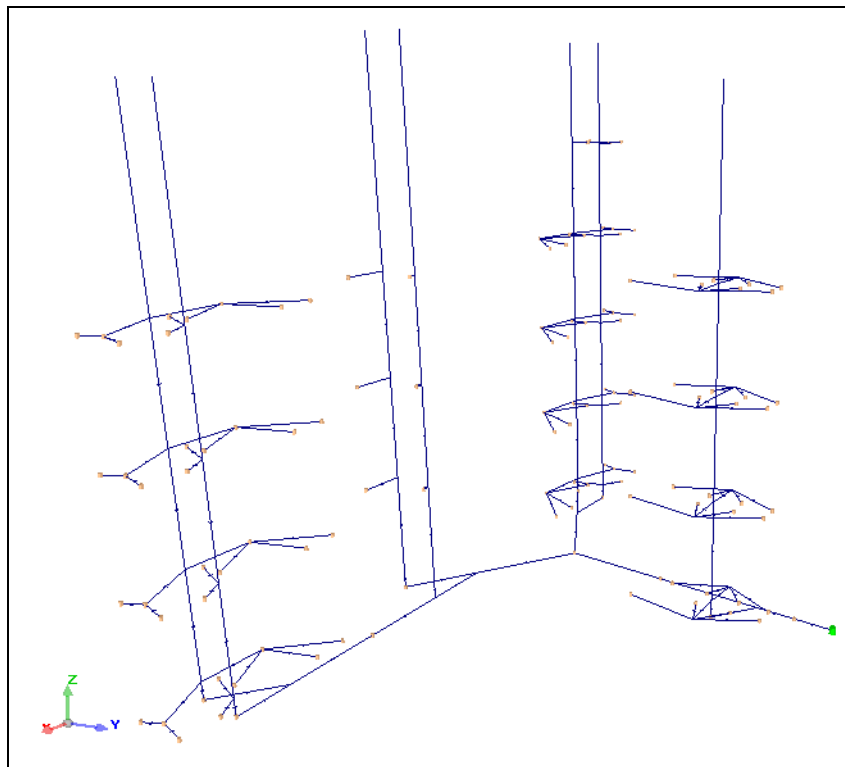


Fig. 3.121

### 3.2.3. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo

disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\residual.

- Em qualquer dos casos prima **Cálculo > Dimensionar**.
- Se durante o cálculo surgir a mensagem “*Foram detectados erros nos dados introduzidos.*” significa

que existe mais que um nó que pode ser de descarga final, o que impede a realização do cálculo.

### 3.2.4. Resultados

#### 3.2.4.1. Tubagens, Tubo de queda, Nós e Elementos

Após o cálculo, para verificar os resultados prima em **Cálculo > Resultados e verificar**.

Coloque o cursor sobre uma tubagem (ramal ou colector), tubo de queda, nó ou um elemento e imediatamente surge informação acerca dos resultados de cálculo. Como se mostra nas seguintes figuras.

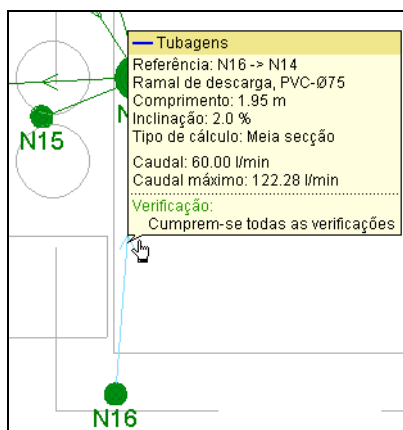


Fig. 3.122



Fig. 3.123



Fig. 3.124

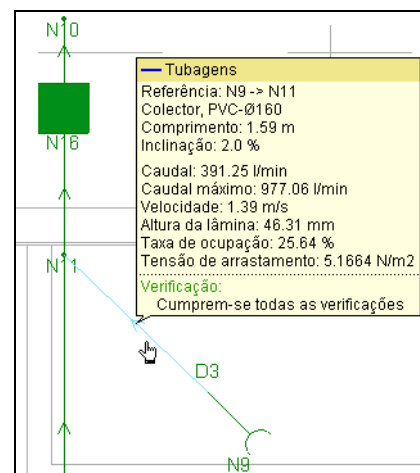


Fig. 3.125

#### **3.2.4.2. Alterar resultados**

Pode-se editar uma ou várias tubagens e alterar o seu diâmetro, posteriormente se clicar em **Cálculo > Resultados e verificar** e sobre a tubagem. O programa mostrará se cumprem ou não todas as verificações de cálculo, mantendo o diâmetro imposto pelo utilizador.

#### **3.2.5. Listagens e Desenhos**

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está amplamente exposta nos pontos **Listagens e Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.

### 3.3. Pluviais

#### 3.3.1. Introdução

Descreve-se a seguir um exemplo prático de iniciação em instalações de drenagem de águas pluviais para o utilizador, cujo objectivo é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.

O ficheiro deste exemplo prático está incluído no programa.

Para qualquer consulta poderá aceder ao mesmo:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Prima em **Abrir**.

Aconselha-se em termos práticos, a criar cópias de segurança das obras que possui ou que ainda se encontram numa fase de introdução de dados.

#### 3.3.2. Rede de Águas Pluviais

##### 3.3.2.1. Criação da Obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

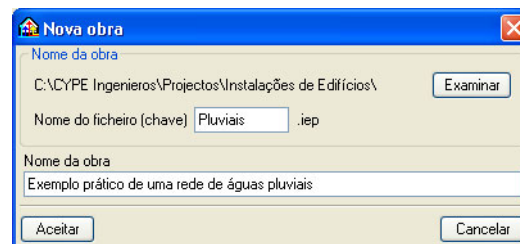


Fig. 3.126

- Prima **Aceitar**.
- Na janela que surge de Plantas/Grupos prima **Aceitar**.

Prima em **Pluviais**, para escolher o tipo de instalação a introduzir.



Fig. 3.127

##### 3.3.2.2. Local

No menu **Obra > Local** seleccione **Lisboa**.

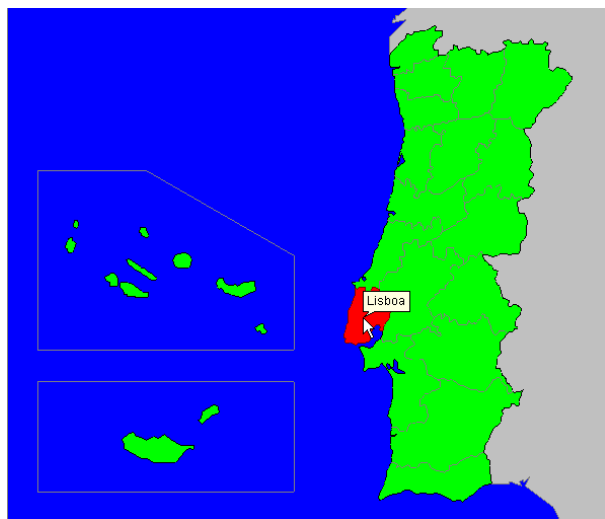


Fig. 3.127a

- Prima **Aceitar** e selecciona município de **Lisboa**.

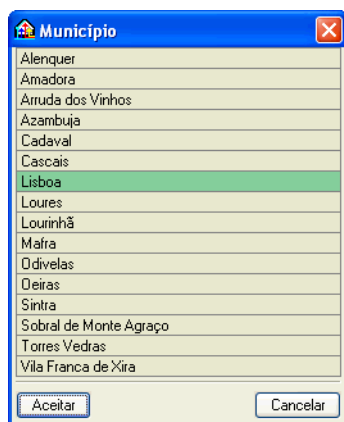


Fig. 3.128



### 3.3.2.3. Opções

Em termos de opções de cálculo, existe a possibilidade de estabelecer um valor fixo ou máximo para o cálculo do tubo de queda.

- Prima no menu **Obra > Opções**, e coloque uma altura de lâmina de água fixa de 20 mm.

### 3.3.2.4. Plantas/Grupos

Indica-se a seguir a sequência para a definição de plantas e grupos.

- Prima a opção **Obra > Plantas/Grupos**.
- Prima agora no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar uma nova planta, neste caso o **1º Andar** com 9m de altura, isto porque para este exemplo não há necessidade de se criar as plantas do 2º Andar e Duplex.
- Prima novamente no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar a planta **Recuado** com uma altura de 2.67m.

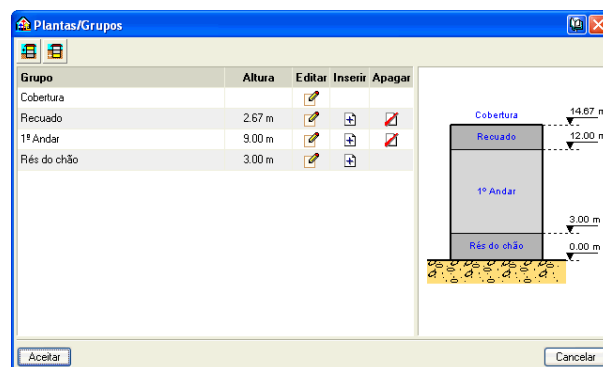


Fig. 3.129

### 3.3.2.5. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Selecione o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

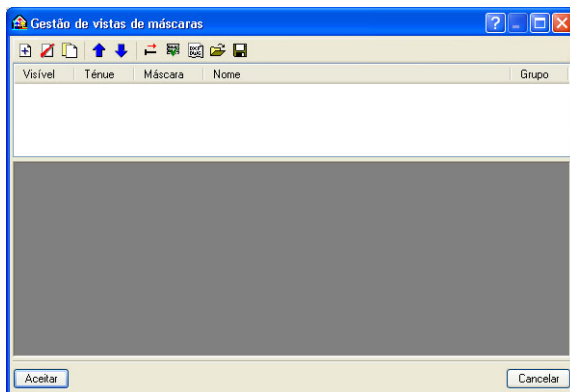



Fig. 3.130

- Prima o ícone  **Adicionar**.
- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, procure os ficheiros rchão.dxf, 1\_2andar.dxf, recuado.dxf e cobertura.dxf, isto em \CYPEIngenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\). Selecione-os e prima **Abrir**.

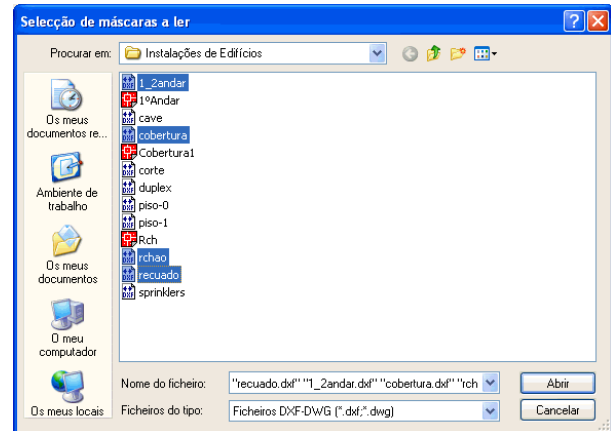


Fig. 3.131

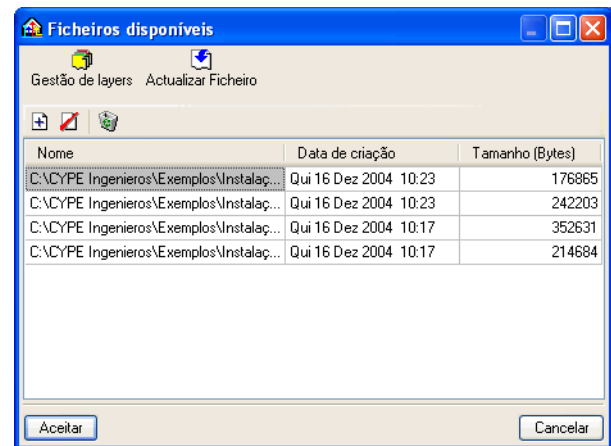


Fig. 3.132

- Prima **Aceitar**.

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, prima em  **Planos dos grupos**.

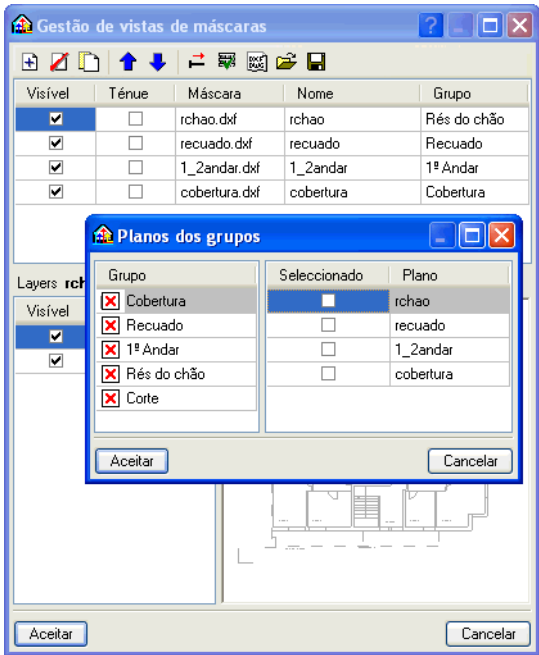


Fig. 3.133

Selecione de acordo com o grupo, o DXF correspondente, como indicam as figuras seguintes.

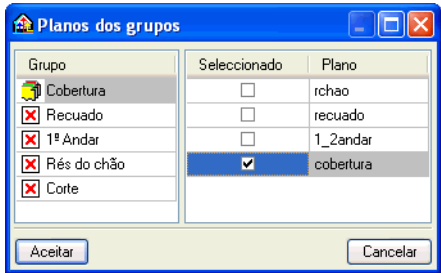


Fig. 3.134



Fig. 3.135

Continue a definir os planos do 1º Andar e Rés do chão, para o Corte não é necessário neste exemplo. Por fim, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

### 3.3.2.6. Comando Ver

Tem a possibilidade de visualizar em planta, a informação que desejar.

- Prima em **Obra > Ver** e seleccione as opções que deseja consultar.

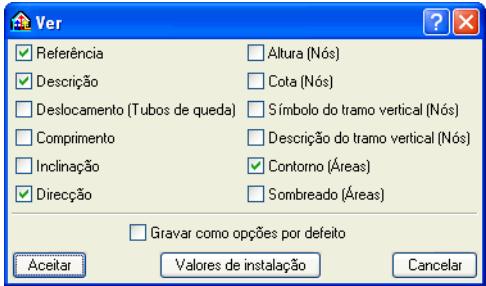


Fig. 3.136

### 3.3.2.7. Introdução da rede na Cobertura

Prima em , seleccione **Cobertura** e prima **Aceitar**.

### 3.3.2.7.1. Áreas

Introduz-se a área.


- Prima **Áreas > Nova**.
  - Prima nas zonas assinaladas nas seguintes figuras; para terminar a introdução de uma área prima no botão .



Fig. 3.137

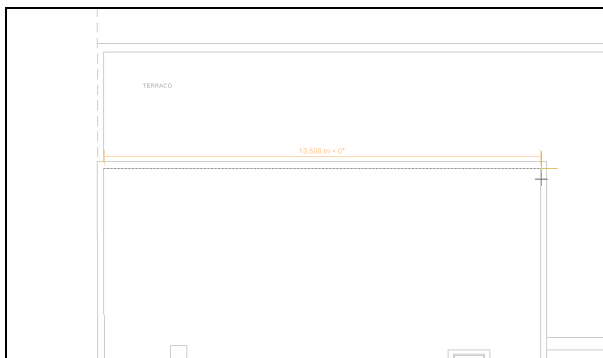


Fig. 3.138

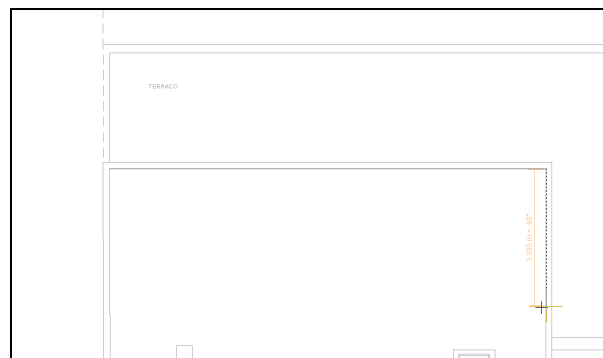


Fig. 3.139



Fig. 3.140

Repita o mesmo procedimento, mas para a zona oposta, como mostra a figura seguinte.

De qualquer forma pode utilizar o comando **Áreas > Mover** ou **Áreas > Eliminar**, para o caso de pretender mover ou eliminar áreas

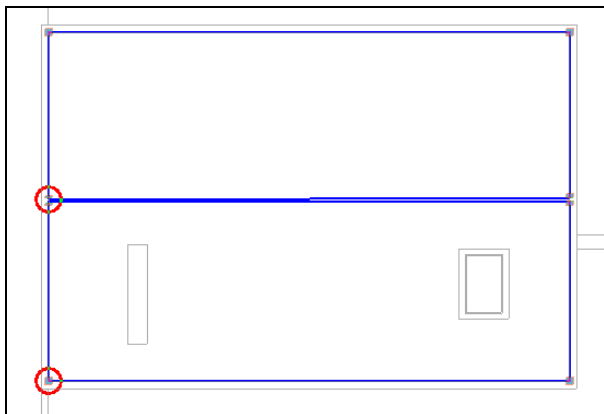


Fig. 3.141

### 3.3.2.7.2. Tubagens

Introduzem-se as caleiras semicirculares.

- Prima **Tubagens > Nova**.



Fig. 3.142

- Prima em **Caleira semicircular**, escolha o material, inclinação e percentagem de secção cheia.

Como nota, salienta-se que a percentagem de secção cheia está relacionada com a altura da caleira; no entanto, o programa faz a verificação da altura máxima

da lâmina líquida não excedendo 0,7 da altura da secção transversal.

- Prima de acordo com a figura seguinte.

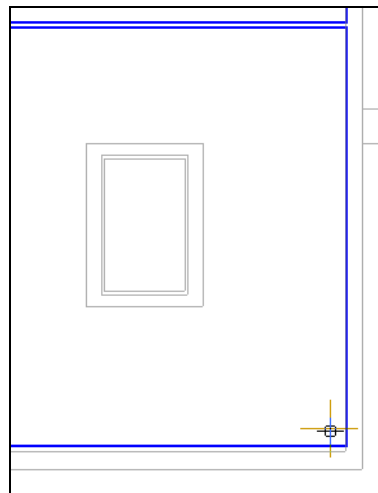


Fig. 3.143

- Arraste a caleira para a esquerda e prima para a definir. Para terminar prima no botão

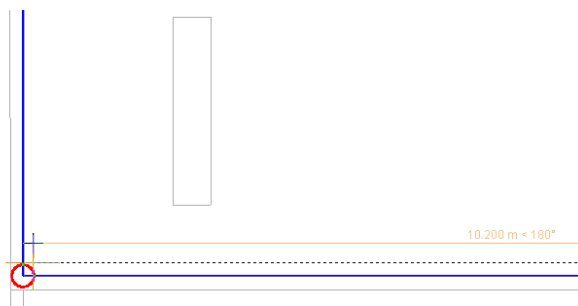


Fig. 3.144

- Repita o mesmo procedimento, mas para a zona oposta, como mostra a imagem seguinte.

Colocam-se os ramais que fazem a ligação caleira - tubo de queda.

- Prima **Tubagens > Nova**.

- Prima em **Ramal**, escolha o material, inclinação e percentagem de secção cheia, de acordo com a figura seguinte.

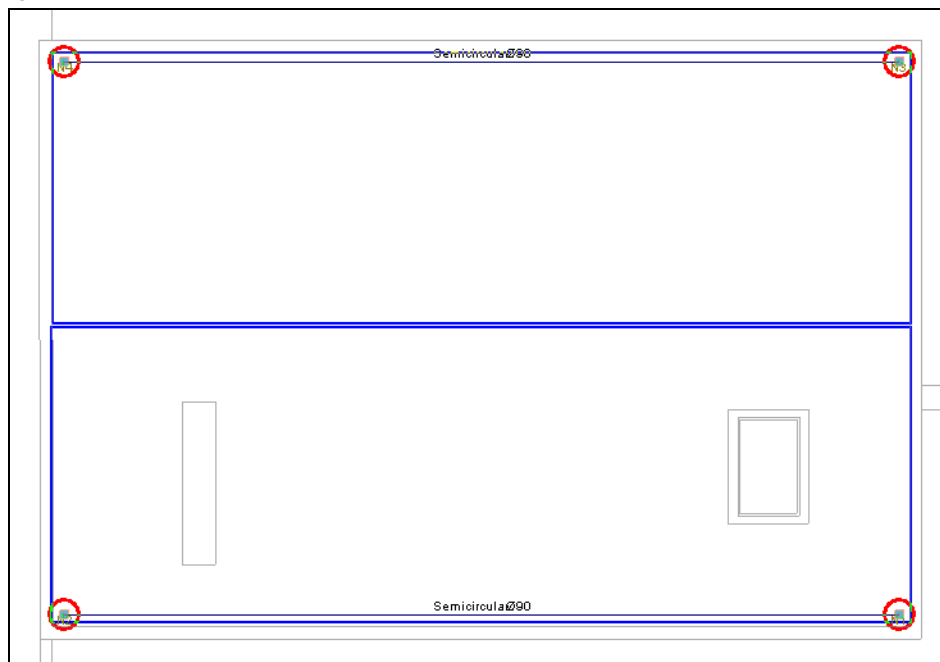


Fig. 3.145



Fig. 3.146

- Prima de acordo com a figura seguinte.

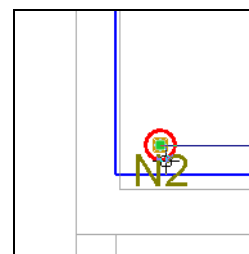



Fig. 3.147

- Arraste o ramal para baixo e prima para o definir.  
Para terminar prima no botão .

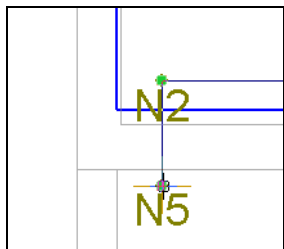


Fig. 3.148

- Repita o mesmo procedimento, mas para a zona oposta, como mostra a figura seguinte.

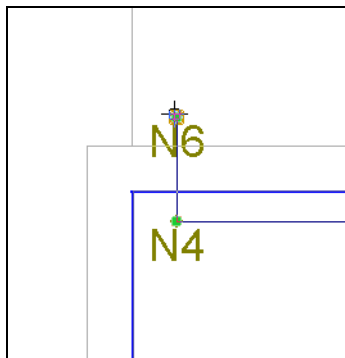


Fig. 3.149

### 3.3.2.7.3. Tubos de queda

Introduzem-se os tubos de queda que vão descarregar o caudal sobre o Recuado.

- Prima **Tubos de queda > Novo**.
- Coloque os dados de acordo com a figura seguinte. Assim, o grupo inicial será **Recuado** e o grupo final **Cobertura**.



Fig. 3.150

- Prima sobre o nó N5 e N6 como está indicado nas figuras seguintes respectivamente.

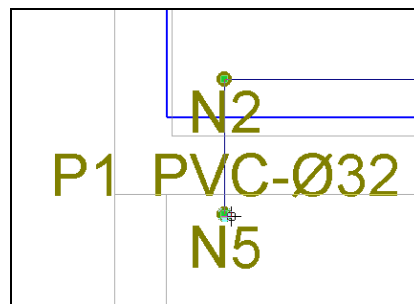


Fig. 3.151

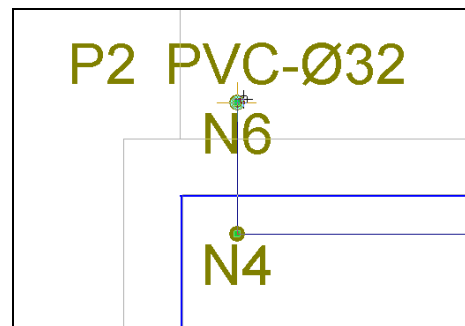


Fig. 3.152

### 3.3.2.7.4. Nós

De seguida, indica-se para onde as áreas vão descarregar.

- Prima em **Nós > Novo**. Selecciona **Descarga por área**.

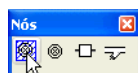


Fig. 3.153

- Prima **Aceitar**.
- Prima sobre os nós N1 e N3, de acordo com as figuras seguintes.

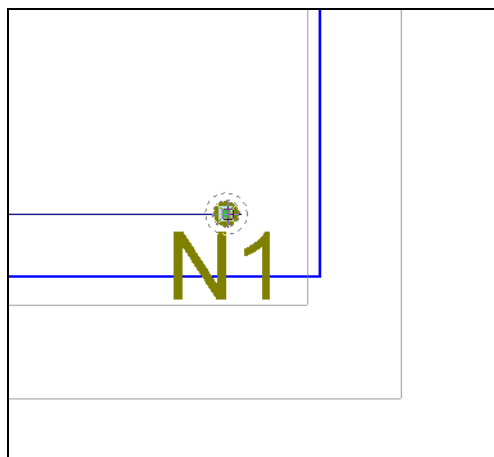


Fig. 3.154

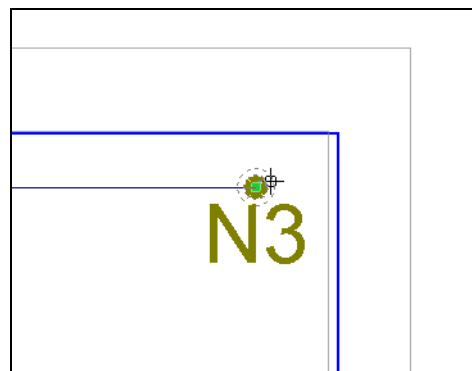



Fig. 3.155

Como nota importante, salienta-se que quando se define uma descarga por área num nó, esse mesmo nó tem de estar colocado no interior dessa mesma área, de forma que o programa identifique tal área.

### 3.3.2.8. Introdução da rede no Recuado

Prima em , para descer de grupo e colocar-se no grupo Recuado.

#### 3.3.2.8.1. Áreas

Introduzem-se as áreas.

- Prima **Áreas > Nova**.
- Crie as áreas de acordo com as figuras seguintes.

A próxima figura, serve para auxiliar na localização das restantes imagens na planta do edifício.

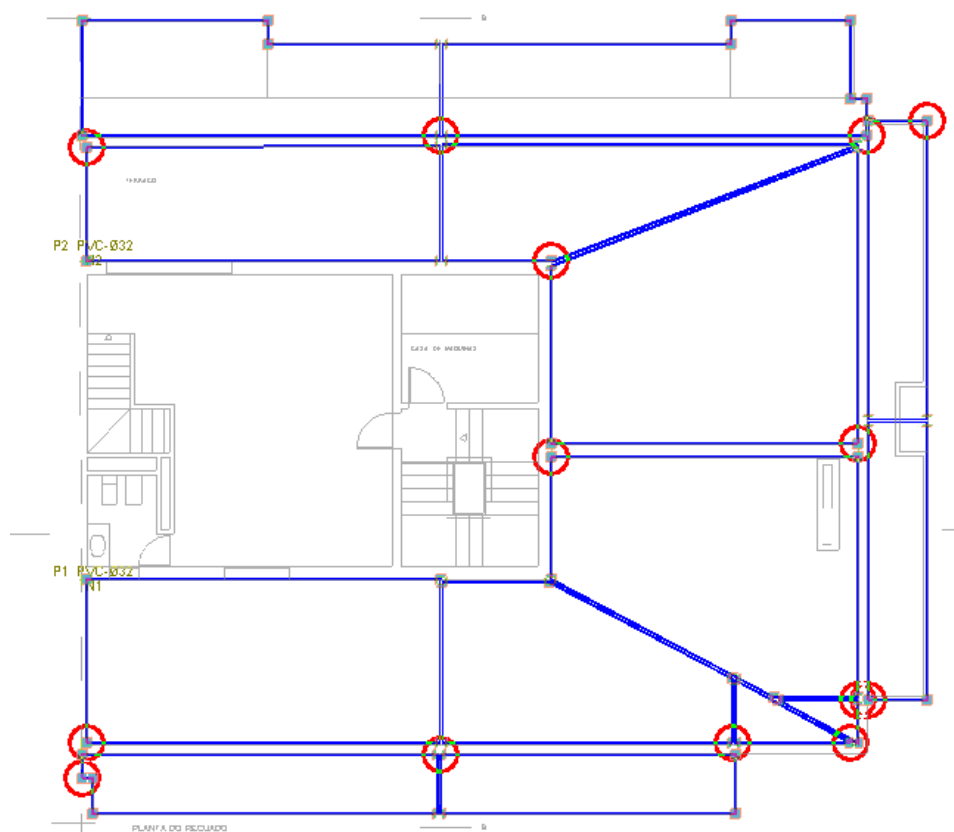


Fig. 3.156

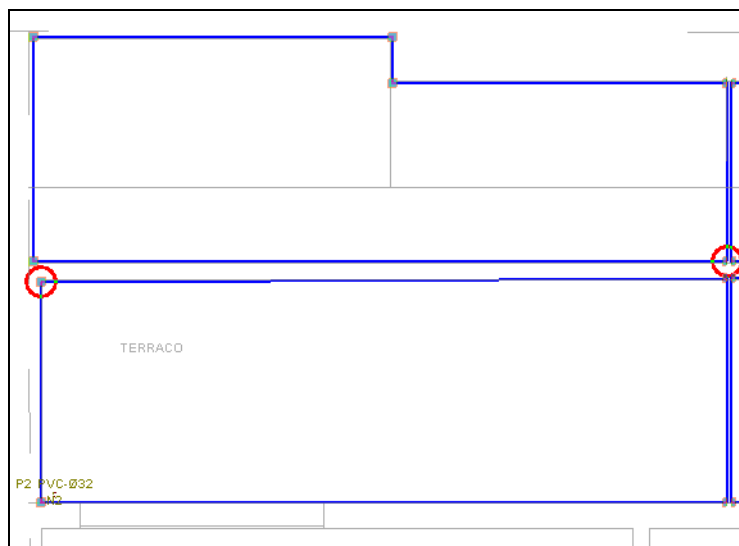


Fig. 3.157

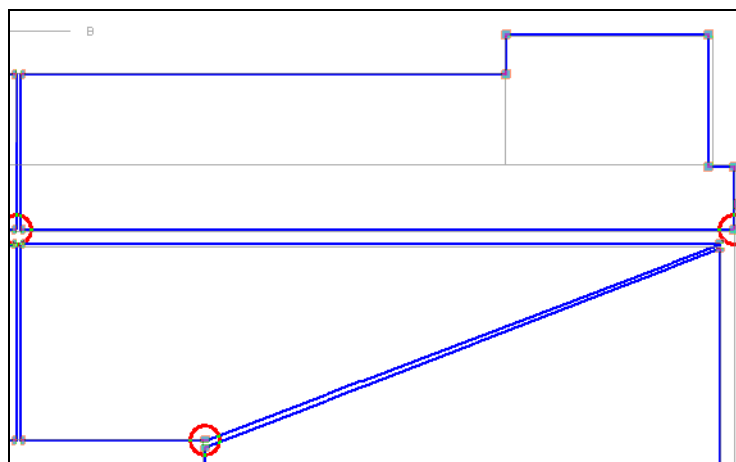


Fig. 3.158

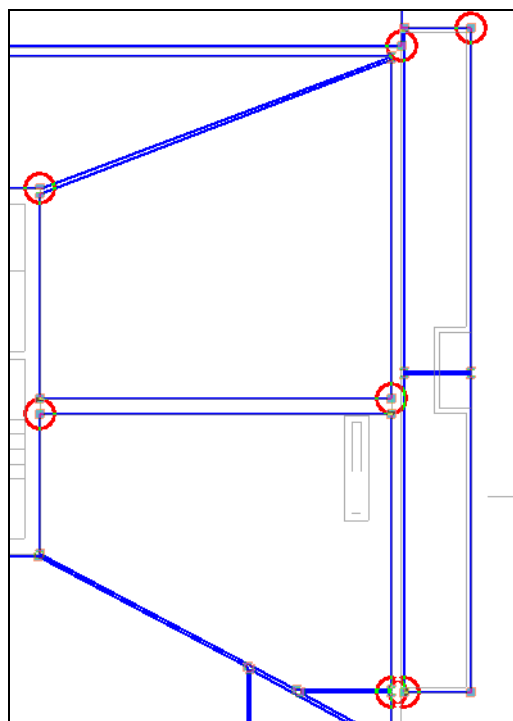


Fig. 3.159

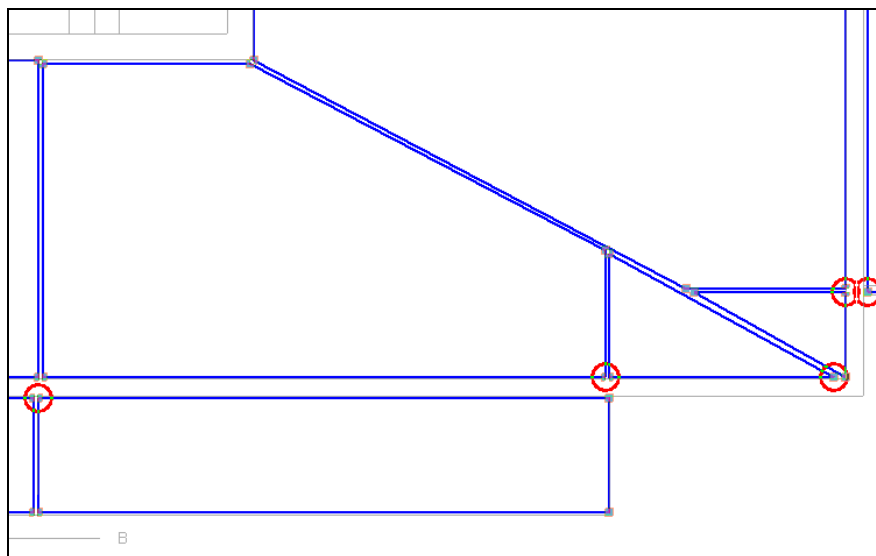


Fig. 3.160

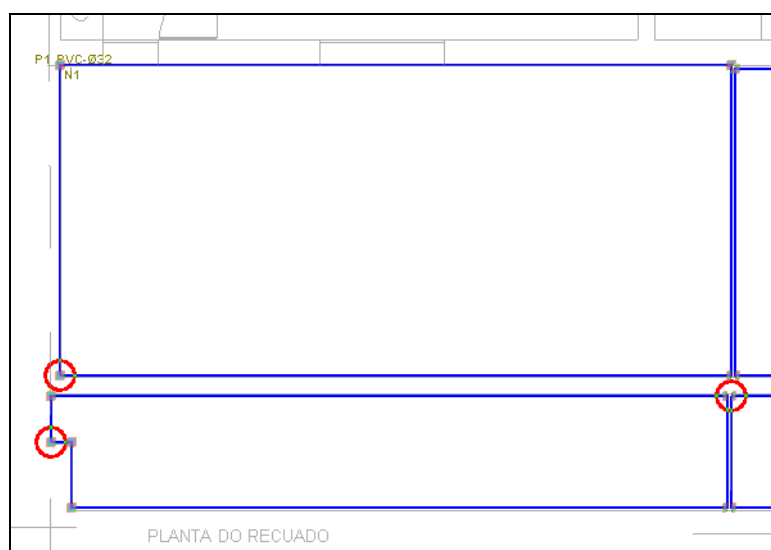


Fig. 3.161

### 3.3.2.8.2. Caleiras

De seguida introduzem-se as caleiras semicirculares.

- Prima **Tubagens > Nova**.



Fig. 3.162

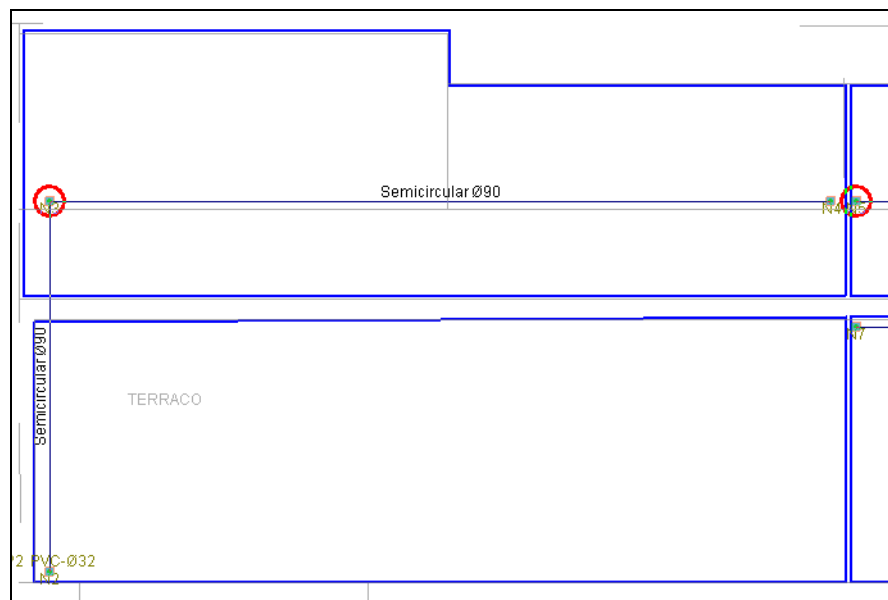


Fig. 3.163

- Prima em **Caleira semicircular**, escolha o material, inclinação e percentagem de secção cheia.
- Colocam-se as caleiras de acordo com as figuras seguintes.

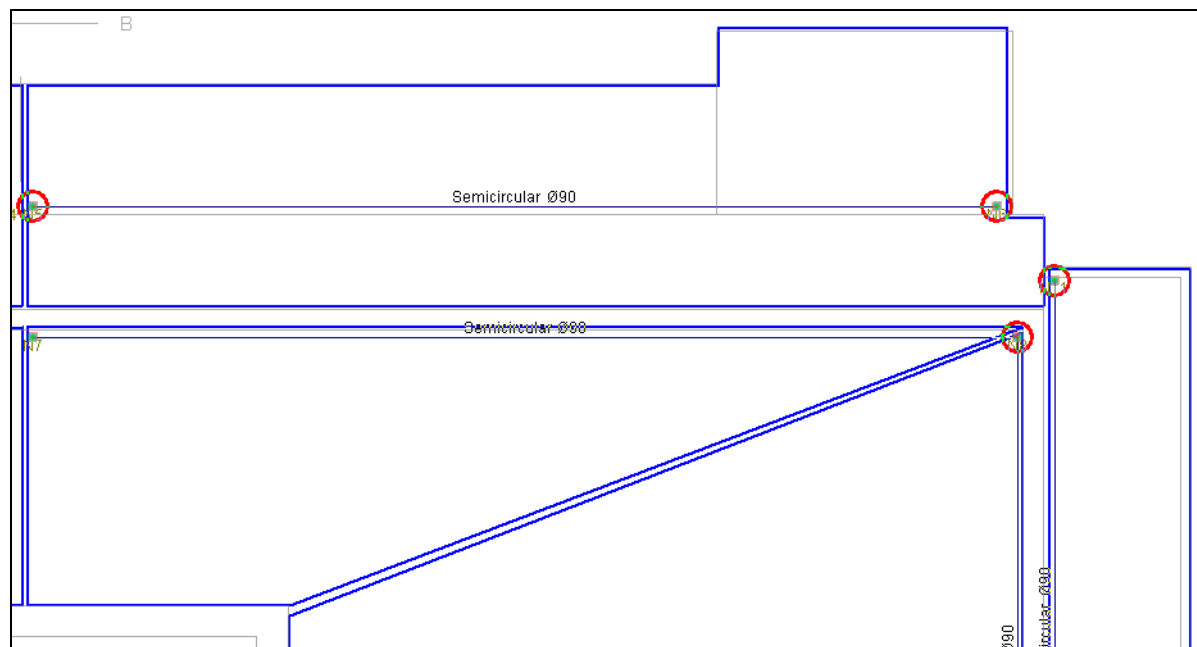


Fig. 3.164

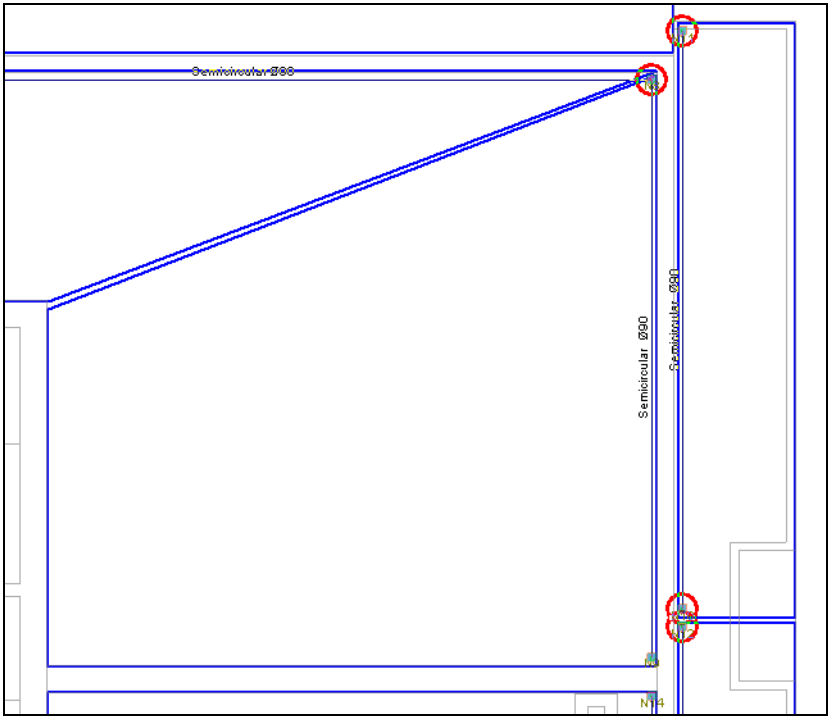


Fig. 3.165

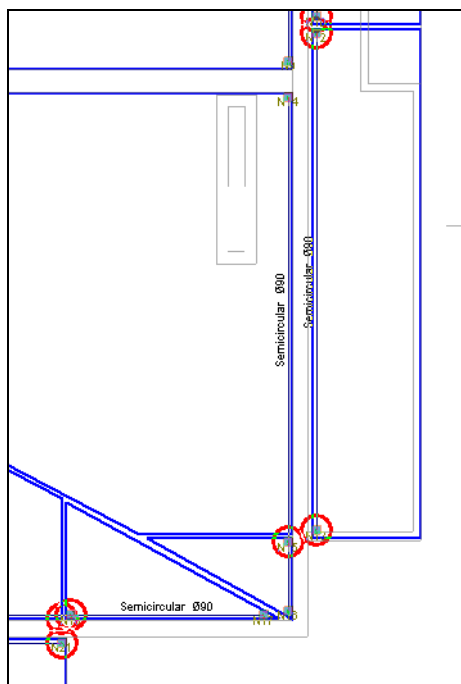


Fig. 3.166

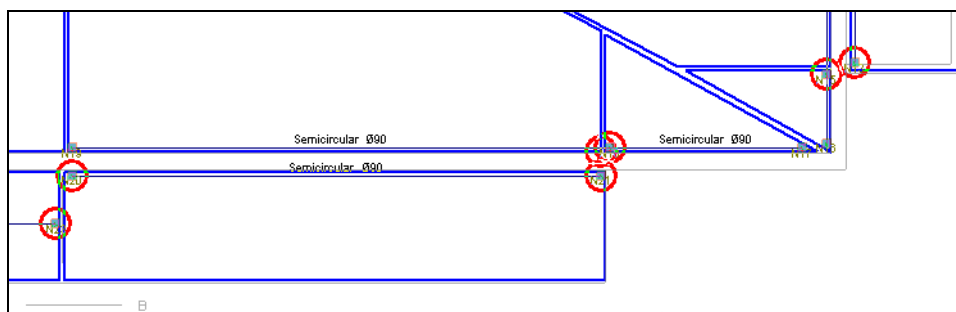


Fig. 3.167

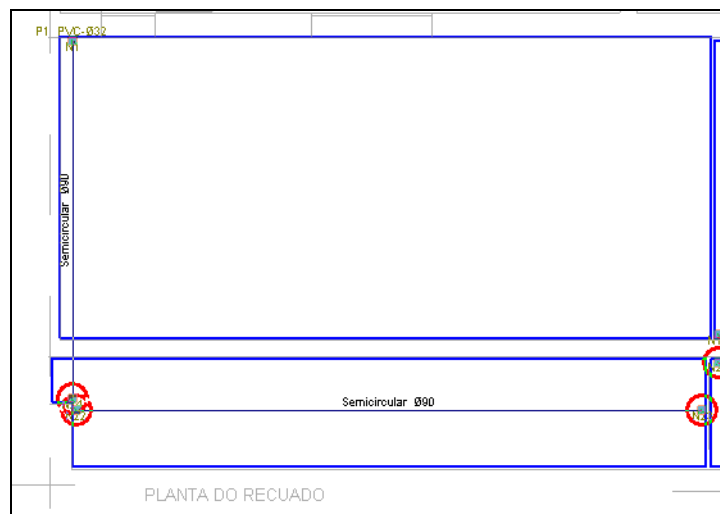


Fig. 3.168

### 3.3.2.8.3. Tubos de queda

De seguida, introduz-se os tubos de queda que vão desde o rés do chão ao recuado.

- Prima sobre **Tubos de queda > Novo**.

- Coloque os seguintes dados, o grupo inicial será Rés do chão, e o grupo final Recuado. Mantenha o material como PVC e a entrada por aresta viva.
- Prima para introduzir os tubos de queda nos locais indicados nas figuras seguintes.

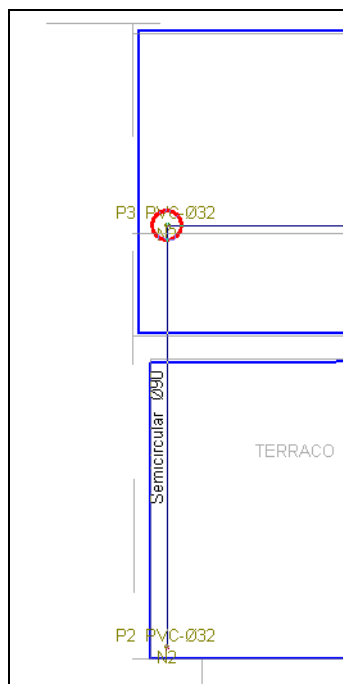


Fig. 3.169

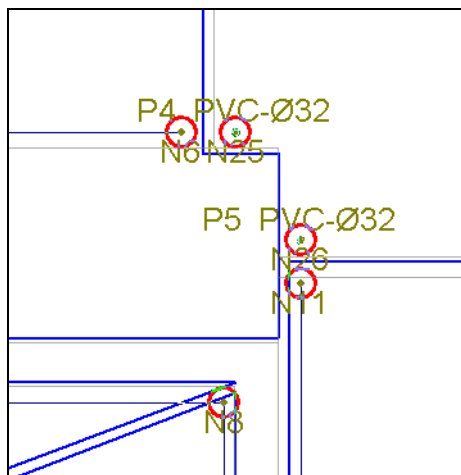


Fig. 3.170

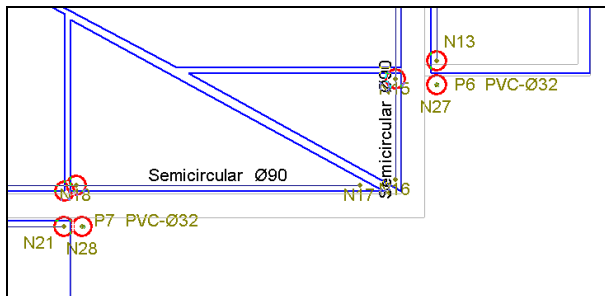



Fig. 3.171

Para se colocar o último tubo de queda, o TQ8, deve colocar-se na planta **Rés do chão**, para de seguida ir à planta do **1º Andar** e deslocá-lo, isto porque existe um avançado nesse alçado. Assim, o tubo de queda vai contornar tal avançado.

- Prima em , seleccione **Rés do chão** e prima **Aceitar**.
- Coloque o tubo de queda TQ8, de acordo com a figura seguinte.

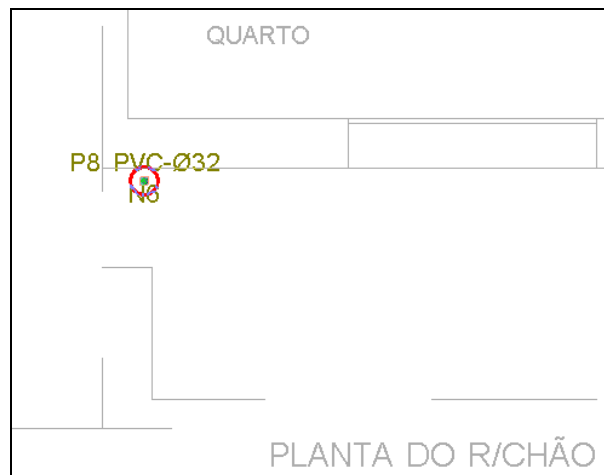



Fig. 3.172

Para se proceder ao deslocamento do tubo de queda, para que se possa contornar o avançado do edifício.

- Prima em , para se situar na planta do 1º Andar.
- Prima em **Tubos de queda > Deslocar**.
- Prima sobre o TQ8, arraste o tubo de acordo com a figura seguinte e volte a clicar para finalizar.

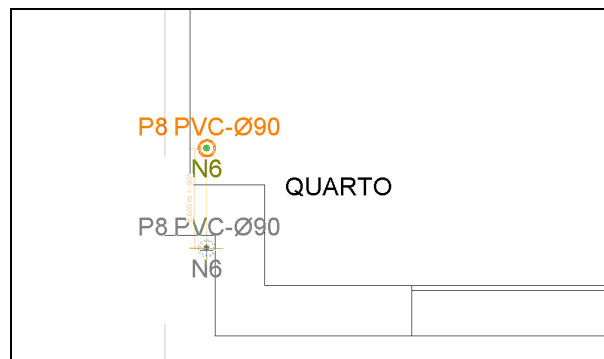


Fig. 3.173

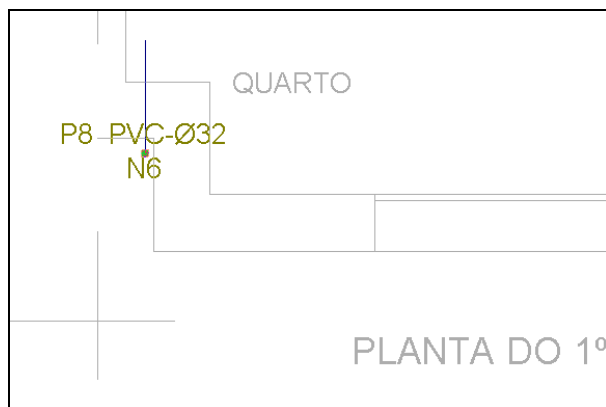


Fig. 3.174

Para se indicar um ângulo de deslocamento do tubo de queda relativamente à horizontal.


- Prima em **Tubos de queda > Ângulo deslocamento**.
- Prima sobre o TQ8 e coloque um ângulo de 45 graus.



Fig. 3.175

### 3.3.2.8.4. Ramais

Vão-se introduzir os ramais que fazem a ligação caieira - tubo de queda.

- Prima em , para se situar na planta do Recuado.
- Prima **Tubagens > Nova**.

Prima em Ramal, escolha o material, inclinação e percentagem de secção cheia, de acordo com a figura seguinte.

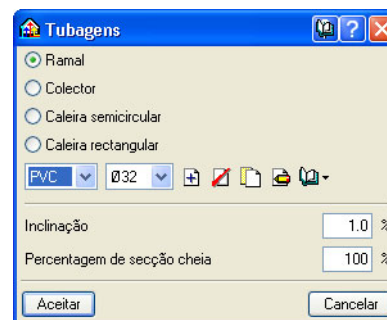



Fig. 3.176

- Prima sobre um nó, arraste até ao tubo de queda correspondente e para finalizar prima com o botão .
- Coloque os ramais de acordo com as figuras seguintes.

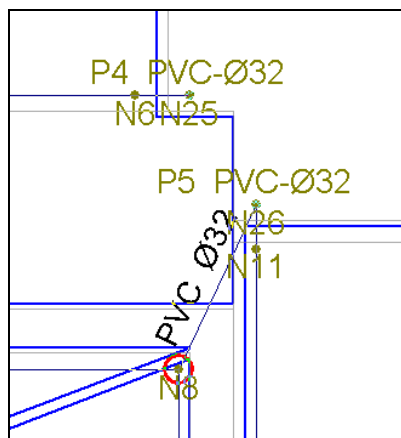


Fig. 3.177

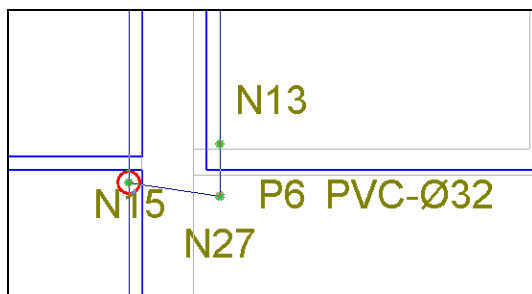


Fig. 3.178

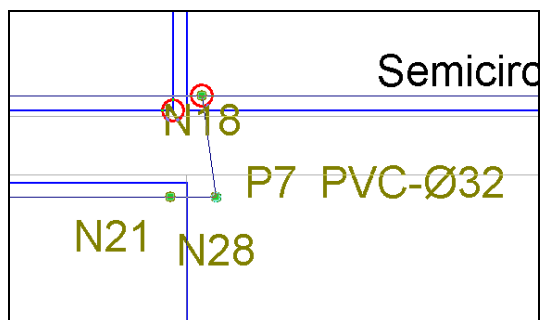


Fig. 3.179

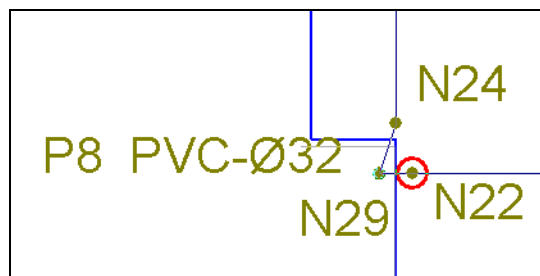


Fig. 3.180

### 3.3.2.8.5. Nós

Indica-se ao programa para onde a área definida vai descarregar.

- Prima em **Nós > Novo**. Selecciona **Descarga por área**.



Fig. 3.181

- Prima **Aceitar**.
- Prima sobre os nós indicados nas próximas figuras.

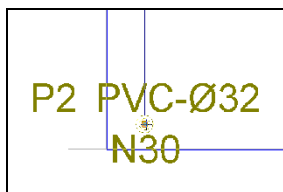


Fig. 3.182



Fig. 3.183

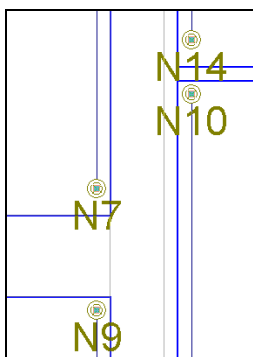


Fig. 3.184

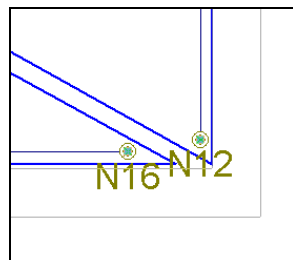


Fig. 3.185

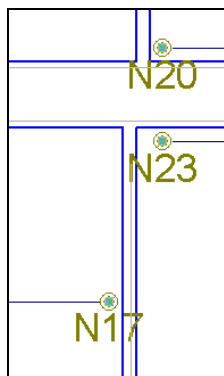


Fig. 3.186

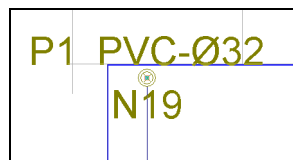



Fig. 3.187

Como nota importante, salienta-se que quando se define uma descarga por área num nó, esse mesmo nó tem de estar colocado no interior dessa mesma área, de forma que o programa a identifique.

### 3.3.2.9. Introdução da rede no Rés do Chão

Prima em , seleccione **Rés do chão** e prima em **Aceitar**.

#### 3.3.2.9.1. Tubagens

Introduzem-se os colectores.

- Prima **Tubagens > Nova**.
- Prima em Colector, escolha o material, inclinação e percentagem de secção cheia, de acordo com a figura seguinte.

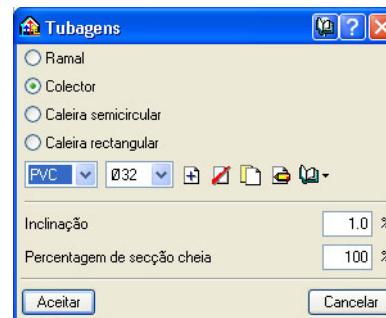



Fig. 3.188

- Introduza os colectores de acordo com as figuras seguintes.
- Prima sobre um nó ou outro ponto qualquer, arraste o colector, prima para mudar de direcção e para finalizar prima com o botão .

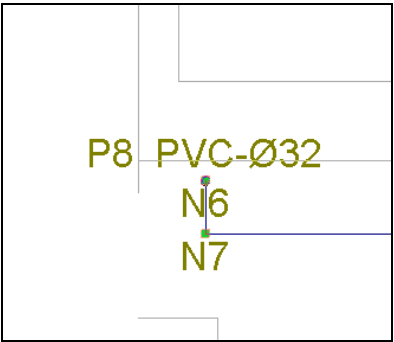


Fig. 3.189

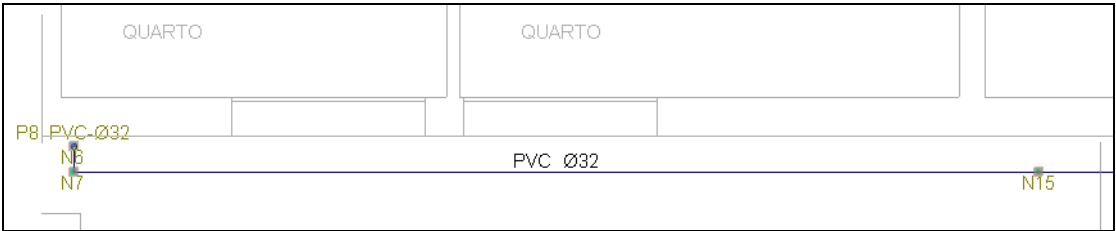


Fig. 3.190

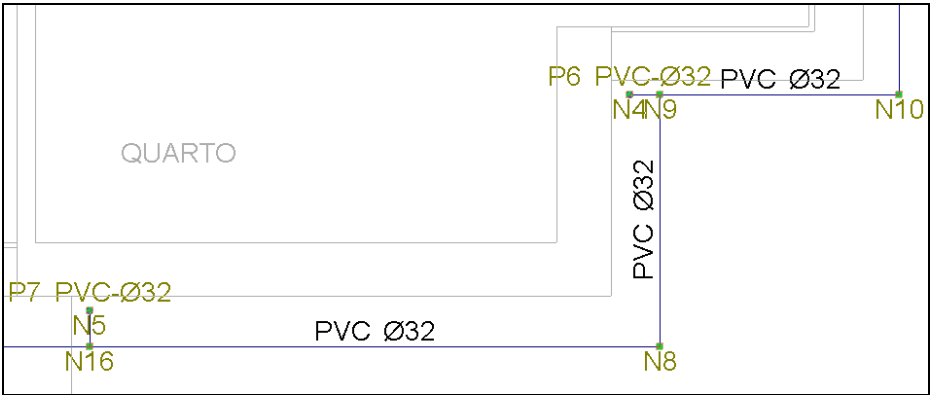


Fig. 3.191

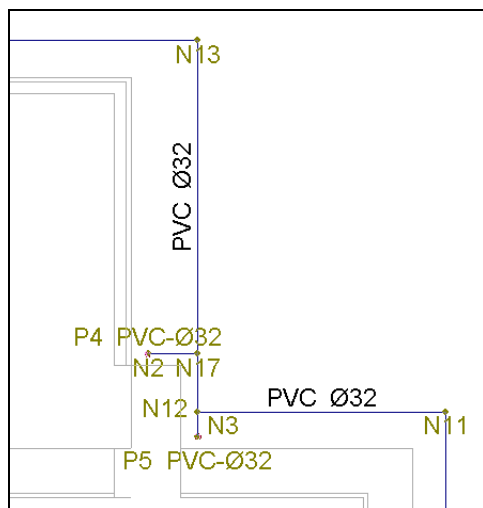


Fig. 3.192

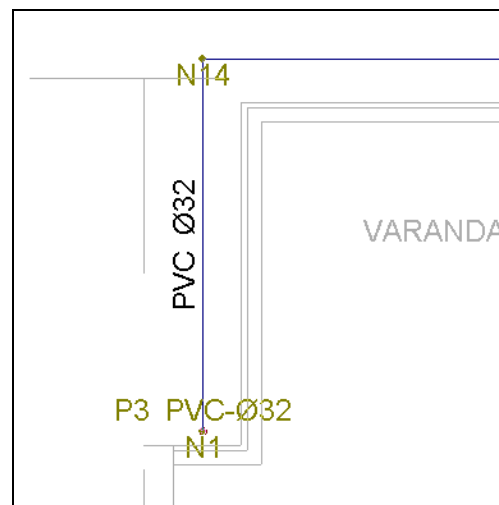


Fig. 3.193

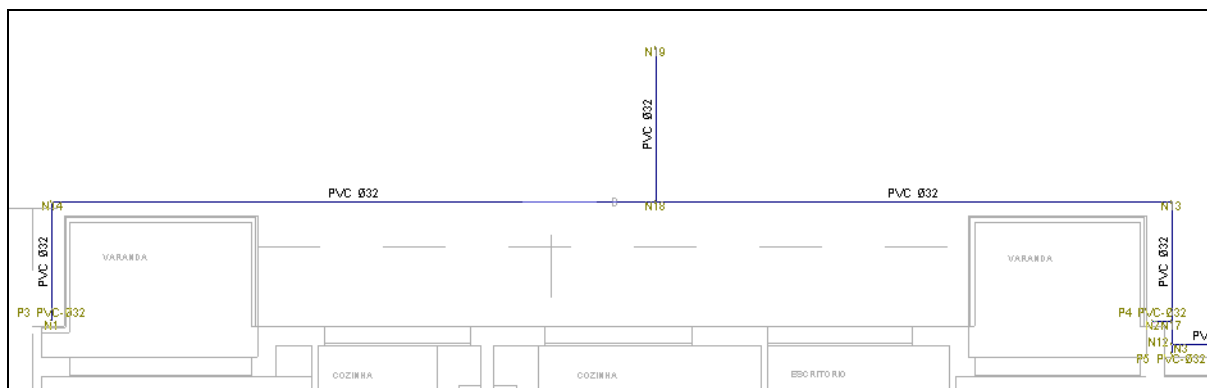


Fig. 3.194

Para finalizar colocam-se os símbolos para identificar a presença de caixas de visita.

- Prima em **Nós > Novo** e prima em  no menu flutuante.

- Prima sobre os nós indicados nas figuras seguintes.

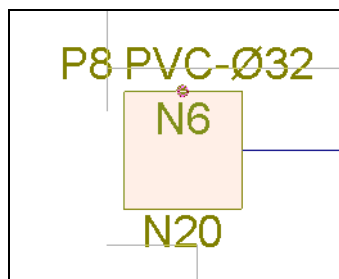


Fig. 3.195

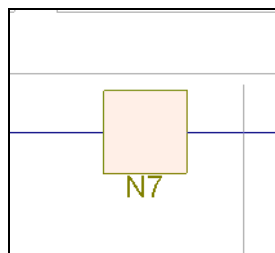


Fig. 3.196

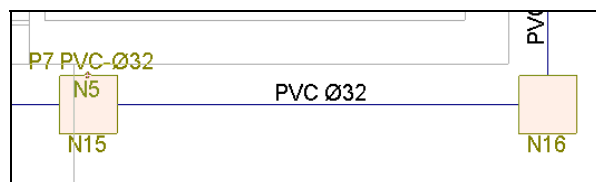


Fig. 3.197

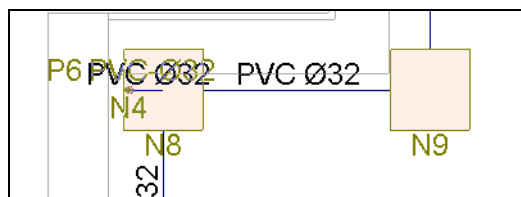


Fig. 3.198

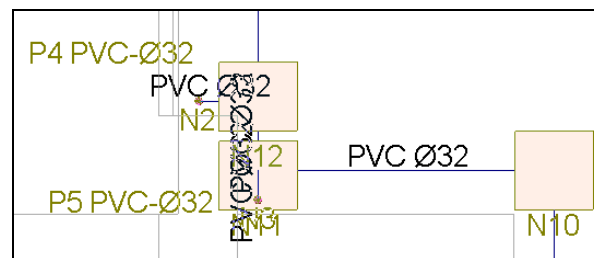


Fig. 3.199

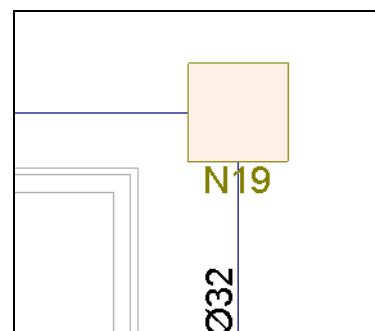


Fig. 3.200

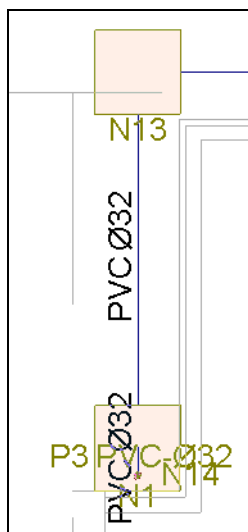


Fig. 3.201

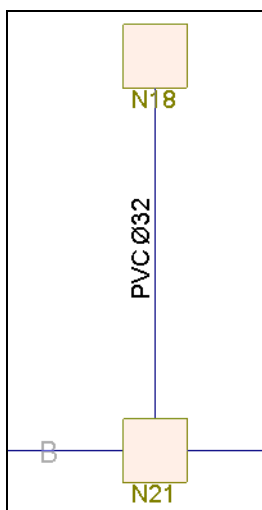


Fig. 3.202

Ficam deste modo atribuídos a estes nós as caixas de visita.

### 3.3.2.10. Visualização 3D

Pode-se visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente, surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar as máscaras dxf's como fundo em cada plano.

Pode imprimir esta imagem para impressora ou ficheiro (extensão JPEG, BMP, DXF ou DWG).

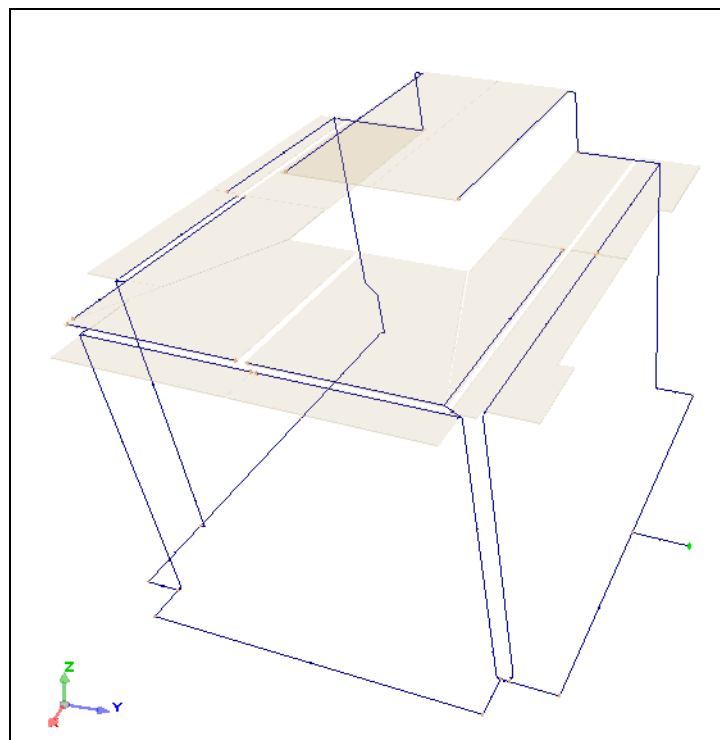


Fig. 3.203

### 3.3.3. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\pluviais.

- Em qualquer dos casos prima **Cálculo > Dimensionar**.

- Se durante o cálculo surgir a mensagem *“Foram detectados erros nos dados introduzidos.”* significa que existe mais que um nó que pode ser de descarga final, o que impede a realização do cálculo.

### 3.3.4. Resultados

#### 3.3.4.1. Tubagens, Tubo de queda e Nós.

Após o cálculo, para verificar os resultados prima em **Cálculo > Resultados e verificar**.

Coloque o cursor sobre uma tubagem (ramal, caleira ou colector), tubo de queda ou nó, e imediatamente surge informação acerca dos resultados de cálculo.

Como se mostra nas seguintes figuras.

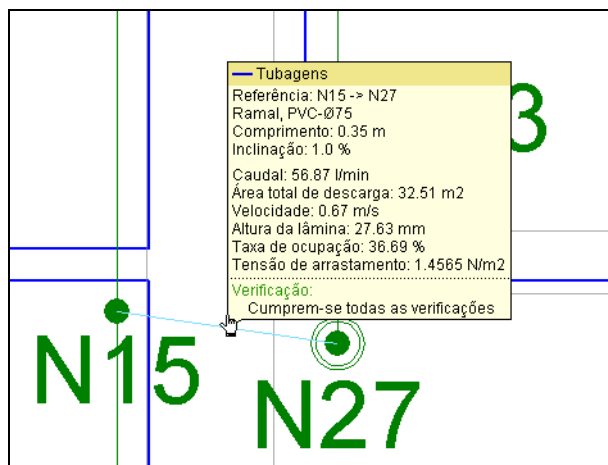


Fig. 3.204

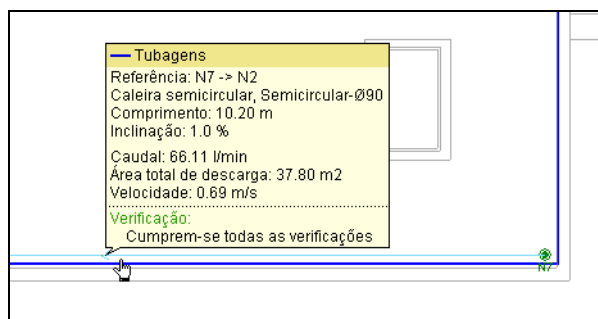


Fig. 3.205

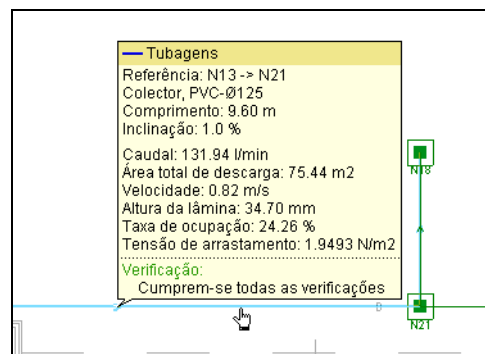


Fig. 3.206

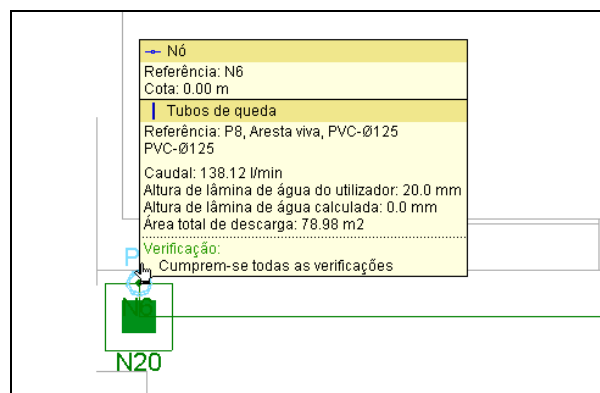


Fig. 3.207

### 3.3.4.2. Alterar resultados

Pode-se editar uma ou várias tubagens e alterar o seu diâmetro, posteriormente se clicar em **Cálculo > Resultados e verificar**. Após o cálculo, coloque o cursor sobre a tubagem e de imediato o programa mostrará se cumprem ou não todas as verificações de cálculo, mantendo o diâmetro imposto pelo utilizador.

### **3.3.5. Listagens e Desenhos**

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está amplamente exposta nos pontos **Listagens e Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.

### 3.4. Gás

#### 3.4.1. Introdução

Descreve-se a seguir um exemplo prático de iniciação em instalações de gás para o utilizador, cujo objectivo é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.

O ficheiro deste exemplo prático está incluído no programa.

Para qualquer consulta poderá aceder ao mesmo:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Prima em **Abrir**.

#### 3.4.2. Rede de Gás

##### 3.4.2.1. Criação da Obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

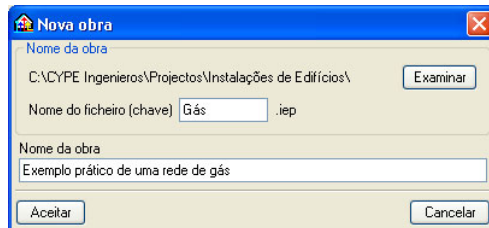


Fig. 3.208

- Prima **Aceitar**.
- Na janela que surge de Plantas/Grupos prima **Aceitar**.

Prima em **Gás**, para escolher o tipo de instalação a introduzir.



Fig. 3.209

##### 3.4.2.2. Descrição do edifício

No menu **Obra > Descrição do edifício**, seleccione

**Edifício multifamiliar** 

Neste edifício, possuímos três tipos de habitação: **uma fracção T2 com duas casas de banho; três fracções T3 com duas casas de banho; quatro fracções T3 com duas casas de banho mais uma de serviço.**

- Seleccione os dados de acordo com as imagens seguintes.

Fig. 3.210

Fig. 3.212


Fig. 3.211

### 3.4.2.3. Local

No menu **Obra > Local**, seleccione o Distrito e o respectivo Município. Neste caso, seleccione o Distrito e Município de **Braga**. Prima **Aceitar** para terminar.

### 3.4.2.4. Plantas/Grupos

Indica-se a seguir a sequência para a definição de plantas e grupos.

- Prima a opção **Obra > Plantas/Grupos**.
- Prima no ícone  **Novo grupo de pisos acima da rasante** para acrescentar uma nova planta.
- Coloque o respectivo nome de cada planta, o aspecto final será o da figura seguinte.

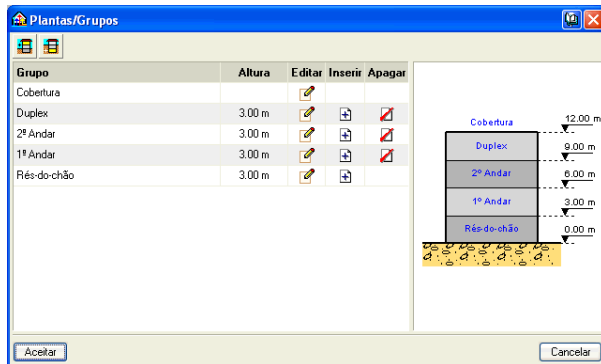



Fig. 3.213

### 3.4.2.5. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Primas sobre o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

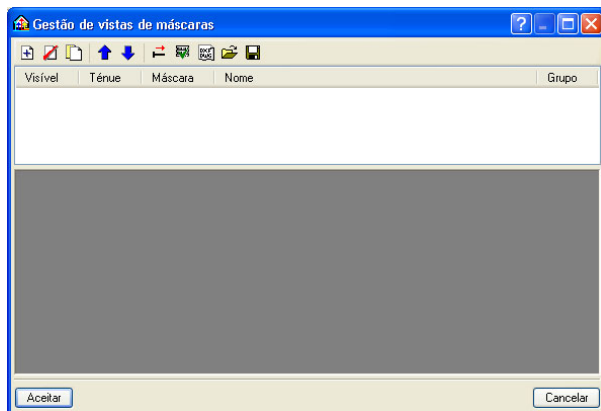


Fig. 3.214

- Prima o ícone  **Adicionar**

- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, procure os ficheiros rchão.dxf, 1\_2 andar.dxf e duplex.dxf em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\, seleccione-os e prima **Abrir**.

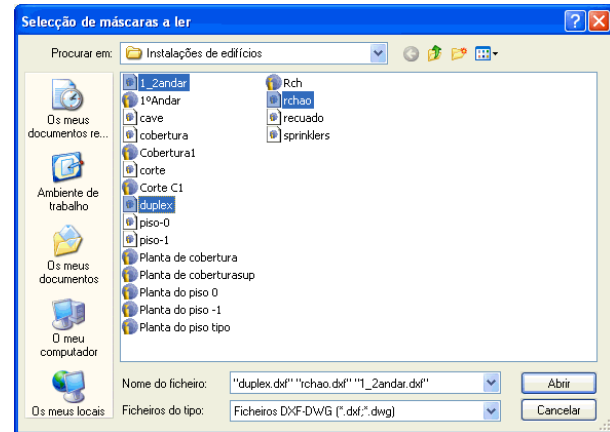


Fig. 3.215

- Prima **Aceitar**.

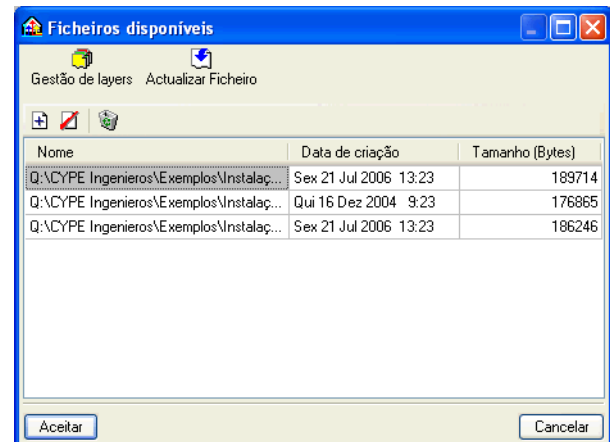


Fig. 3.216

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, prima em  **Planos dos grupos**.

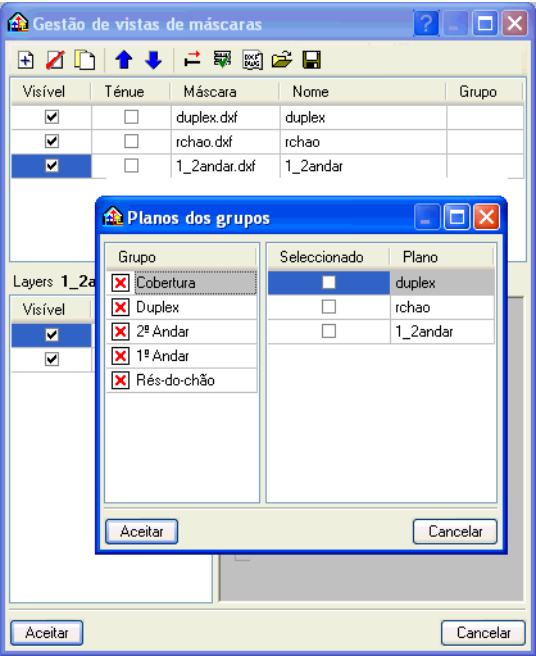


Fig. 3.217

Selecione de acordo com o grupo, o DXF correspondente, não se vai utilizar máscara dxf para a cobertura pois não é necessário.



Fig. 3.218

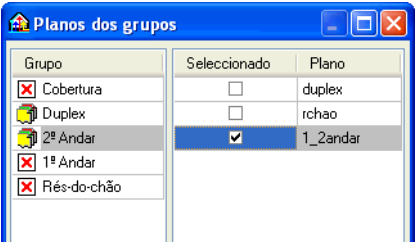


Fig. 3.219

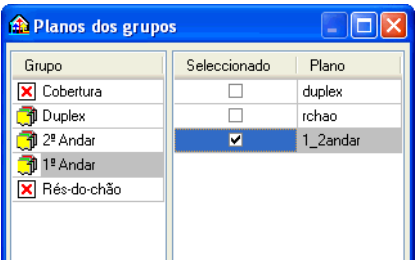


Fig. 3.220



Fig. 3.221

Por fim, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

### 3.4.2.6. Introdução da rede no Rés do Chão

Encontra-se situado ao nível do **Rés do chão**.

#### 3.4.2.6.1. Ramais

Introduzem-se os ramais.

- Prima **Ramais > Novo**.
- Prima na parte exterior do edifício, como indica a figura seguinte, para começar a introduzir a tubagem partindo do início da rede.

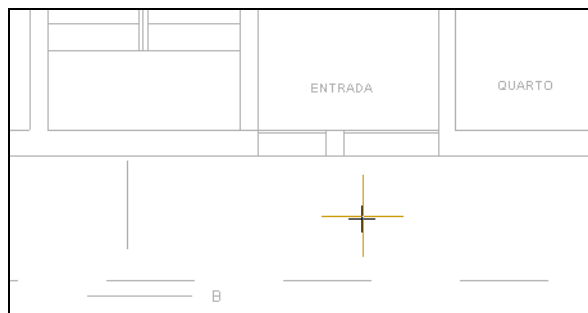



Fig. 3.222

- Com a ajuda do comando ortogonal , introduz-se as tubagens de forma ortogonal.

Faz-se o desenho da rede de acordo com as figuras seguintes.

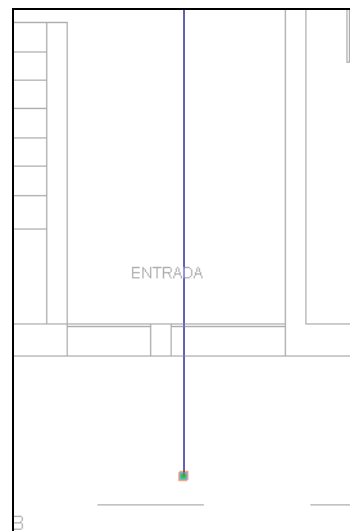


Fig. 3.223

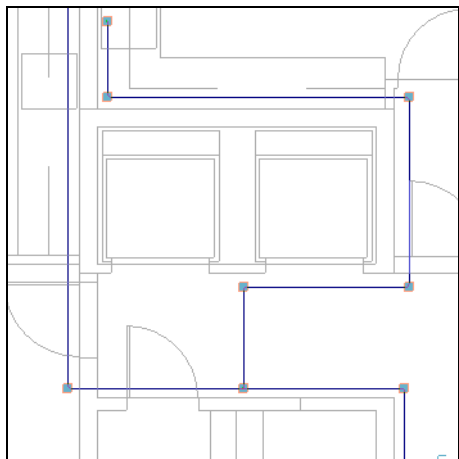


Fig. 3.224

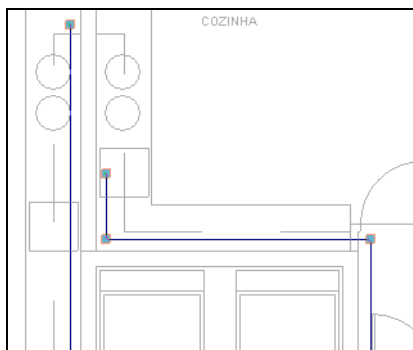


Fig. 3.225

#### 3.4.2.6.2. Colunas montantes

Introduz-se a coluna montante.

- Prima **Colunas > Nova**.
- Prima sobre a tubagem indicada na figura seguinte para introduzir a coluna.

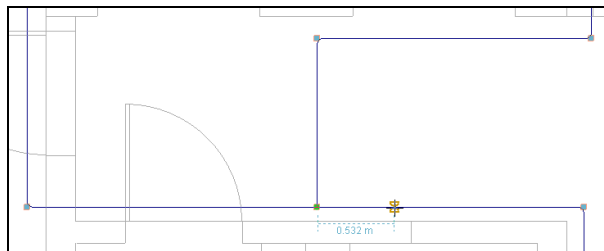


Fig. 3.226

A rede ficará com o aspecto da figura seguinte.

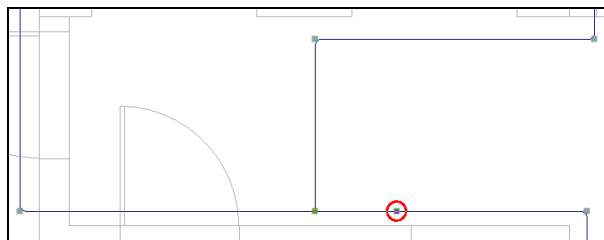



Fig. 3.227

#### 3.4.2.6.3. Equipamentos

Procede-se à introdução dos equipamentos necessários.

- Prima em **Equipamentos > Novo**, surge um menu flutuante.

Indica-se o tipo de ligação à rede.

- Prima sobre o ícone  **Ligação à rede geral** e defina a orientação de acordo com esta direcção



- Prima sobre o nó de entrada da rede.

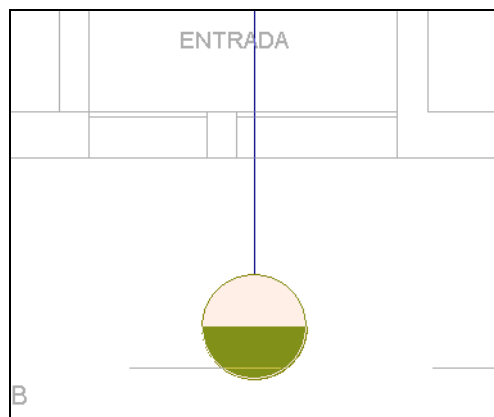




Fig. 3.228

Introduz-se agora a **Caixa de corte geral**, com o objectivo de reduzir a pressão na rede para média pressão, na situação de edifícios multifamiliares. No caso de habitações unifamiliares, esta caixa de corte geral reduz a pressão na rede para baixa pressão.

- Prima no ícone  **Caixa de corte geral**, mantenha a mesma orientação  e introduza de acordo com a figura seguinte.

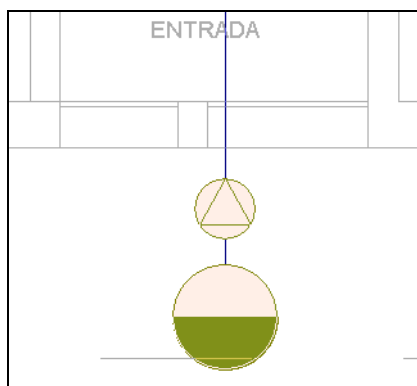




Fig. 3.229

Introduz-se a centralização de contadores, que é composta pela válvula de seccionamento, o redutor e o contador. Tem o objectivo de reduzir a pressão na rede para baixa pressão.

- Prima no ícone  **Centralização de contadores**, coloque a seguinte orientação  e introduza de acordo com a figura seguinte.

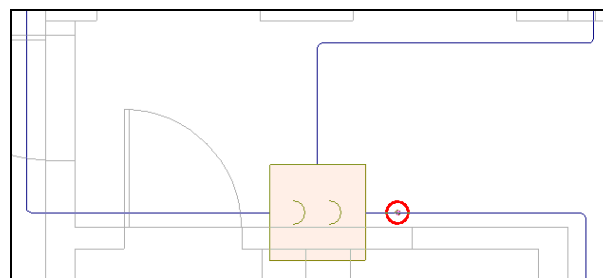




Fig. 3.230

Procede-se à introdução da indicação do **Início da instalação receptora**, ou seja, é a forma de indicar ao programa a entrada e o tipo de habitação.

- Prima no ícone  **Início da instalação receptora**, mantenha a mesma orientação  e introduza de acordo com a figura seguinte.

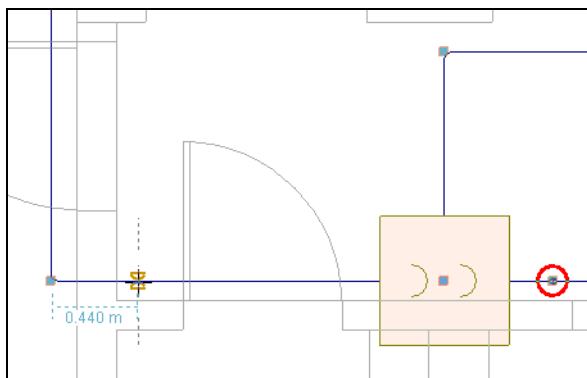


Fig. 3.231

Surge uma janela para se indicar o nome da habitação e o tipo.

- Preencha de acordo com a figura seguinte.

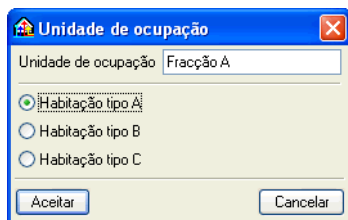



Fig. 3.232

- Prima **Aceitar**.
- Altere a orientação para  e prima de acordo com a imagem seguinte.

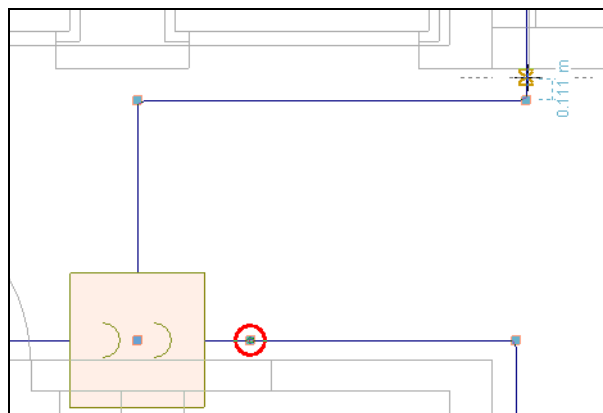


Fig. 3.233

- Preencha de acordo com a figura seguinte.

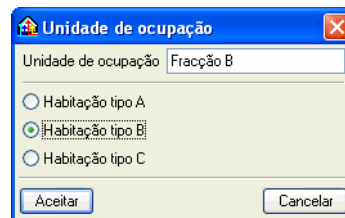



Fig. 3.234

- Prima **Aceitar**.
- Prima no botão  para terminar.

Por último procede-se à introdução das potências.

- Começando pela colocação do **Fogão com forno**, prima no ícone , defina a orientação em função da posição do aparelho, a rede ficará com o aspecto da seguinte figura.

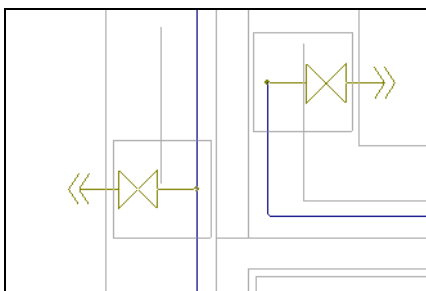



Fig. 3.235

- Passa-se à introdução da **Caldeira mista** (aquecimento e A.Q.S.), prima no ícone , defina a orientação em função da posição do aparelho, a rede ficará com o aspecto da seguinte figura.

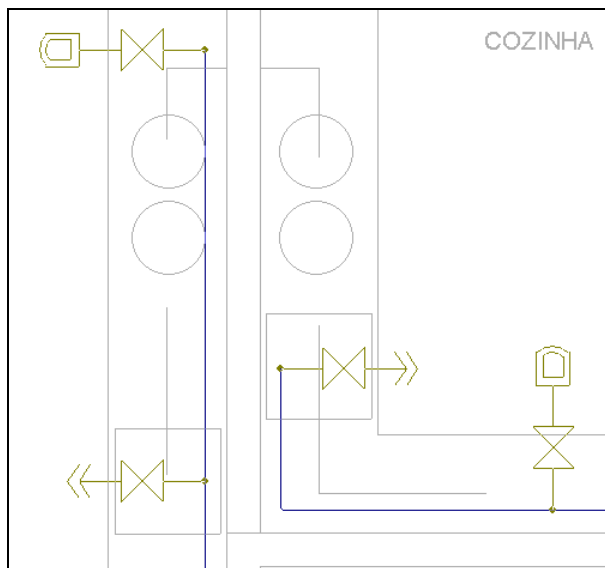



Fig. 3.236

### 3.4.2.7. Introdução da rede no 1º Andar

Prima no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo 1º Andar.

#### 3.4.2.7.1. Obra

Visto a rede deste piso ser quase idêntica, copia-se a rede do rés do chão, e por fim elimina-se o que não interessa.

- Prima em **Obra > Copiar grupo**, seleccione **Rés do chão** e prima **Aceitar**.

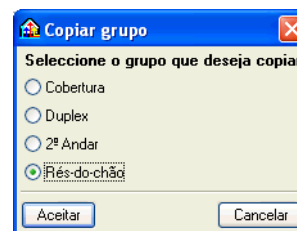


Fig. 3.237

- Prima em **Edição > Eliminar**, seleccione todas as opções e prima em **Aceitar**.
- Selecione todos os elementos de acordo com a figura seguinte.

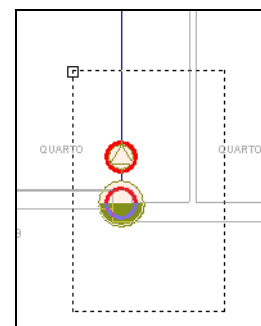




Fig. 3.238

- Prima o botão  para terminar a selecção.
- Depois prima com o botão  para eliminar.
- Falta agora editar o tipo de habitação, prima em **Equipamento > Editar**.
- Prima na instalação referente à habitação da esquerda, como indica a figura seguinte.

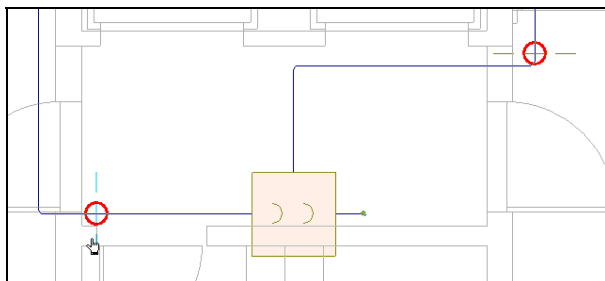


Fig. 3.239

- Preencha os dados de acordo com a figura seguinte.

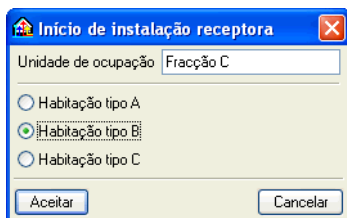




Fig. 3.240

- Para a outra habitação, prima **Equipamento > Eliminar** e elimine a instalação receptora, isto devido ela estar no interior da habitação.
- Para eliminar o nó que fica proveniente da eliminação da instalação receptora, prima em **Ramais > Unir**, prima nas duas tubagens cujo nó as separa.

- Para introduzir novamente a instalação receptora, prima em **Equipamento > Novo** e prima no ícone  **Início da instalação receptora**, coloque a seguinte orientação  e introduza de acordo com a figura seguinte.

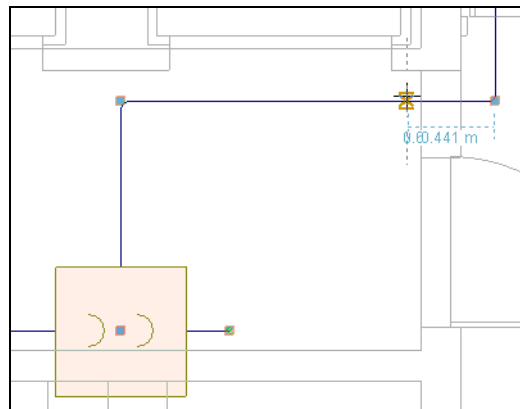


Fig. 3.241

- Preencha os dados de acordo com a figura seguinte.

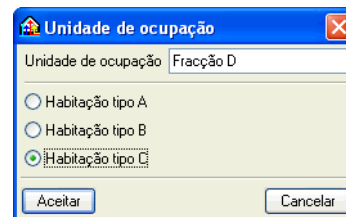



Fig. 3.242

### 3.4.2.8. Introdução da rede no 2º Andar

Prima no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo 2º Andar.

### 3.4.2.8.1. Obra

Visto a rede deste piso ser idêntica, copia-se a rede do 1º Andar.

- Prima em **Obra > Copiar grupo**, seleccione **1º Andar** e prima **Aceitar**.

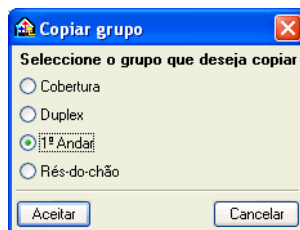


Fig. 3.243

- Procede-se à edição das instalações receptoras, prima **Equipamento > Editar**, prima sobre a instalação da habitação situada à esquerda da centralização de contadores.
- Preencha de acordo com a figura seguinte.

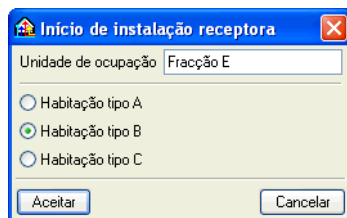


Fig. 3.244

- Prima agora na instalação receptora da habitação situada à direita da centralização de contadores.
- Preencha de acordo com a figura seguinte.

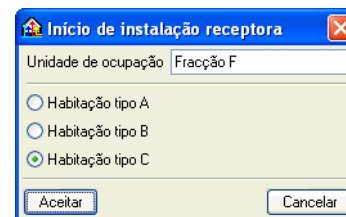



Fig. 3.245

### 3.4.2.9. Introdução da rede no Duplex

Prima no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo **Duplex**.

#### 3.4.2.9.1. Obra

Visto a rede deste piso ser idêntica ao piso do 2º Andar, copia-se a rede do grupo 2º Andar.

- Prima em **Obra > Copiar grupo**, seleccione **2º Andar** e prima **Aceitar**.
- Procede-se à edição das instalações receptoras, prima **Equipamento > Editar**, prima sobre a instalação da habitação situada à esquerda da centralização de contadores.
- Preencha de acordo com a figura seguinte.

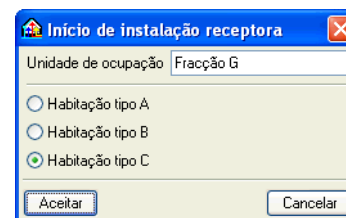


Fig. 3.246

- Prima agora na instalação receptora da habitação situada à direita da centralização de contadores.
- Preencha de acordo com a figura seguinte.

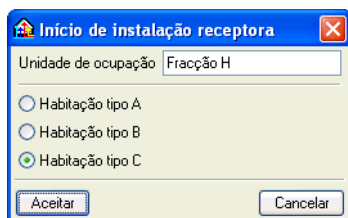


Fig. 3.247

### 3.4.2.10. Visualização 3D

Pode-se visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar as máscaras dxf's como fundo em cada plano.

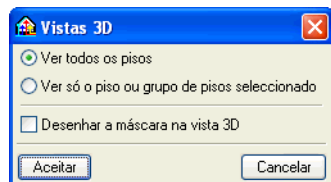


Fig. 3.248

Pode imprimir esta imagem para impressora ou ficheiro (extensão DXF, DWG, JPEG ou BMP).

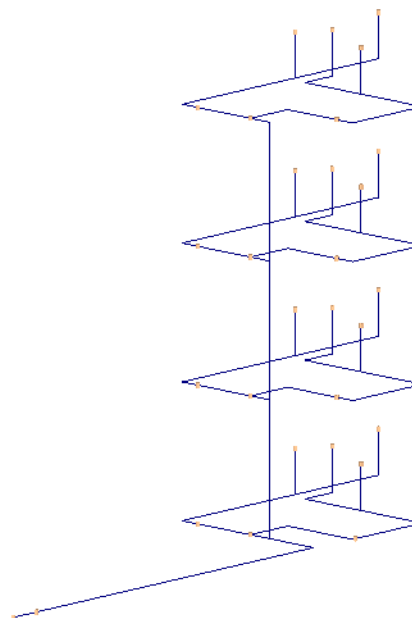


Fig. 3.249

### 3.4.3. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\Gás.

- Em qualquer dos casos prima **Resultados > Calcular**.

### 3.4.4. Listagens e Desenhos

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está

amplamente exposta nos pontos **Listagens** e **Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.

## 3.5. Incêndios

### 3.5.1. Introdução

Descrevem-se a seguir dois exemplos práticos de iniciação para o utilizador.

O primeiro é uma instalação de uma rede de incêndio armada e o segundo de uma rede de sprinklers.

O objectivo dos dois exemplos práticos é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.

Os ficheiros destes exemplos práticos estão incluídos no programa.

Para qualquer consulta poderá aceder-lhes:

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Selecciona a obra e clique em **Abrir**.

### 3.5.2. Rede de Incêndio Armada

#### 3.5.2.1. Criação da obra

Siga este processo para criar a obra:

Clique em **Contra incêndios**, para escolher o tipo de instalação a introduzir.



Fig. 3.250

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

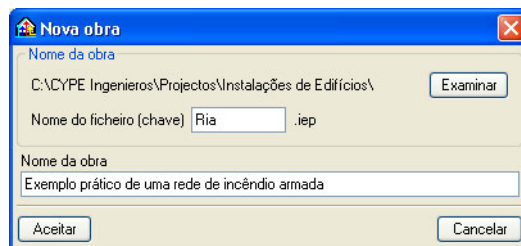


Fig. 3.251

- Prima **Aceitar**.

Surge a janela para se definir as plantas e grupos.

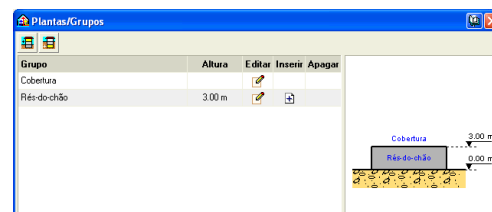




Fig. 3.252

- Prima em  **Editar**, ao nível da planta Rés do chão e altere o nome para Piso 0, coloque uma altura de 5.40 m.
- Prima em  **Novo grupo de pisos acima da rasante**, altere o nome da planta para Piso 1 e mantenha a altura e número de plantas.
- Prima **Aceitar**.

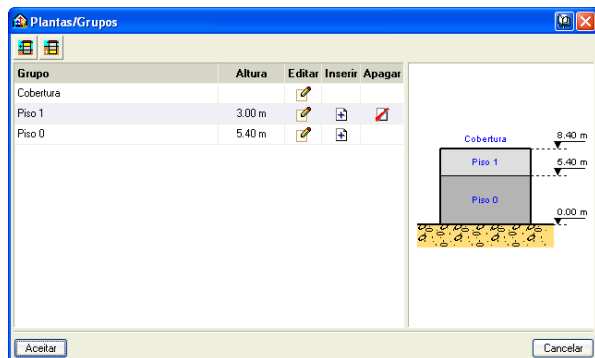


Fig. 3.253

### 3.5.2.2. Dados Gerais

No menu **Obra > Dados gerais**, seleccione como distrito **Lisboa** e município **Lisboa**, prima **Aceitar**. Como utilização do edifício, seleccione **Lojas, centros comerciais...** prima **Aceitar** para terminar.

### 3.5.2.3. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Seleccione o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

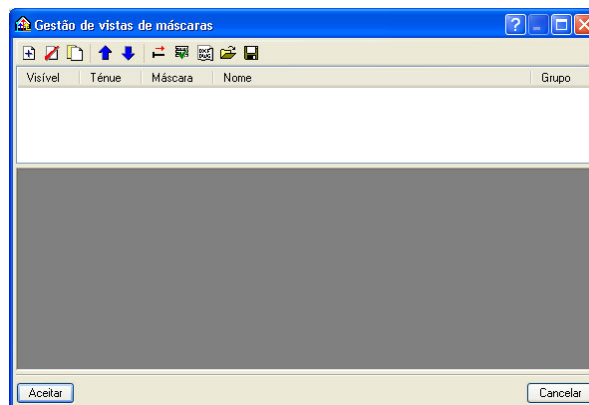



Fig. 3.254

- Prima o ícone  **Adicionar**.
- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, procure os ficheiros piso 0.dxf e piso 1.dxf em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\ seleccione-os e prima **Abrir**.

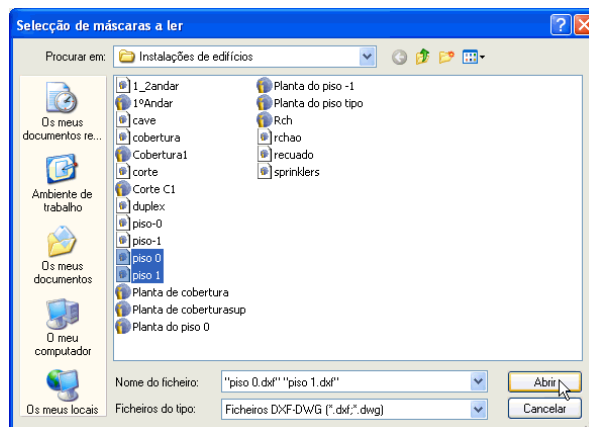


Fig. 3.255

- Prima **Aceitar** na janela **Ficheiros disponíveis**.

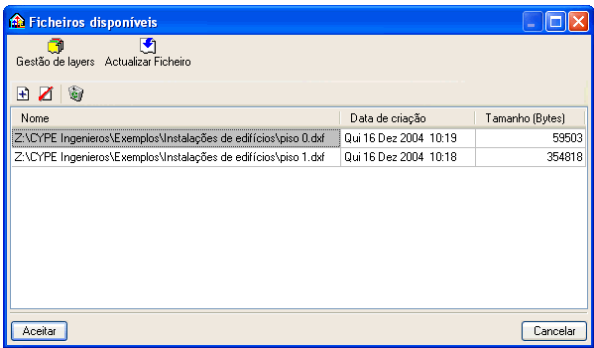


Fig. 3.256

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, clique em  **Planos dos grupos**.

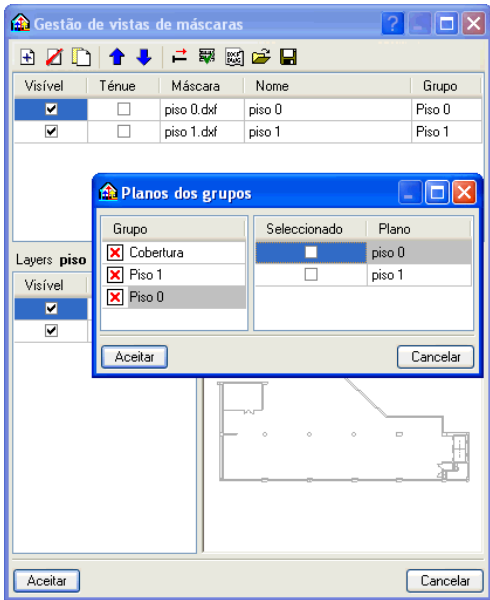


Fig. 3.257

Selecione de acordo com o grupo, o DXF correspondente.

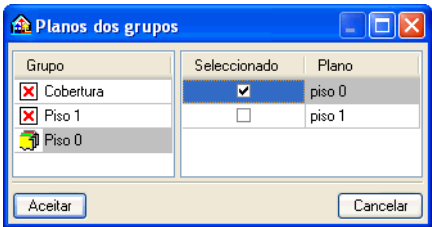


Fig. 3.258

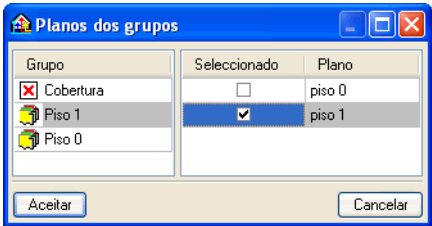


Fig. 3.259

Por fim, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

**3.5.2.4. Introdução da rede no Piso 0**

Encontra-se situado ao nível do Piso 0.



**3.5.2.4.1. Tubagens**

Introduzem-se as tubagens.

- Prima **Tubagens > Nova**.
- Clique como indica a figura seguinte, para começar a introduzir a tubagem partindo do início da rede.



Fig. 3.260

- Com a ajuda do comando ortogonal , introduzem-se as tubagens de forma ortogonal.
- Faça o desenho da rede de acordo com a figura seguinte, para terminar a introdução clique no botão .

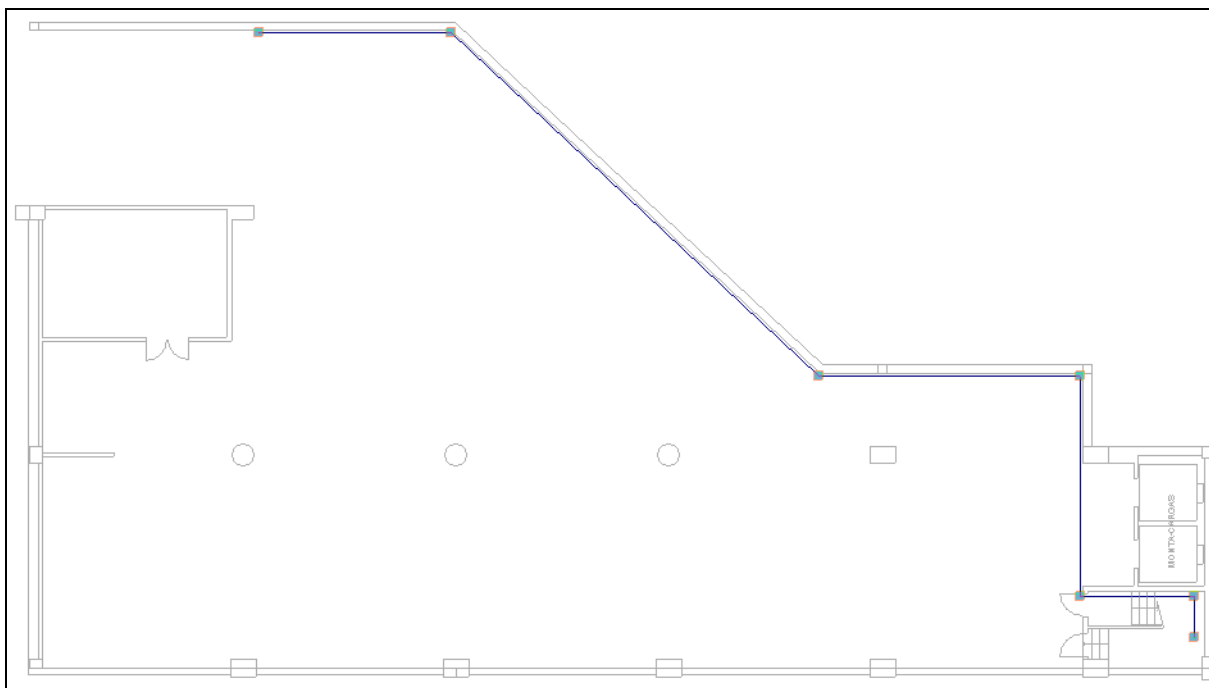


Fig. 3.261

O programa considera automaticamente a posição da tubagem junto ao tecto do piso.

- Para seleccionar o material da tubagem, prima em **Obra > Dados gerais** e posteriormente em **Rede de distribuição de água**.
- Altere os dados de acordo com a imagem seguinte.

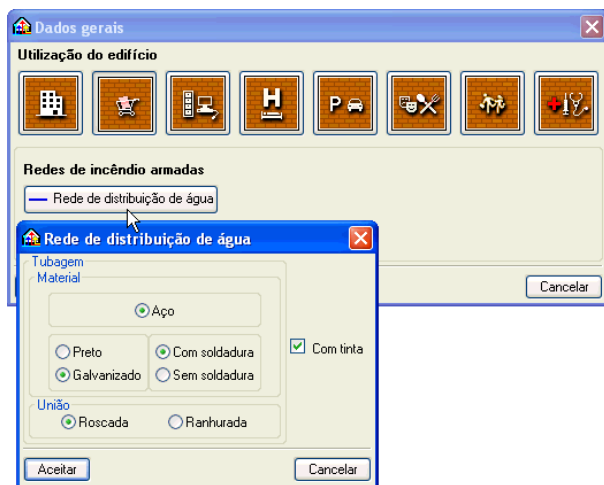


Fig. 3.262

#### 3.5.2.4.2. Colunas Montantes

Introduz-se a coluna montante.

- Prima **Colunas Montantes > Nova**.
- Posicione a coluna montante de acordo com a imagem seguinte.

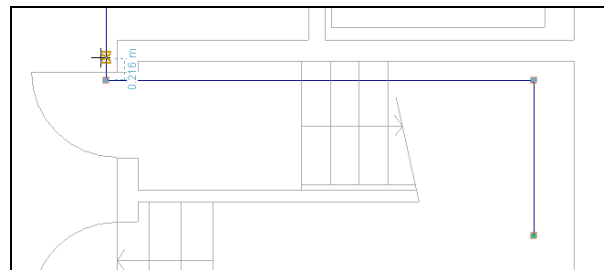



Fig. 3.263

#### 3.5.2.4.3. Equipamento

- Prima **Equipamento > Novo** e prima no ícone  **Boca de incêndio armada, 25 mm** do menu flutuante.

Coloque as bocas de incêndio de acordo com as seguintes figuras.

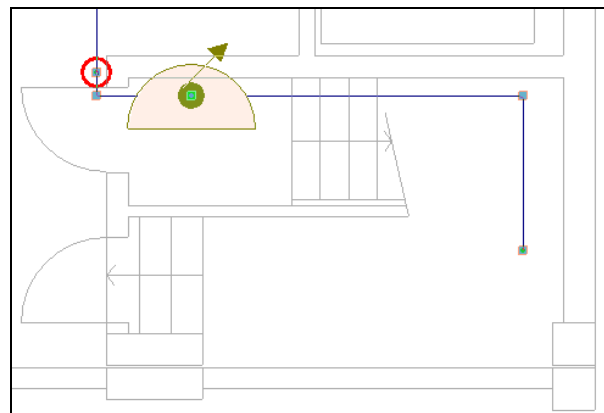


Fig. 3.264

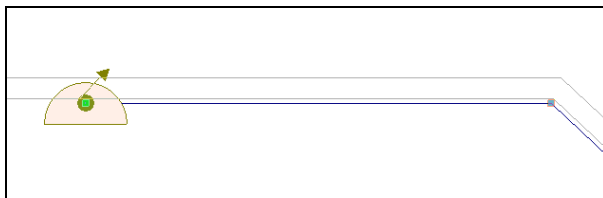


Fig. 3.265

Se necessitar de alterar o sentido do débito prima em **Equipamento > Ângulo**.

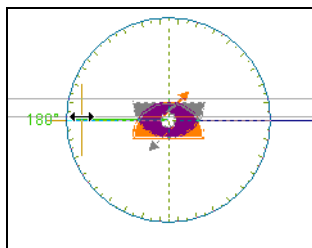


Fig. 3.266

Em **Obra > Dados gerais**, pode seleccionar o tipo de mangueira de 25 mm.

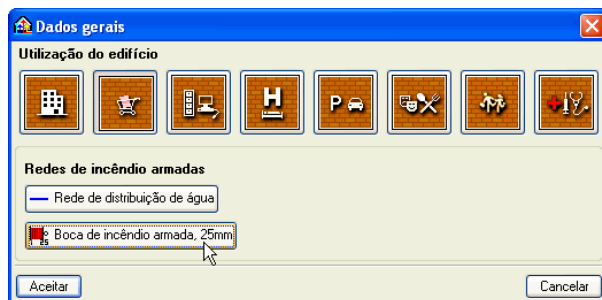



Fig. 3.267



Fig. 3.268

### 3.5.2.5. Introdução da rede no Piso 1

Prima no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no piso 1.

#### 3.5.2.5.1. Tubagens

Introduzem-se as tubagens de acordo com a seguinte figura.

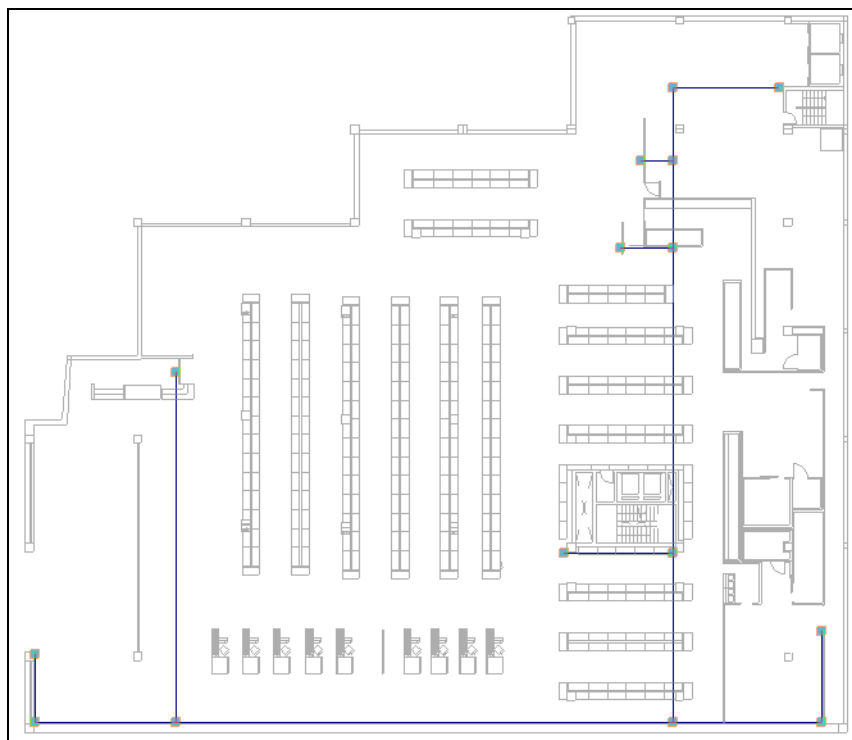



Fig. 3.269

### 3.5.2.5.2. Equipamento

- Prima **Equipamento > Novo** e prima no ícone  **Boca de incêndio armada, 25 mm** do menu flutuante.
- Coloque as bocas de incêndio de acordo com as seguintes figuras.

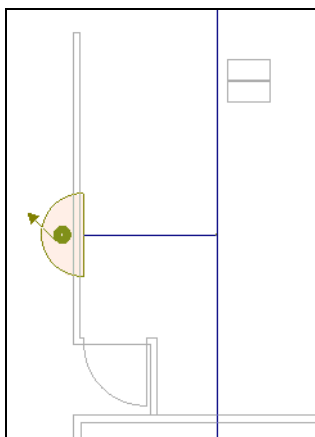


Fig. 3.270

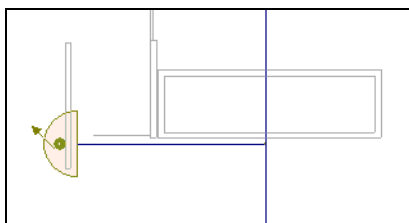


Fig. 3.271

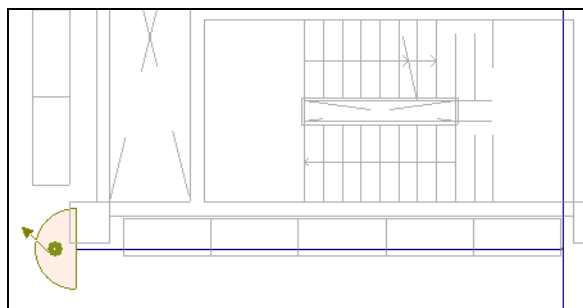


Fig. 3.272

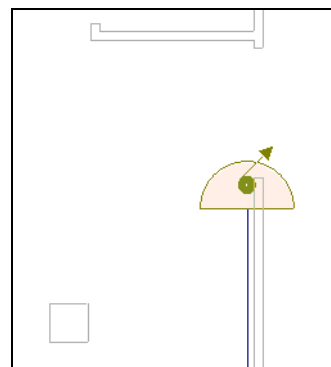


Fig. 3.273

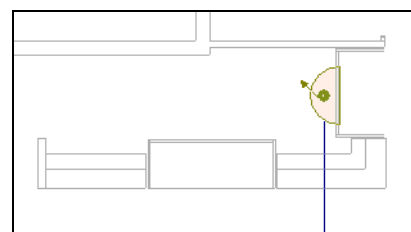


Fig. 3.274

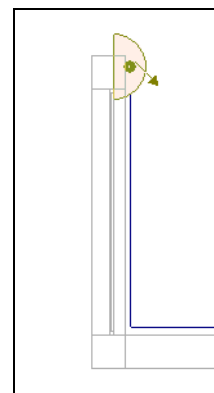




Fig. 3.275

Por último, falta introduzir o grupo de bombagem, para isso coloque-se na planta Piso 0.

- Prima em  **Descer de grupo.**
- Prima agora no ícone  **Grupo de bombagem** presente no menu flutuante.
- Prima no nó de entrada da rede para colocar o grupo de bombagem.

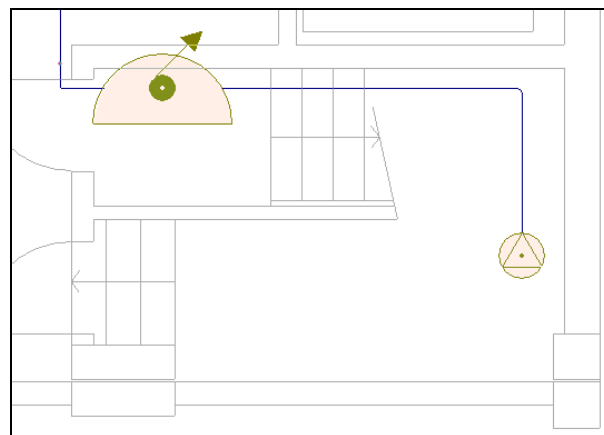


Fig. 3.276

### 3.5.2.6. Visualização 3D

Pode visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar as máscaras dxf's como fundo em cada plano.

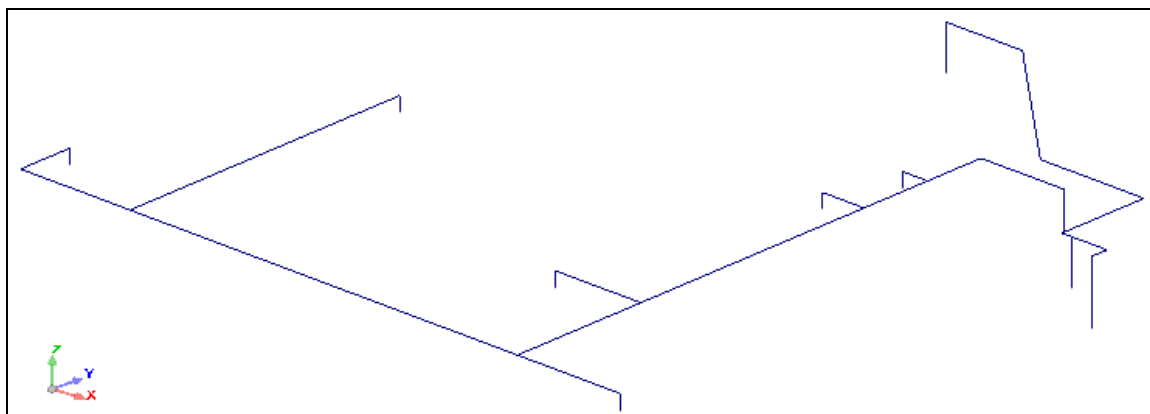


Fig. 3.277

### 3.5.3. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo disponível em \CYPE Ingenieros Exemplos\Instalações de Edifícios\ria.

- Em qualquer dos casos prima **Resultados > Calcular**.

Se no final do cálculo for pedido para seleccionar o grupo de bombagem, faça o seguinte:

- Prima em **Equipamento > Editar** e prima sobre o grupo de bombagem.
- Pode-se seleccionar um grupo de bombagem genérico ou da marca EBARA, neste exemplo selecciona-se EBARA.

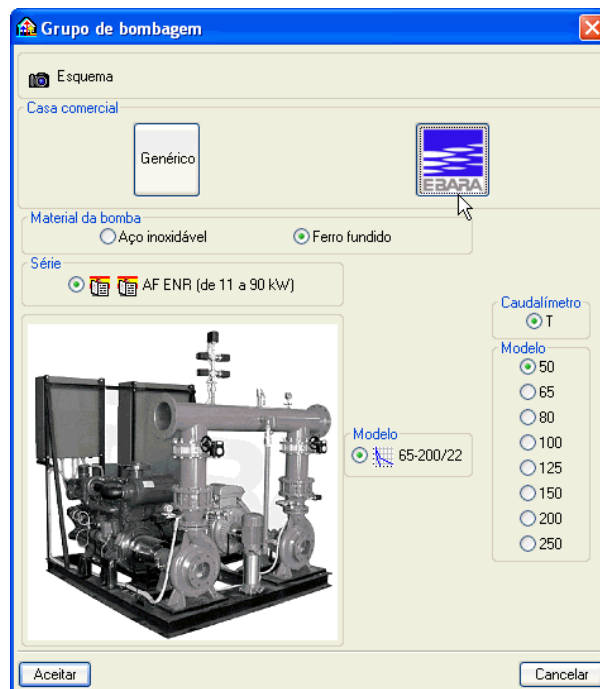


Fig. 3.278

- Prima novamente em **Resultados > Calcular**.

### 3.5.4. Resultados

#### 3.5.4.1. Tubagens, Coluna montante e Equipamentos

Após o cálculo, para verificar os resultados coloque o cursor sobre uma tubagem ou um equipamento, imediatamente surge informação acerca dos resultados de cálculo. Como se mostra nas seguintes figuras.

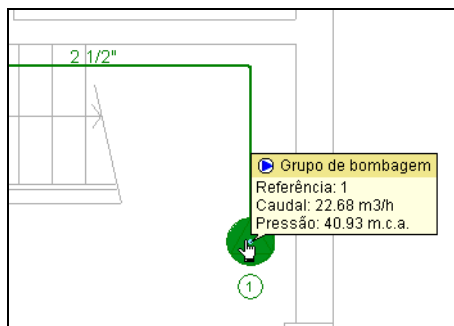


Fig. 3.279

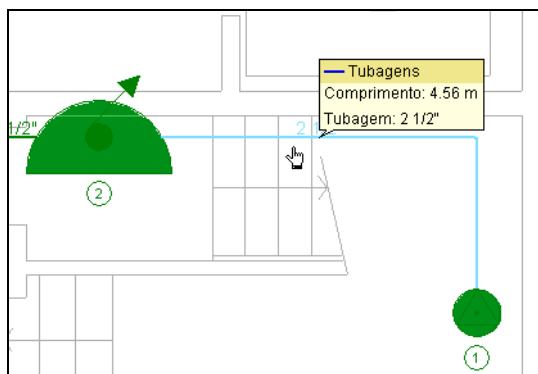


Fig. 3.280

### 3.5.5. Rede de sprinklers

#### 3.5.5.1. Criação da Obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

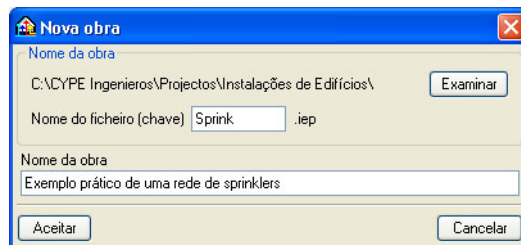


Fig. 3.281

- Prima **Aceitar**.
- Surge a janela Plantas/Grupos, prima em **Editar**, ao nível da planta **Rés do chão** e altere a altura para **4.00 m**.

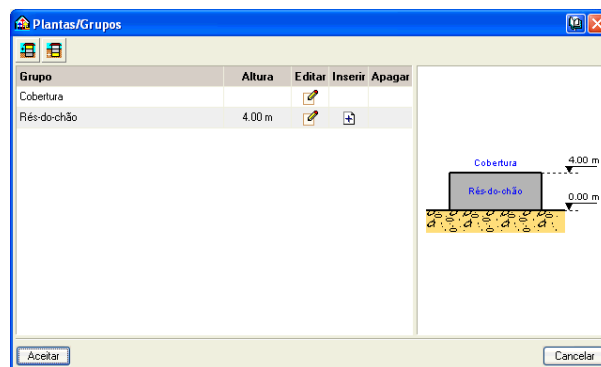


Fig. 3.282

Prima em **Contra incêndios**, para escolher o tipo de instalação a introduzir.



Fig. 3.283

### 3.5.5.2. Dados Gerais

No menu **Obra > Dados gerais**, seleccione como distrito **Lisboa** e município **Lisboa**, prima **Aceitar**. Como utilização do edifício, seleccione **Centros de administração pública, bancos, escritórios...** prima **Aceitar** para terminar.

### 3.5.5.3. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a rede. Para importar o ficheiro DXF siga estes passos:

- Seleccione o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

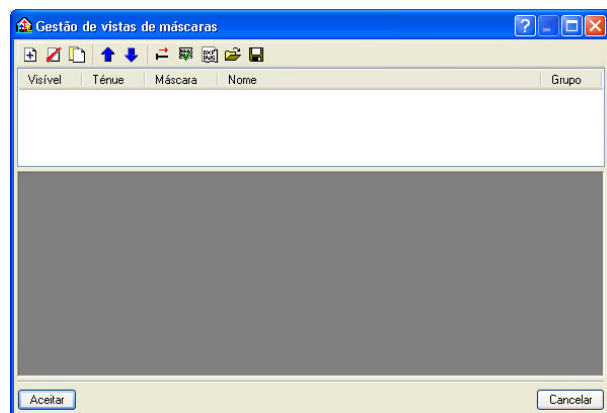



Fig. 3.284

- Prima o ícone  **Adicionar**.
- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, procure o ficheiro **\CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\sprinklers.dxf**.
- Seleccione-o e prima em **Abrir**.

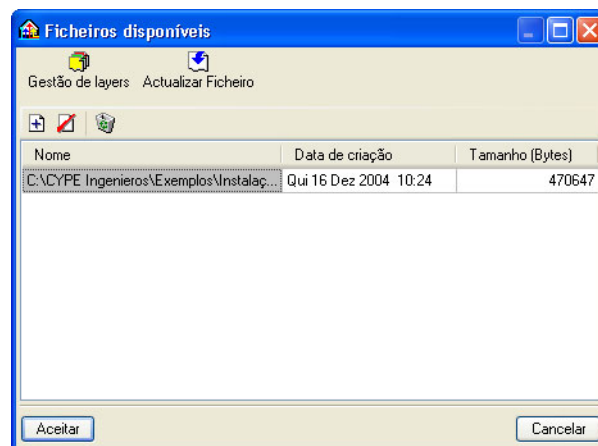


Fig. 3.285

- Prima em **Aceitar**.

De seguida, indica-se qual o DXF que corresponde a cada grupo.

Assim, prima em  **Planos dos grupos**.

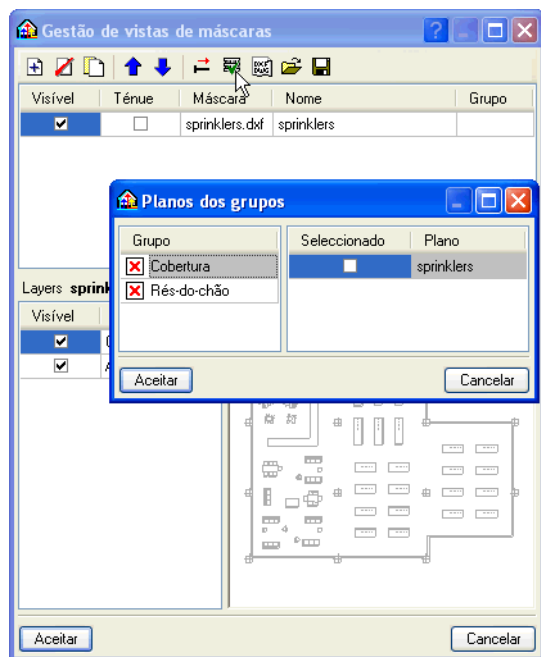


Fig. 3.286

- Atribua o dxf ao grupo **Rés-do-chão**.

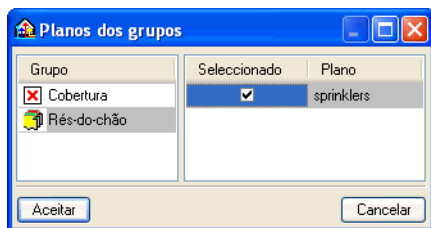


Fig. 3.287

- Prima em **Aceitar**.

### 3.5.5.4. Introdução da rede manualmente

#### 3.5.5.4.1. Tubagens

- Prima **Tubagens > Nova**.

Começa-se a introduzir as tubagens pertencentes à malha de sprinklers.

Introduz-se uma tubagem com um comprimento de 17,5 m, da seguinte forma:

- Prima no primeiro ponto da tubagem, como mostra a seguinte figura.

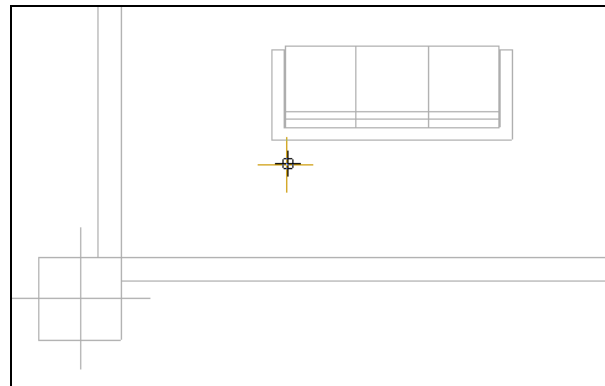


Fig. 3.288

- Prima no ícone  **Ativação da introdução por coordenadas**.

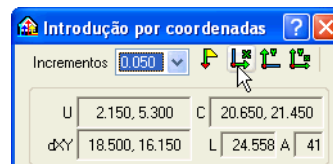



Fig. 3.289

- Prima no ícone , por ser uma distância que se quer percorrer segundo o eixo x.

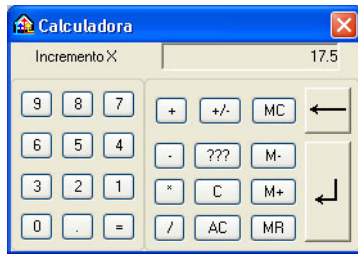



Fig. 3.290

- Digite 17.5 m, valor positivo porque é esse o sentido positivo do eixo a percorrer. Por fim, tecele **ENTER**.

O programa desenha de imediato uma tubagem com 17.5 m de comprimento, para terminar prima com o botão .

Para se dividir esse troço de tubagem.

- Prima em **Tubagens > Dividir**.
- Prima sobre a tubagem.

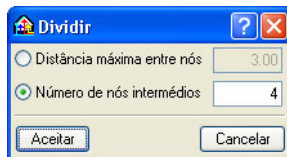


Fig. 3.291

- Coloque **4** nós e prima **Aceitar**.

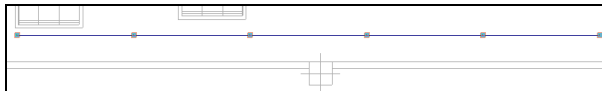


Fig. 3.292

De seguida, copiam-se estes troços de tubagem da seguinte forma:

- Prima em **Edição > Copiar**. Selecciona Equipamentos e tubagens.

- Selecciona todos os troços da tubagem.

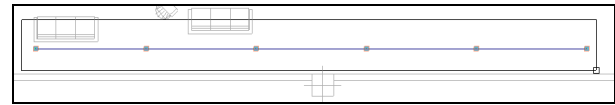



Fig. 3.293

- Prima com o botão  para terminar.
- Prima sobre o nó mais à esquerda, ou sobre outro qualquer.

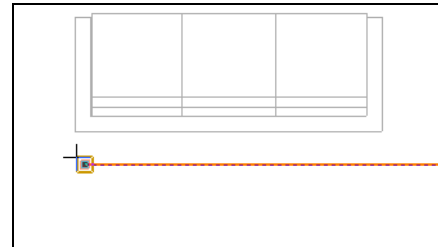




Fig. 3.294

- Prima no ícone  **Activação da introdução por coordenadas**.
- Prima no ícone , por ser uma distância que se quer percorrer segundo o eixo y.
- Digite 3 valor positivo porque é esse o sentido positivo do eixo a percorrer. Por fim, tecele **ENTER**.

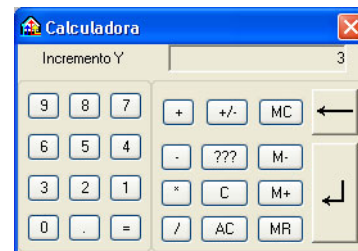



Fig. 3.295

- De imediato, surgem os troços copiados. Prima no botão  para terminar.

Prolonga-se agora a tubagem a partir do nó situado mais à direita.

- Prima em **Tubagens > Nova** e prima sobre o nó indicado na figura seguinte.

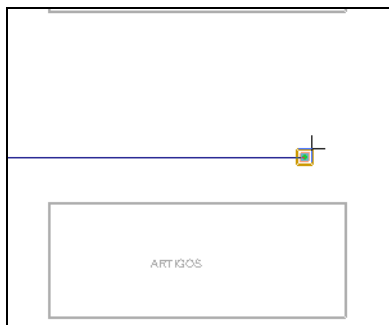




Fig. 3.296

- Prima no ícone  **Ativação da introdução por coordenadas**, caso não tenha a janela activada.
- Prima no ícone .
- Digite 10.5 e tecle **ENTER**.

Divide-se esta nova tubagem em troços de 3 m.

- Prima em **Tubagens > Dividir**.
- Prima sobre a tubagem.
- Em vez de indicar o número de nós intermédios pode-se indicar a distância máxima entre nós.
- Digite 3.5.

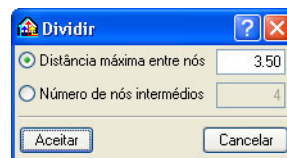


Fig. 3.297

Com o comando **Edição > Copiar**, copiam-se as tubagens indicadas na figura seguinte.

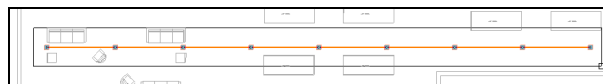










Fig. 3.298

- Prima com o botão  para terminar.
- Prima sobre um dos nós previamente seleccionados.
- Prima no ícone  **Ativação da introdução por coordenadas**.
- Prima no ícone , por ser uma distância que se quer percorrer segundo o eixo y.
- Digite 3 valor positivo porque é esse o sentido positivo do eixo a percorrer. Por fim, tecle **ENTER**.
- Prima no ícone , digite agora 6 e tecle **ENTER**.
- Prima no ícone , digite agora 9 e tecle **ENTER**.
- Prima no ícone , digite agora 12 e tecle **ENTER**.
- Prima no ícone , digite agora 15 e tecle **ENTER**.
- Prima no botão  para terminar.

A obra fica com o aspecto idêntico à figura seguinte.

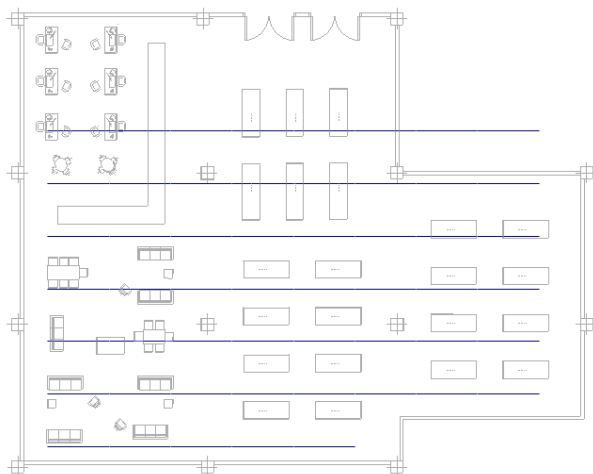


Fig. 3.299

Eliminam-se as tubagens que não interessam.

- Prima em **Tubagens > Eliminar**.

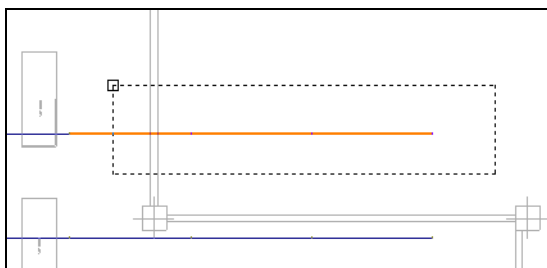


Fig. 3.300

- Selecciona os respectivos troços de tubagem.
- Prima no botão  para terminar.

Copiam-se as restantes tubagens que faltam.

Com o comando **Edição > Copiar**, copiam-se as tubagens indicadas de acordo com a figura seguinte.

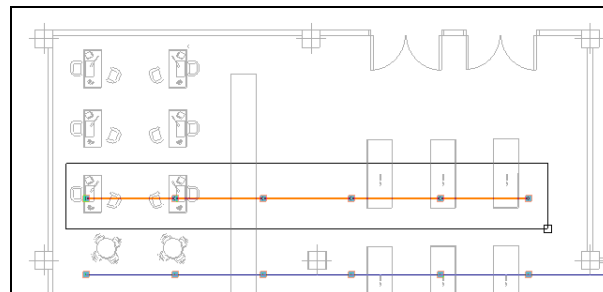



Fig. 3.301

- Prima no botão  para terminar.
- Prima sobre o nó indicado na figura seguinte.

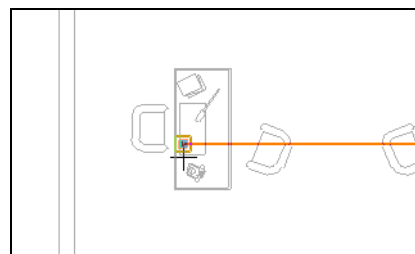






Fig. 3.302

- Prima no ícone  **Activação da introdução por coordenadas.**
- Prima no ícone  , digite 3 e tecla **ENTER**.
- Prima no ícone  , digite agora 6 e tecla **ENTER**.
- Prima no botão  para terminar.

A rede fica desta forma como se mostra na figura seguinte.

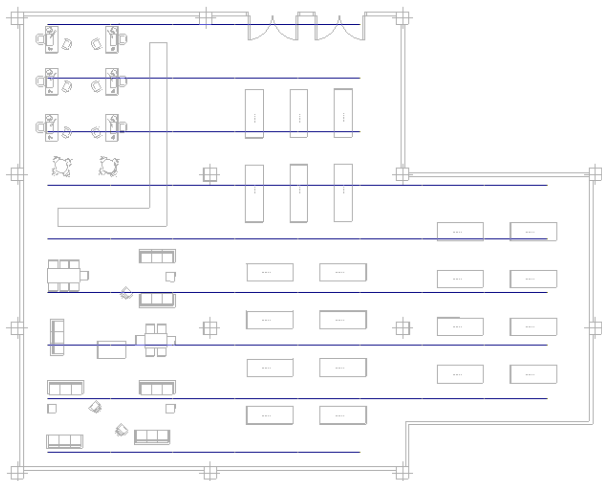



Fig. 3.303

Introduz-se a tubagem principal de abastecimento.

- Prima **Tubagens > Nova**.
- Prima no ícone  para o activar.
- Prima de acordo com a figura seguinte.

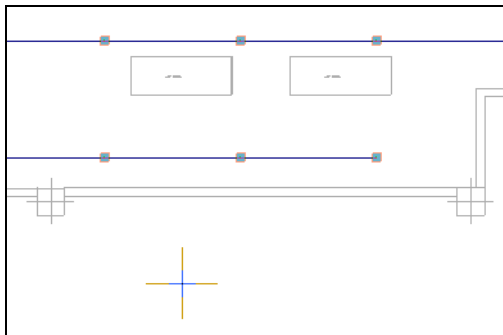




Fig. 3.304

- Arraste o cursor até à tubagem indicada na figura seguinte e prima com o botão  para indicar o ponto de intersecção com a tubagem.
- Prima com o botão  para assumir esse ponto como nó.

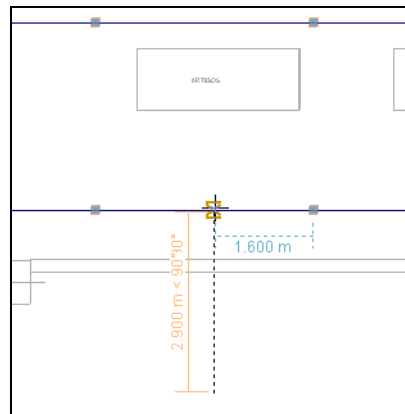


Fig. 3.305

- Prima no nó que criou, e arraste o cursor até à próxima tubagem, como indica a imagem seguinte.

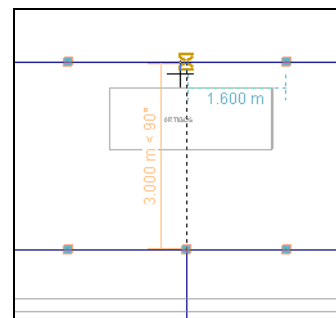


Fig. 3.306

- Voltando a fazer todo o procedimento já indicado anteriormente.

Assim, introduz-se as restantes tubagens da mesma forma como descrita anteriormente, para ficar a rede idêntica à figura seguinte.

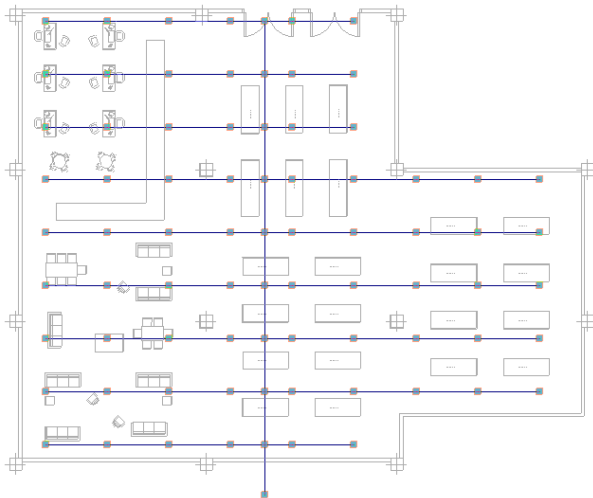


Fig. 3.307

### 3.5.5.4.2. Nós

Por defeito, o programa considera sempre a posição da rede junto ao tecto do rés do chão.

Consequentemente, introduzem-se os débitos.


- Prima **Equipamento > Novo** e prima no ícone  **Sprinkler** do menu flutuante.



Fig. 3.308

Surge uma janela, com os dados de um determinado sprinkler.

O programa permite colocar em obra até 3 tipos de sprinklers diferentes, esses sprinklers podem ser Genéricos ou de pertencentes a uma casa comercial, variando sempre o tipo e respectivo acabamento.

No nosso exemplo, mantém-se os dados por defeito, conforme indica a imagem seguinte.

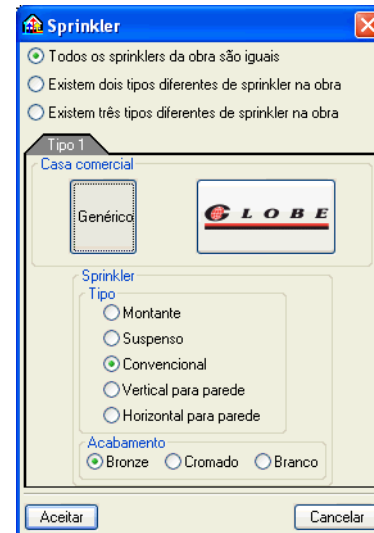


Fig. 3.309

- Prima **Aceitar**.
- Prima agora sobre os nós onde se pretendem colocar sprinklers, que são todos excepto os nós pertencentes à tubagem principal de abastecimento.

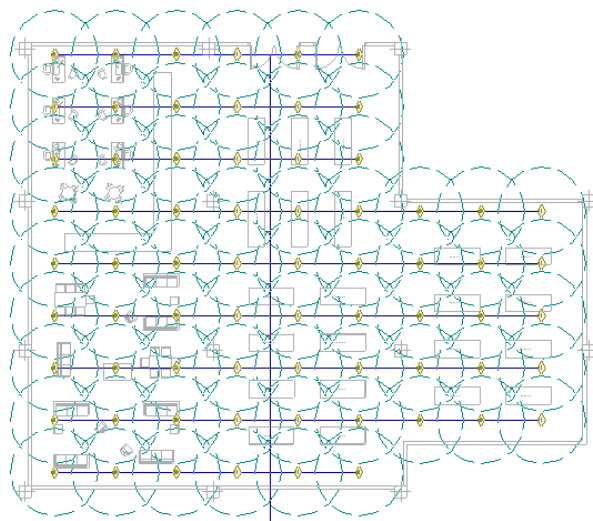



Fig. 3.310

Falta colocar agora o grupo de bombagem, prima no ícone  Grupo de bombagem da barra de ferramentas.

- Prima no nó de entrada da rede.

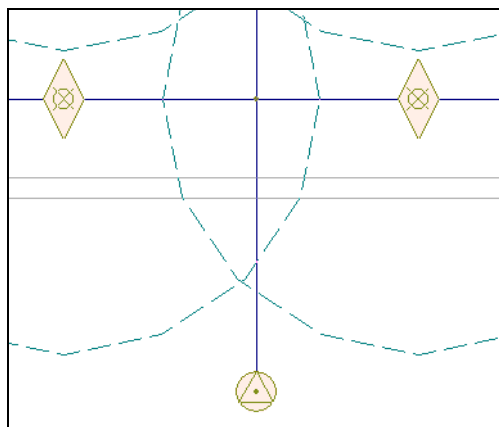


Fig. 3.311

### 3.5.5.5. Visualização 3D

Pode visualizar a rede em várias perspectivas 3D.

- Prima em **Obra > Vistas 3D**, seguidamente seleccione as seguintes opções de acordo com a figura seguinte.

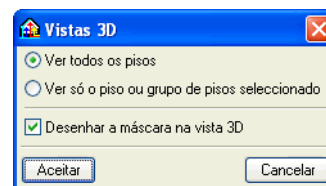


Fig. 3.312

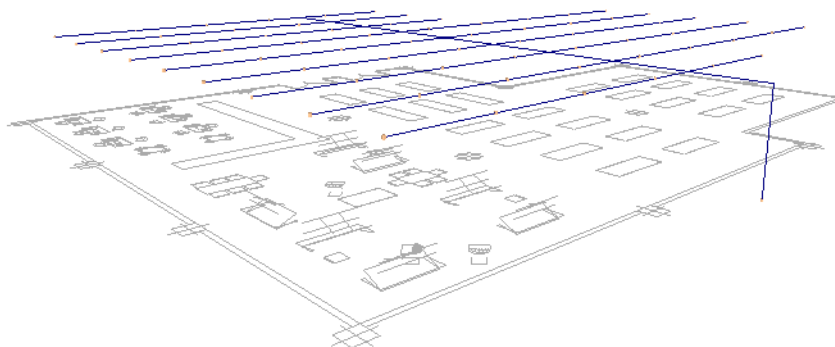



Fig. 3.313

### 3.5.5.6. Introdução da rede de forma automática

Crie uma obra nova “SprinKEX2”, seguindo os passos descritos para o exemplo anterior. Prossiga a introdução e pare no item “Tubagens”.

#### 3.5.5.6.1. Áreas

- Prima **Áreas > Nova**.
- Prima no primeiro ponto que define o limite da área a cobrir pelos sprinklers, por exemplo no canto inferior esquerdo, como mostra a figura seguinte.
- Para ajudar a capturar os pontos pertencentes à arquitectura, active o ícone  Capturas.

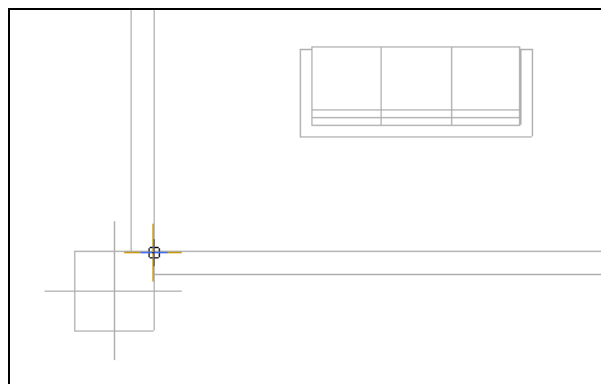


Fig. 3.314

- Prima no segundo ponto, como mostra a figura seguinte.

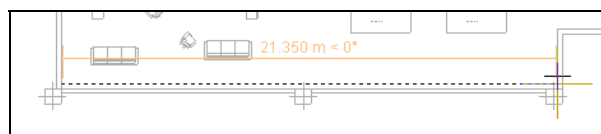



Fig. 3.315

- Prima nos restantes vértices que definirão o contorno da área. Após seleccionar o último vértice, para fechar a área basta clicar no botão .

No final obterá a imagem de acordo com a figura seguinte.

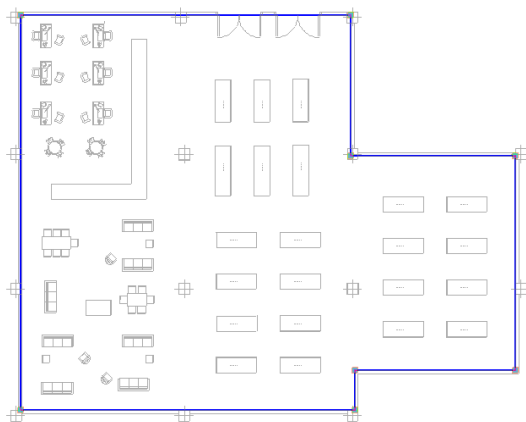


Fig. 3.316

- Prima **Áreas > Distribuição de sprinklers**. Surge uma janela para escolher o tipo de sprinkler, para este exemplo mantenha os dados por defeito.
- Prima **Aceitar**.

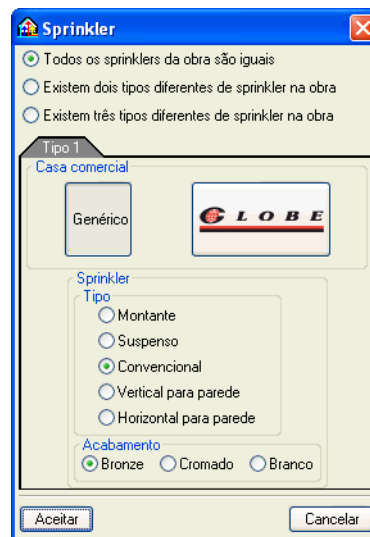


Fig. 3.317

- Introduza o nó de entrada, de acordo com a figura seguinte.

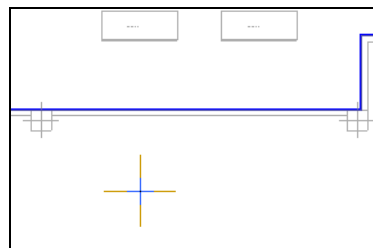


Fig. 3.318

- Prima agora no nó final do tramo principal. Como indica a imagem seguinte.

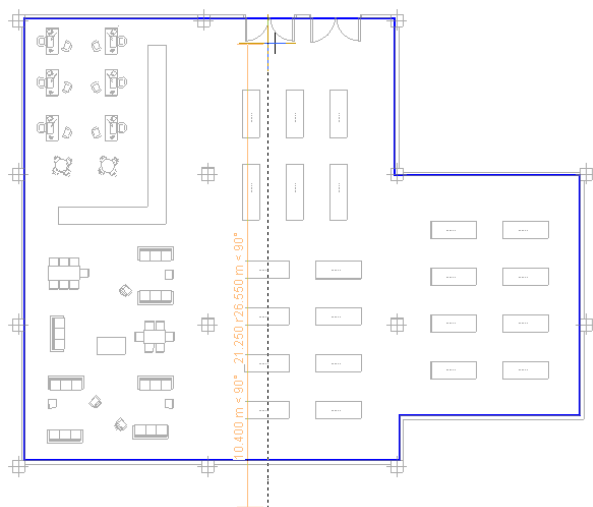



Fig. 3.319

- Prima com o botão  para terminar.

Seguidamente o programa inicia o desenho automático da rede de sprinklers e após alguns instantes esta surge no ecrã.

- Prima em **Equipamento > Novo** e prima no ícone  Grupo de bombagem da barra de ferramentas.
- Prima no nó de entrada da rede.

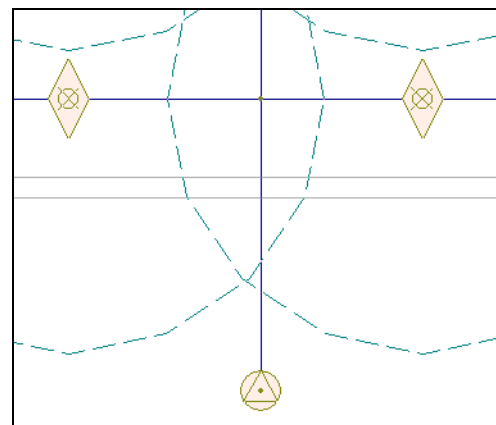


Fig. 3.320

### 3.5.6. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados independentemente de se ter optado por introdução manual ou automática, procede-se ao cálculo da instalação.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra uma das obras destes exemplos disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\.

- Em qualquer dos casos prima **Resultados > Calcular**.

Se no final do cálculo surgir a indicação de que é necessário definir o grupo de bombagem, prima em **Equipamento > Editar** e seleccione um grupo de bombagem.

#### 3.5.6.1. Tubagens e Equipamento

Após o cálculo, para verificar os resultados coloque o cursor sobre uma tubagem ou um equipamento,

imediatamente surge informação acerca dos resultados de cálculo.

Salienta-se que apesar desta obra não possuir colunas montantes, é possível introduzir, calcular e ver os resultados das mesmas.

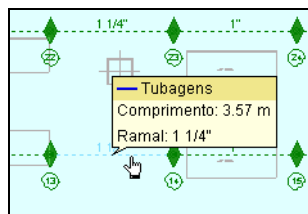


Fig. 3.321

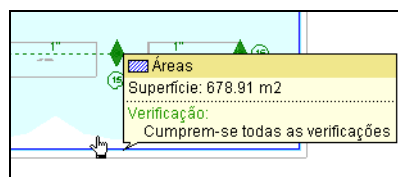


Fig. 3.322

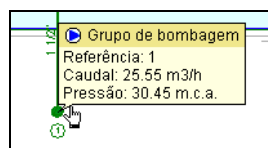


Fig. 3.323

### 3.5.7. Listagens e Desenhos

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está amplamente exposta nos pontos **Listagens e Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.

## 3.6. Climatização

### 3.6.1. Introdução

Descreve-se a seguir um exemplo prático de iniciação no programa climatização, cujo objectivo é o seguinte:

- Introdução dos dados necessários para o cálculo.
- Dar a conhecer comandos e ferramentas do programa.
- Obtenção de resultados.
- Listagens e desenhos.

O ficheiro deste exemplo prático está incluído no programa, encontra-se dividido em dois, um deles tem os dados introduzidos apenas para o cálculo de cargas térmicas (**clima2**), o outro já contém a instalação de ar condicionado (**clima1**).

Algumas funcionalidades são alteradas após a saída de um patch, o que leva a uma actualização das obras.

**Para obter a última actualização da obra de cargas térmicas clique [clima2g](#), para a obra de ar condicionado clique [clima1g](#) e guarde os ficheiros em C:\CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios.**

Para qualquer consulta das obras :

- Entre no programa.
- Prima **Arquivo > Gestão arquivos**. Abre-se a janela **Gestão arquivos**.
- Prima o botão **Exemplos**.
- Selecciona a obra.
- Clique em **Abrir**.

## 3.6.2. Cargas térmicas e Instalações de Ar condicionado

### 3.6.2.1. Criação da Obra

Siga este processo para criar a obra:

- Prima sobre **Arquivo > Novo**. Na janela que se abre introduza o nome para a obra.

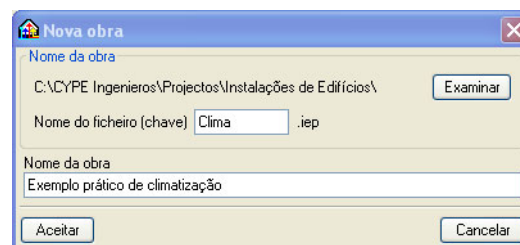


Fig. 3.324

- Prima **Aceitar**.
- Na janela que surge de Plantas/Grupos prima **Aceitar**.
- Clique em **Climatização**.



Fig. 3.325

### 3.6.2.2. Dados Gerais

No menu **Obra > Dados gerais**, seleccione **Lisboa**. Prima **Aceitar** para terminar.

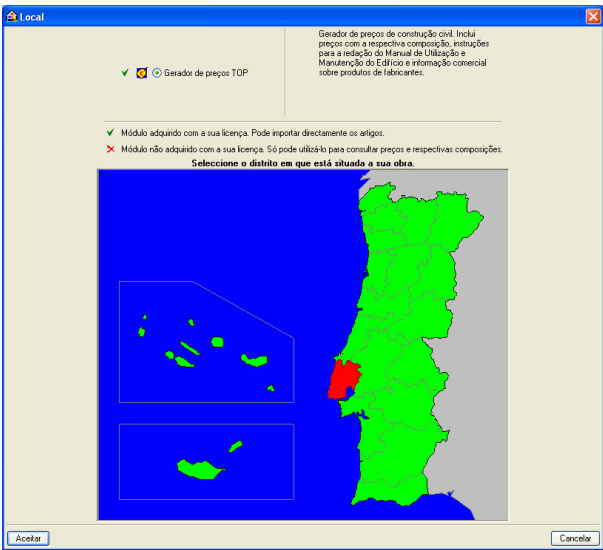


Fig. 3.326

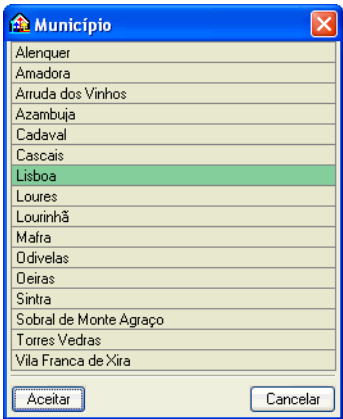


Fig. 3.327

- Prima **Aceitar**.
- Seleccione conforme os dados da figura seguinte.

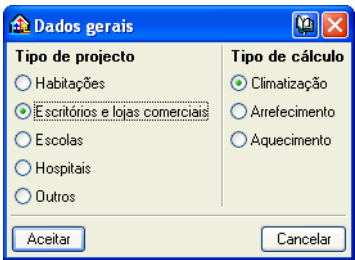


Fig. 3.328

- Prima **Aceitar**.

3.6.2.3. Opções

Podem-se definir algumas opções de cálculo, no menu **Obra > Opções**.

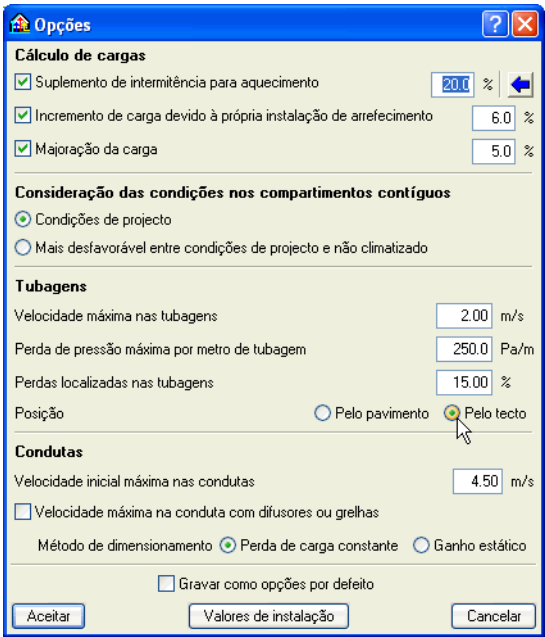



Fig. 3.329

### 3.6.2.4. Orientação

Pode alterar a orientação do edifício.

- Prima a opção **Obra > Orientação**.
- Clique em **ortogonal** .
- Prima no ecrã, mova o cursor para a direita e prima novamente conforme a figura.

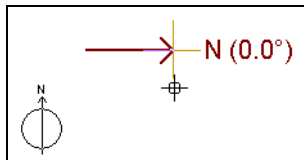



Fig. 3.330

### 3.6.2.5. Plantas/Grupos

Indica-se a seguir a sequência para a definição de plantas e grupos.

- Prima a opção **Obra > Plantas/Grupos**.
- Clique em  para acrescentar uma nova planta, introduza o 1º Andar.

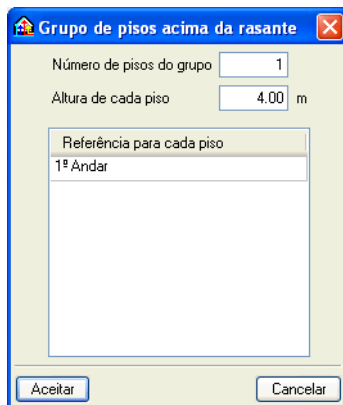



Fig. 3.331

- Prima  e altere a altura do Rés do chão para 4m.
- Prima **Aceitar**.

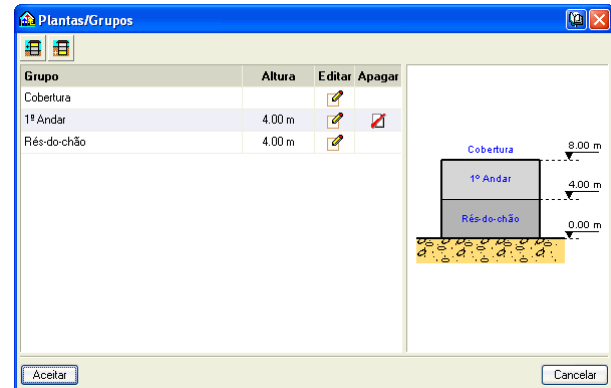



Fig. 3.332

### 3.6.2.6. Máscaras DXF-DWG

É mais cómodo utilizar um ou vários ficheiros DXF's ou DWG's que sirvam de máscara para introduzir a arquitectura. Para importar o ficheiro DWG/DXF siga estes passos:

- Prima sobre o ícone  **Editar máscaras** da barra de ferramentas.

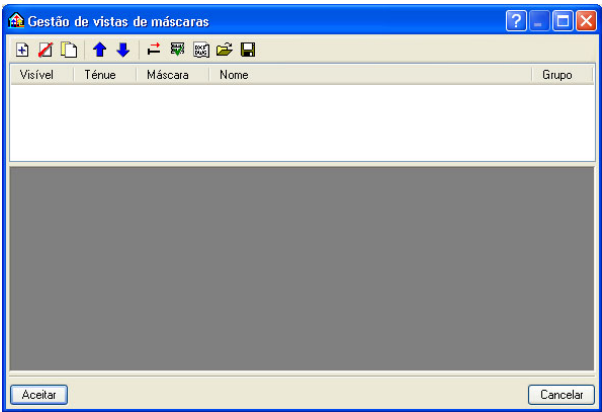



Fig. 3.333

- Prima .
- Na janela **Seleção de máscaras a ler**, procure os ficheiros **rch.dwg**, **1ºAndar.dwg**, **Cobertura1.dwg** em **\\CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios**, seleccione-os e prima **Abrir**.

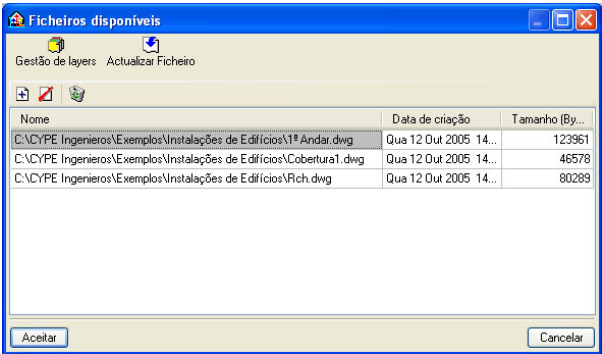


Fig. 3.334

- Prima **Aceitar**.

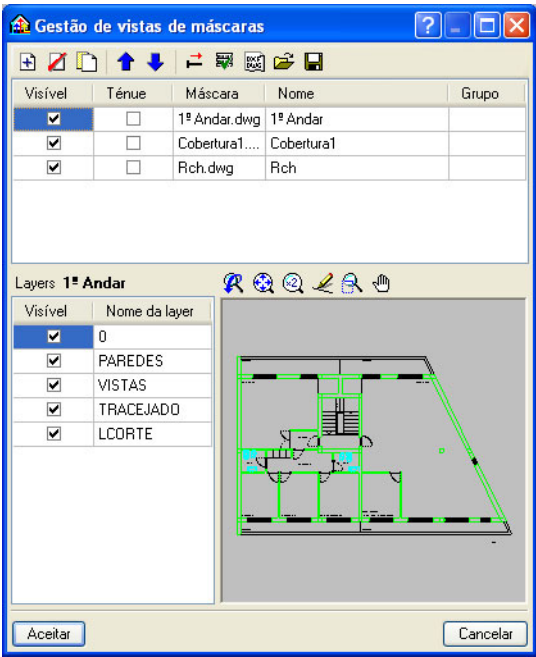


Fig. 3.335

De seguida, indica-se qual o DWG que corresponde a cada grupo.

Assim, clique em  **Planos dos grupos**.

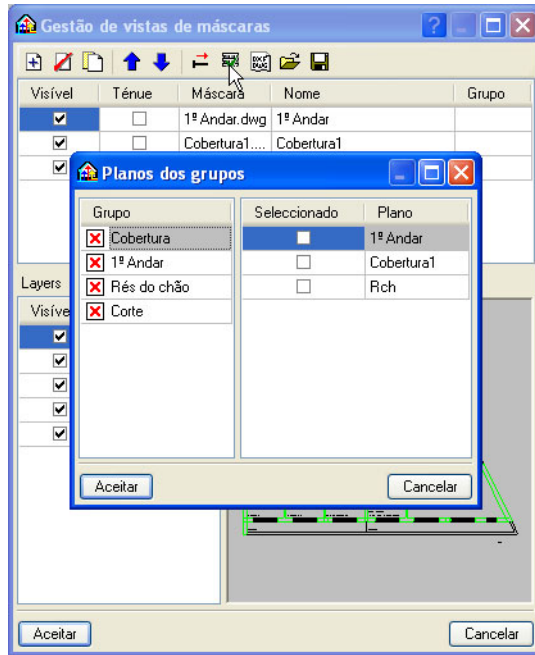


Fig. 3.336

Selecione de acordo com o grupo, o DWG correspondente.



Fig. 3.337

Por fim, prima **Aceitar** até voltar ao ambiente de trabalho.

### 3.6.2.7. Obra > Copiar grupo

- Este comando permite copiar grupos mas não será utilizado neste exemplo.

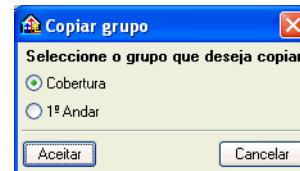


Fig. 3.338

### 3.6.2.8. Introdução do Rés do Chão

Neste momento estamos localizados no Rés do chão, como se pode visualizar no canto inferior direito do ecrã.

#### 3.6.2.8.1. Elementos

##### 3.6.2.8.1.1. Muros e divisões

- Prima **Elementos > Muros e divisões > Novo**.
- Selecione a **parede exterior**.

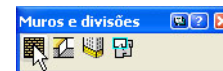


Fig. 3.339

- Prima a opção de colocar o **muro à direita da linha introduzida** e selecione a **parede dupla por camadas** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.340

- Prima **Aceitar**.

Seguidamente, surge a janela **Parede Exterior**, prima em

- Coloque a referência **P\_ext1** conforme a figura seguinte.

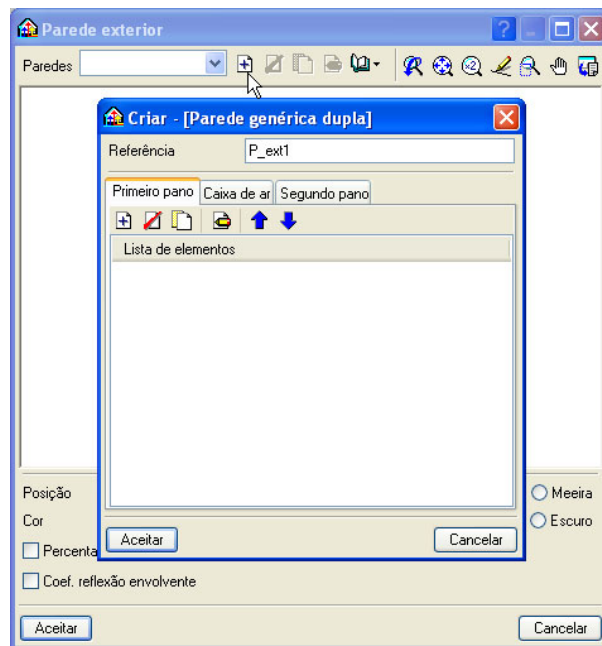


Fig. 3.341

Seguidamente, surge a janela **Criar**, prima em .

- Seleccione o **Reboco** e prima em **Aceitar** para o introduzir na parede.



Fig. 3.342

- Prima novamente em , seleccione o **Tijolo cerâmico furado (11 cm)** e prima em **Aceitar** para o introduzir na parede.

- Após se ter introduzido os materiais do primeiro pano, prima em **Caixa de ar** conforme a figura seguinte.

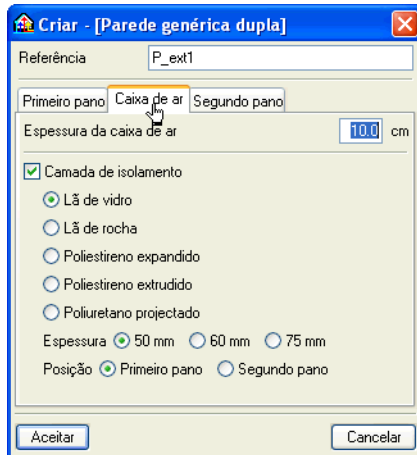


Fig. 3.343

- Introduzem-se os dados de acordo com a figura seguinte.

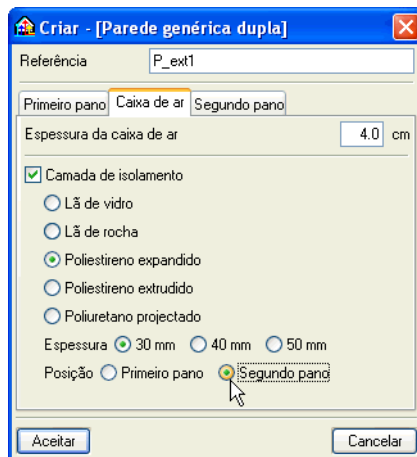


Fig. 3.344

- Prima em **Segundo pano**.
- Introduzem-se o **Tijolo cerâmico furado (11 cm)** e o **Reboco**, da mesma forma como se introduziu no **Primeiro pano** de acordo com a figura seguinte.

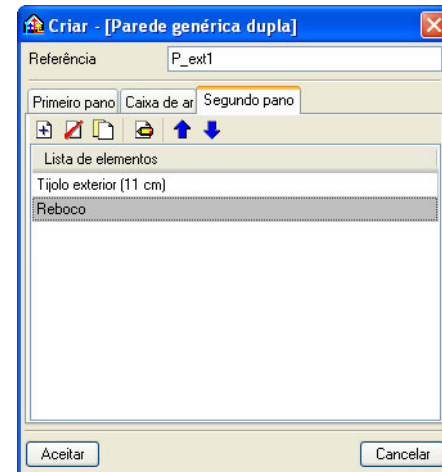


Fig. 3.345

- Prima **Aceitar** e chegará ao resultado da figura seguinte.

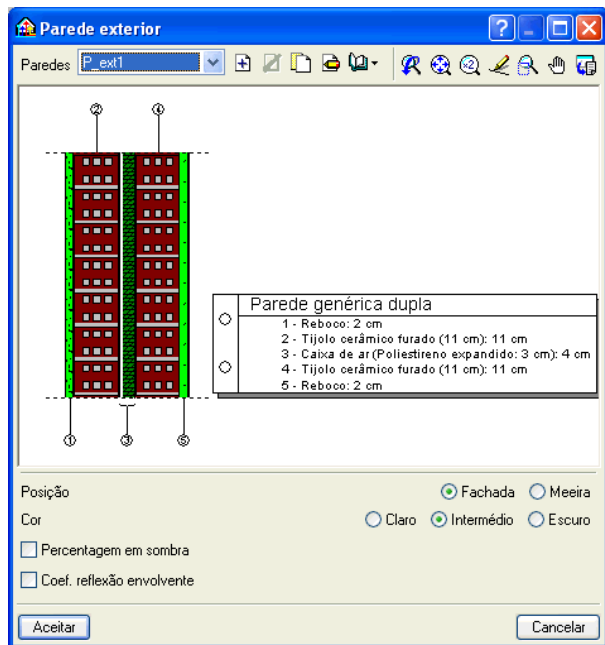





Fig. 3.346

- Prima **aceitar**.
- Prima , active as capturas, seleccione  ☒ Intersecção e prima **Aceitar**.
- Vamos definir a parede que define o contorno exterior do edifício.
- Vamos iniciar a introdução no pilar localizado no canto inferior esquerdo do edifício.
- Prima no canto inferior esquerdo do pilar conforme as figuras seguintes. 

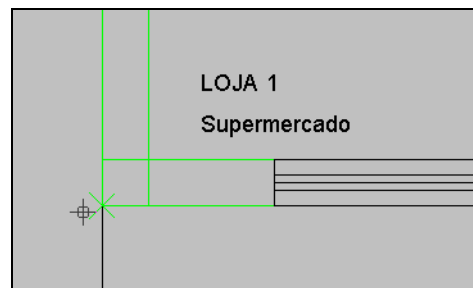


Fig. 3.347

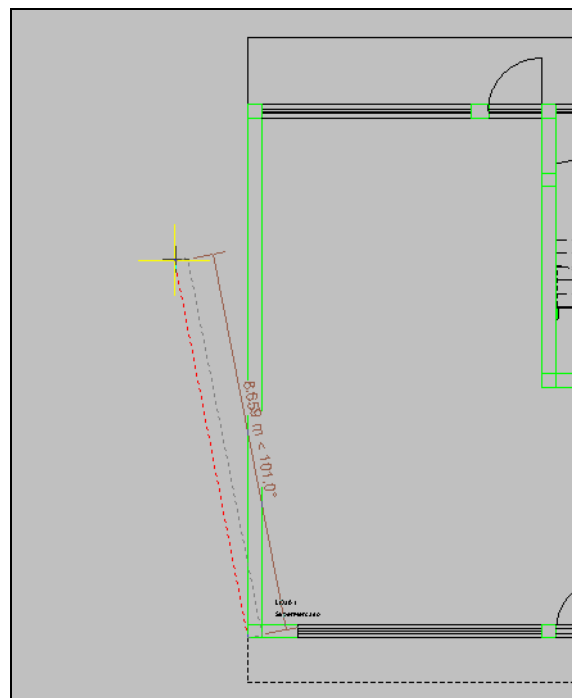



Fig. 3.348

- Prima no canto superior esquerdo do pilar  localizado no canto superior esquerdo do edifício conforme a figura seguinte.

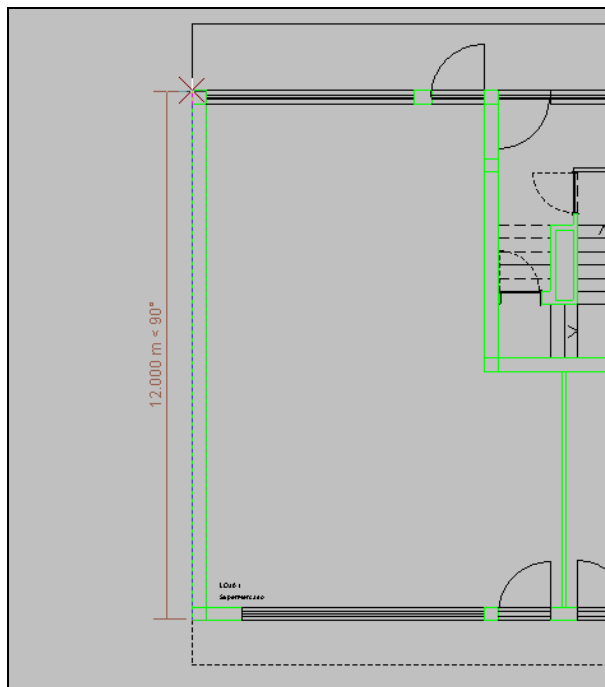



Fig. 3.349

- Prima no canto superior direito do pilar  localizado no canto superior direito do edifício conforme a figura seguinte.

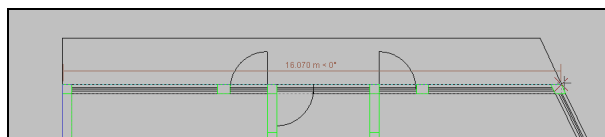



Fig. 3.350

- Prima no canto inferior direito do pilar  localizado no canto inferior direito do edifício conforme a figura seguinte.

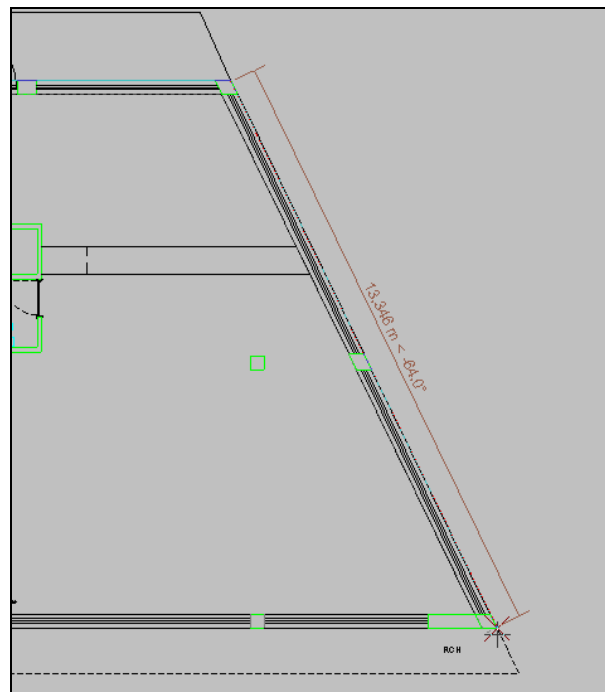



Fig. 3.351

- Prima agora no mesmo ponto onde iniciou a definição da parede  conforme a figura seguinte.

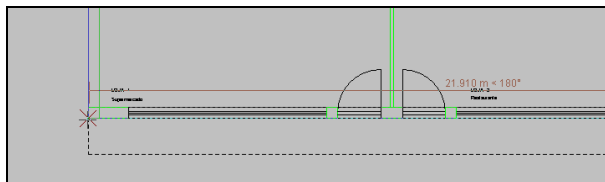



Fig. 3.352

- Para terminar prima .
- Prima em **Obra > 3D**, seguidamente, surge a possibilidade de escolher se deseja desenhar a máscara, conforme a figura seguinte.

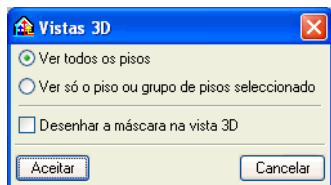


Fig. 3.353

- Prima **Aceitar**.
- Deverá obter o resultado da figura seguinte.

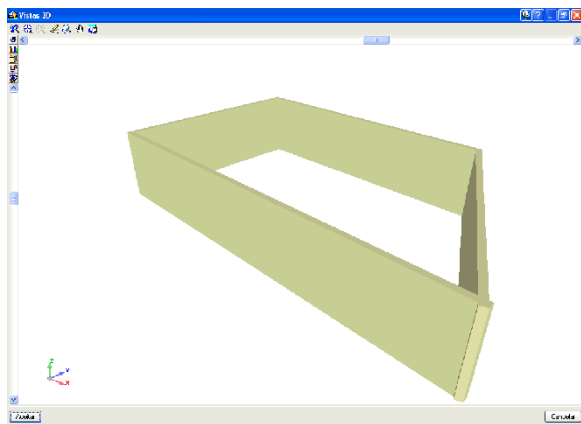


Fig. 3.354


- Proceda à introdução das restantes paredes tendo em conta o seguinte.
- Para a parede **envolvente da caixa de escadas** introduza uma **parede interior**, conforme as figuras seguintes.



Fig. 3.355



Fig. 3.356

- Prima **Aceitar**.
- Prima **Copiar**  confirme a figura seguinte.

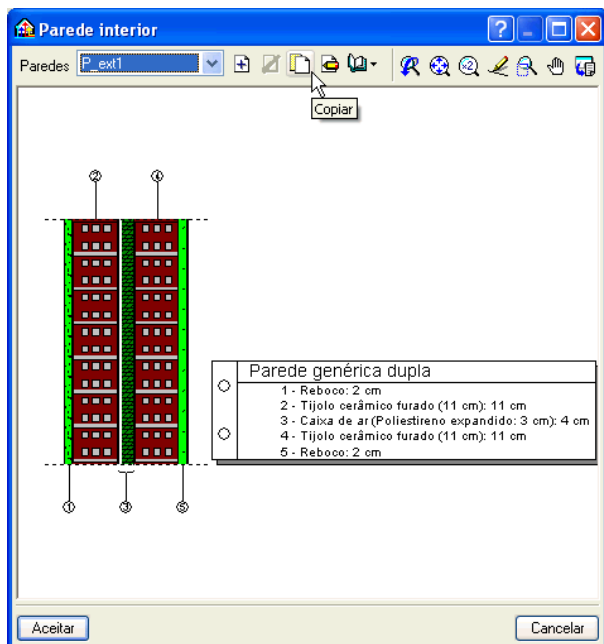


Fig. 3.357

- Introduza o nome da parede **P\_int1** e prima **Aceitar**.
- Introduza a parede de forma a contornar a caixa de escadas conforme a figura seguinte.

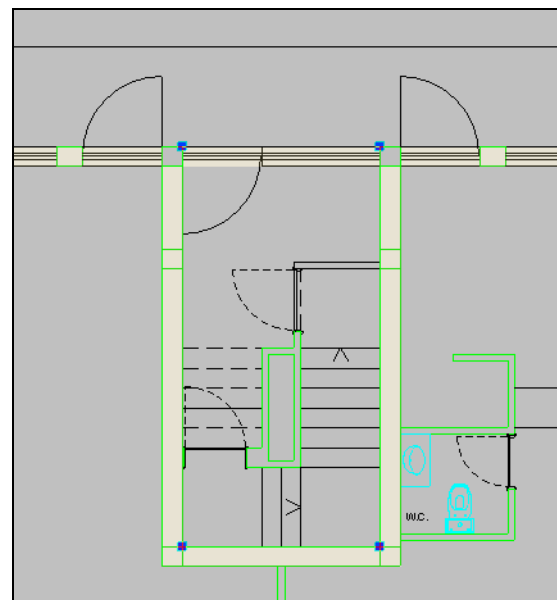



Fig. 3.358

- Para as restantes **paredes interiores** utilize a **Parede Tipo** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.359

- Prima **Aceitar**.
- Prima .

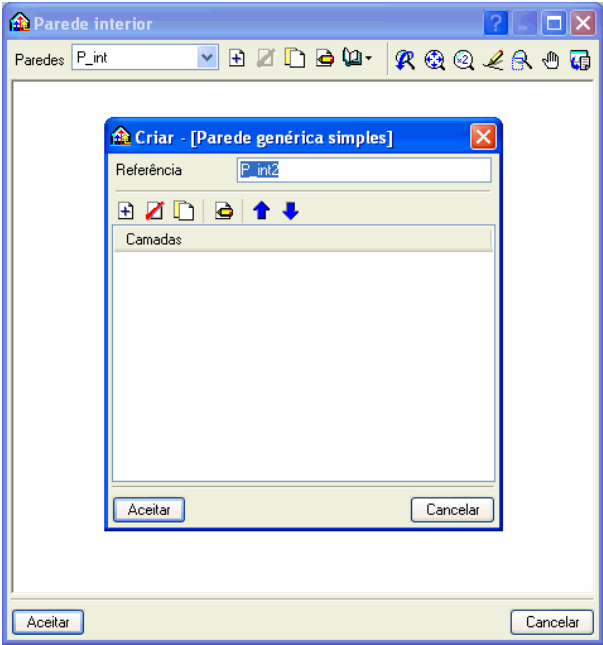


Fig. 3.360

- Prima .

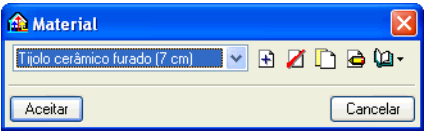


Fig. 3.361


- Prima novamente , o reboco que vem na tabela tem 2cm de espessura, assim vamos criar um reboco com 1.5cm conforme a figura seguinte.



Fig. 3.362

- Prima **Aceitar** duas vezes.
- Crie a restante parede conforme descrito anteriormente até chegar ao resultado da figura seguinte.

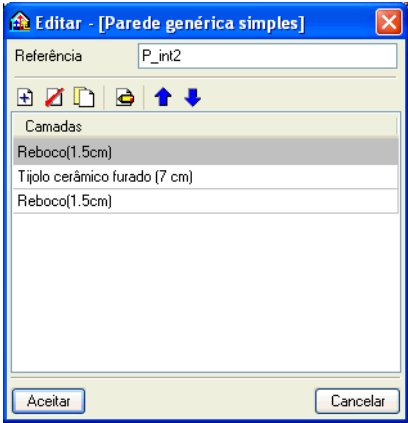


Fig. 3.363

- Prima **Aceitar**.

- Introduza a parede conforme explicado anteriormente, de forma a dividir as duas lojas e criar o espaço destinado ao WC.
- Deverá obter o resultado das figuras seguintes.

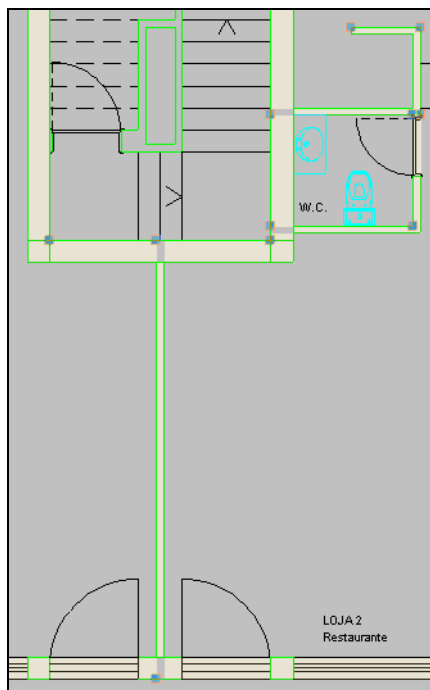


Fig. 3.364

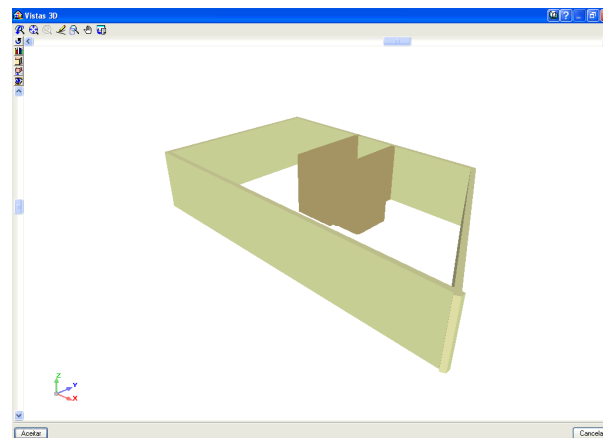


Fig. 3.365

### 3.6.2.8.1.2. Lajes

- Prima **Elementos > Lajes > Novo**.
- Surge uma barra de ferramentas, prima

Selecione **Pavimento térreo** conforme a figura seguinte.

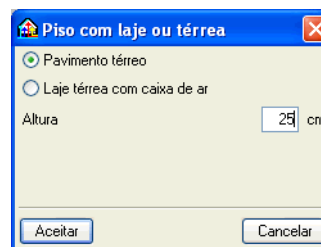




Fig. 3.366

- Prima **capturas** e desactive todas. Vamos definir a laje.

- Prima nos quatro cantos exteriores do edifício com  , para terminar prima  , automaticamente o programa fechará o contorno da laje e obterá o resultado das seguintes figuras.

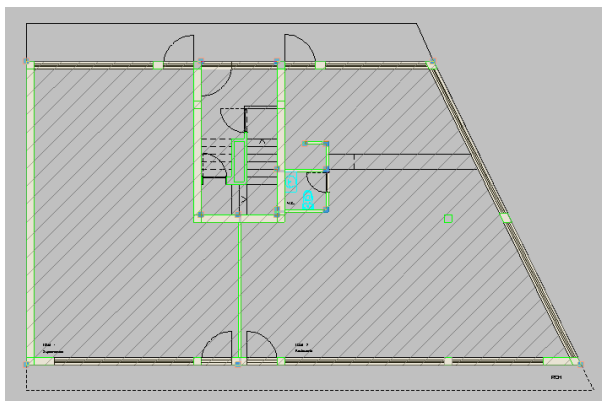


Fig. 3.367

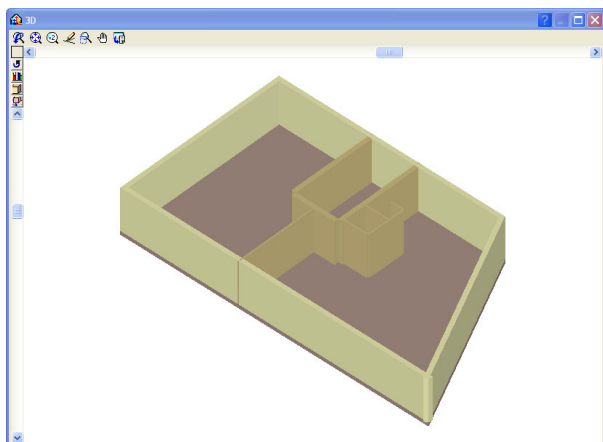


Fig. 3.368

### 3.6.2.8.1.3. Aberturas

- Prima **Elementos > Aberturas > Novo**.

- Selecciona **Janela**.



Fig. 3.369

- Defina a **Janela** de acordo com as figuras seguintes.

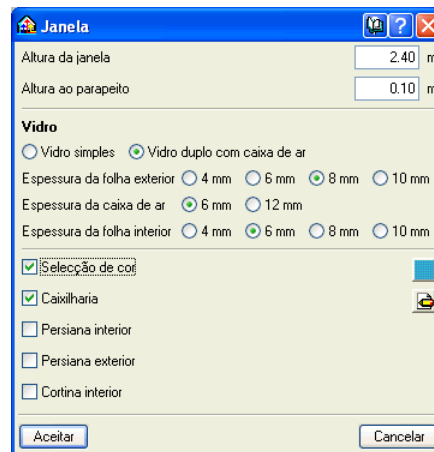


Fig. 3.370

- Prima  , na janela **Caixilharia** altere a largura e altura para 8 cm conforme a figura seguinte.

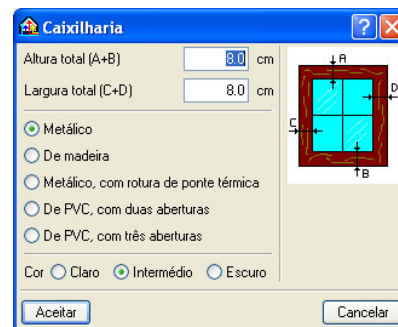



Fig. 3.371

- Prima **Aceitar** duas vezes.
- Prima no início e no final da janela  conforme as figuras seguintes e obterá o resultado da figura seguinte.

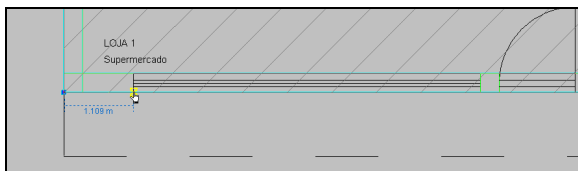


Fig. 3.372

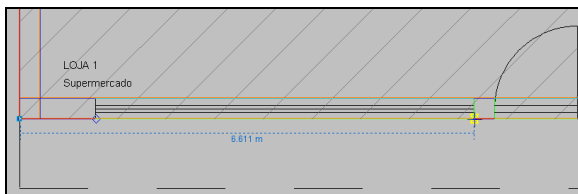


Fig. 3.373

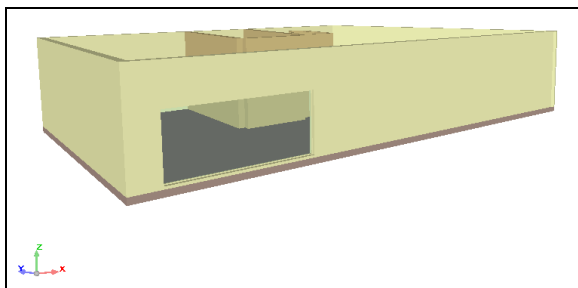


Fig. 3.373

- Introduza as restantes janelas da mesma forma.
- Chegará ao resultado da figura seguinte seguinte.

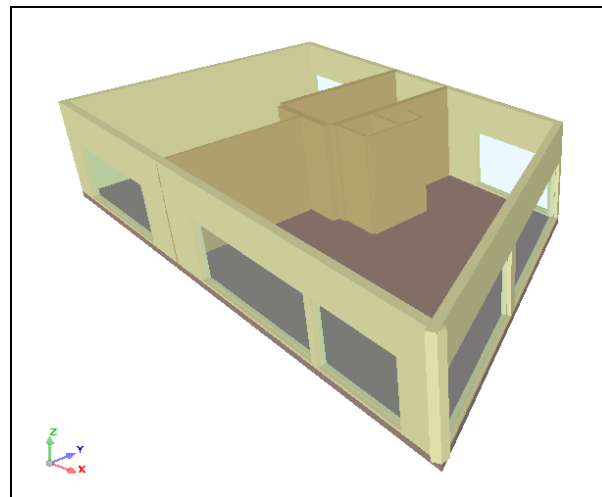


Fig. 3.374

- Prima **Elementos > Aberturas > Novo**.
- Seleccione **Porta**.





Fig. 3.375

- Seleccione **Porta**.
- Defina uma **Porta Genérica** de acordo com a figura seguinte.



Fig. 3.376

- Prima **Aceitar**.
- Prima sobre uma das extremidades das portas  , mova o cursor no sentido para onde a porta se desenvolve e prima novamente  (não é necessário premir na outra extremidade da porta), conforme a figura seguinte.

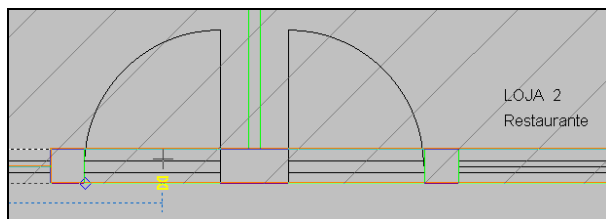


Fig. 3.377

- Introduza todas as portas, são todas iguais com excepção da porta da casa de banho que terá as características da figura seguinte.



Fig. 3.378

- Chegará ao resultado da figura seguinte.

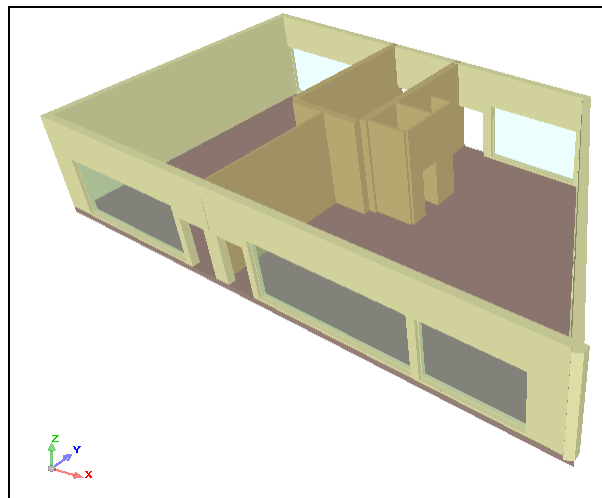


Fig. 3.379

- Prima o ícone **Subir de grupo** .

### 3.6.2.9. Introdução do 1º Andar.

- A introdução de dados neste grupo é semelhante à efectuada no Rés do chão.
- Introduza a **laje entre pisos**.
- Prima **Elementos > Lajes > Novo**.



Fig. 3.380

- Selecione **laje maciça** conforme a figura seguinte.

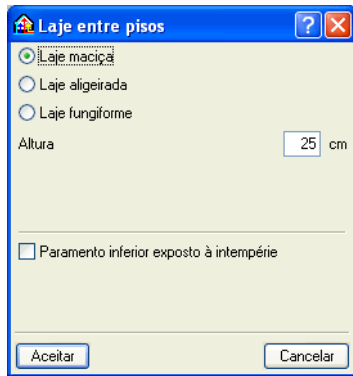






Fig. 3.381

- Prima **Aceitar**.

Vamos definir a laje entre pisos.

- Prima , seleccione  ☒ **Intersecção** e prima **Aceitar**.
- Prima nas quatro extremidades da máscara dwg com , para terminar prima , obterá o resultado das figuras seguintes.

Repare que a trama que surge significa a presença da laje.

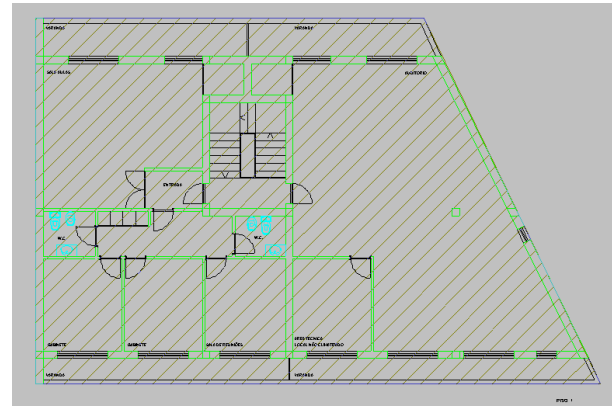


Fig. 3.382

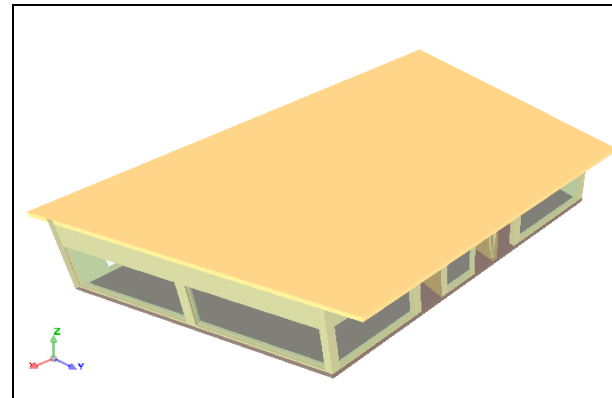


Fig. 3.383

- Introduza as paredes conforme o fez no grupo Rés do chão, serão exactamente os mesmos tipos de parede. Não esquecer de diferenciar as paredes exteriores das interiores, por outro lado quando surgir um círculo vermelho, quer dizer que a parede não foi bem introduzida pois não está a intersectar correctamente a outra parede existente, para isso apague-a e volte a introduzir novamente, de forma a intersectar correctamente a outra parede.

- Introduza as janelas da mesma forma como fez no grupo Rés do chão, mas com dimensões diferentes, conforme a figura seguinte; por simplificação todas terão dimensões iguais.

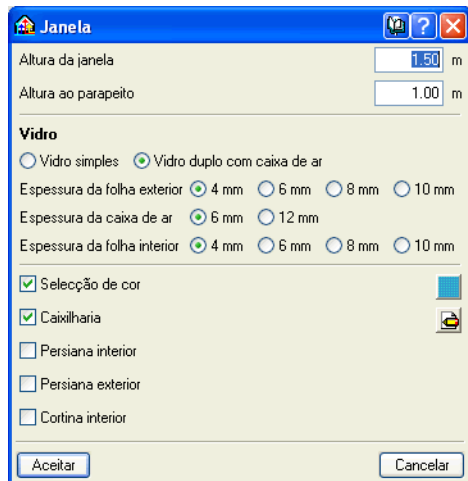


Fig. 3.384

- Introduza as **portas** conforme o fez no grupo Rés do chão e de acordo com a figura seguinte.



Fig. 3.385

A **porta da sala de aulas** é a única com dimensões diferentes sendo em **vidro** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.386

- Chegará ao resultado das figuras seguintes.

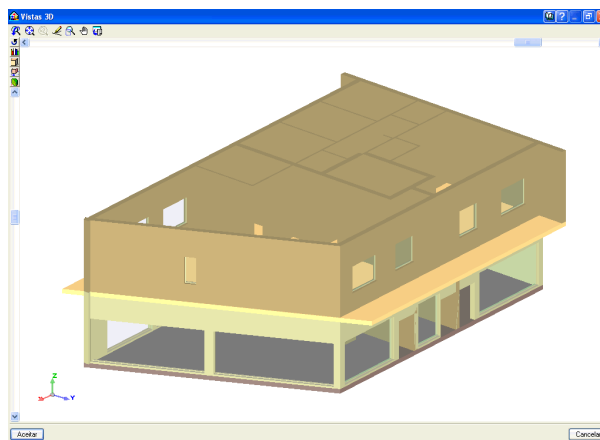


Fig. 3.387

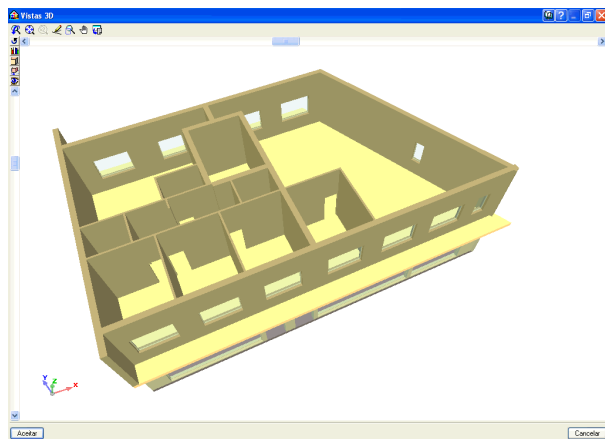


Fig. 3.388

- Prima o ícone **Subir de grupo** .

### 3.6.2.10. Introdução da Cobertura.



- Vamos introduzir os dados no grupo da **cobertura**.
- Prima , seleccione  ☒ **Intersecção** e prima **Aceitar**.
- Prima **Elementos > Lajes > Novo**.
- Seleccione uma **laje maciça** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.389

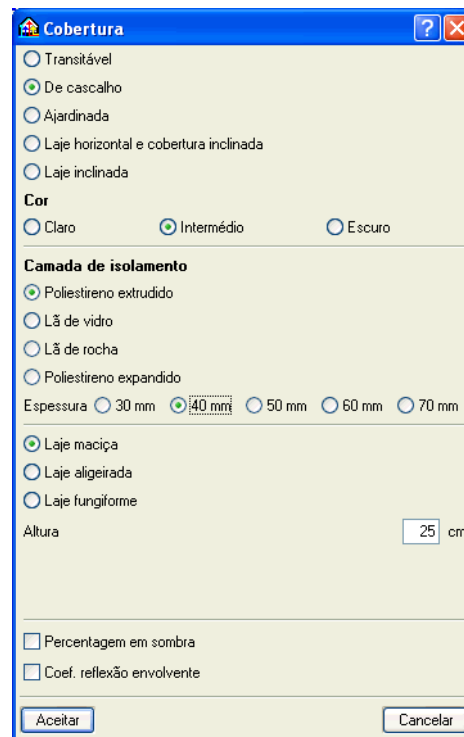




Fig. 3.390

- Prima nas quatro extremidades da máscara dwg com , para terminar prima , obterá o resultado das figuras seguintes.

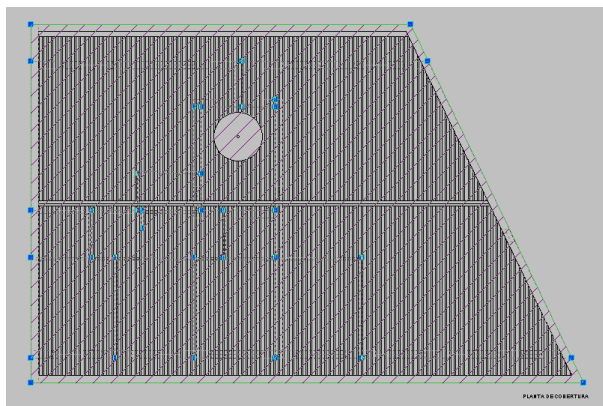


Fig. 3.391

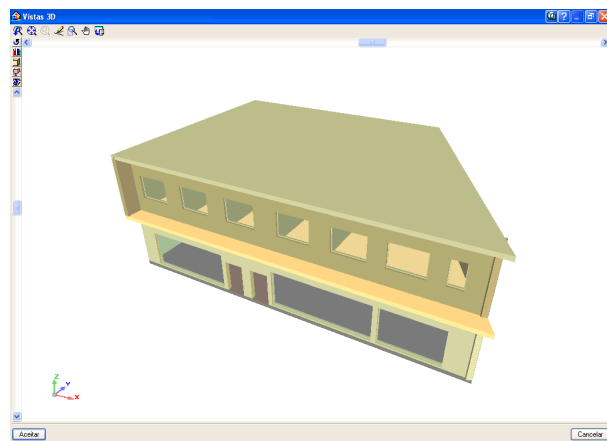


Fig. 3.392

- Prima **Elementos > Aberturas > Novo**.



Fig. 3.393

- Introduza agora uma clarabóia circular com as características da figura seguinte; na selecção da cor escolha **Fosco claro**.

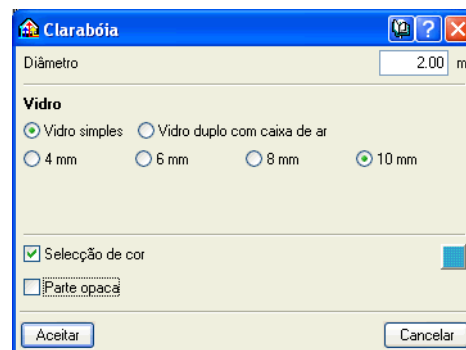





Fig. 3.394

- Prima , seleccione  **Centro** e prima **Aceitar**.
- Coloque o cursor junto ao centro do círculo no interior da clarabóia, quando o programa detectar o centro prima  e chegará ao resultado das figuras seguintes.

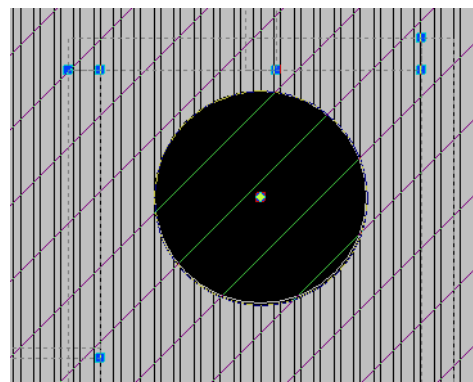


Fig. 3.395

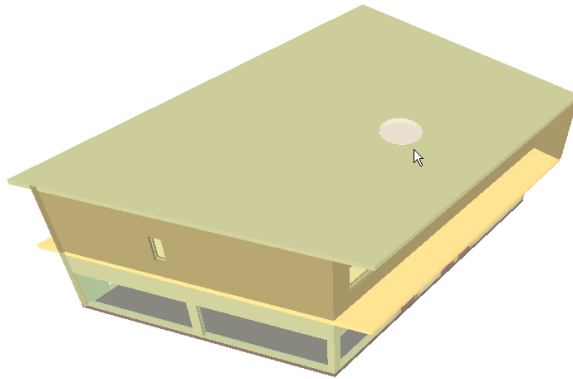


Fig. 3.396

- Finalizamos assim a introdução da arquitectura do edifício.

Clique no ícone **Descer de grupo**, para se situar no grupo **Rés do chão**.

### 3.6.2.11. Compartimentos

#### 3.6.2.11.1. Criação de Compartimentos

- Prima **Compartimentos>Novo**.
- Preencha de acordo com a figura seguinte.

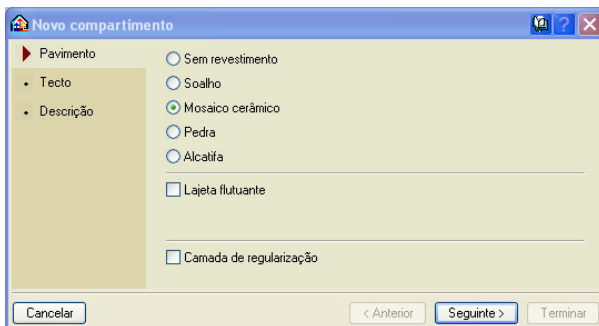


Fig. 3.397

- Prima **Tecto** e seleccione **Com reboco** conforme a figura seguinte.

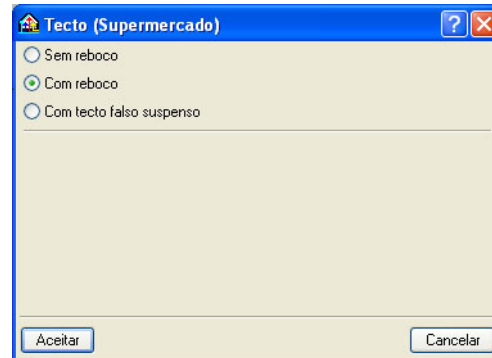


Fig. 3.398

- Prima **Descrição** e seleccione **Supermercados** conforme a figura seguinte.

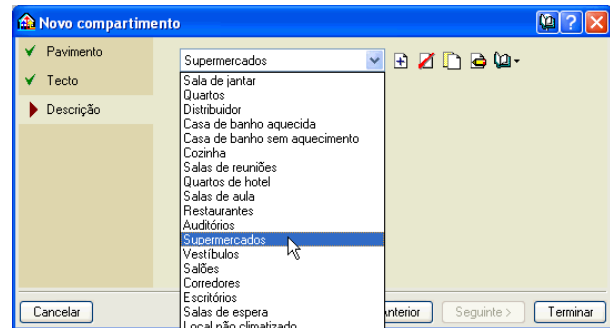


Fig. 3.399

- Prima **Terminar**.
- Prima sobre a **loja 1 (Supermercado)**.
- Coloque **Supermercado** na referência, conforme a figura seguinte e prima **Aceitar**.

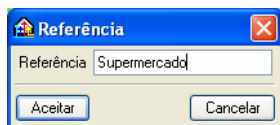


Fig. 3.400

- Chegará ao resultado da figura seguinte.

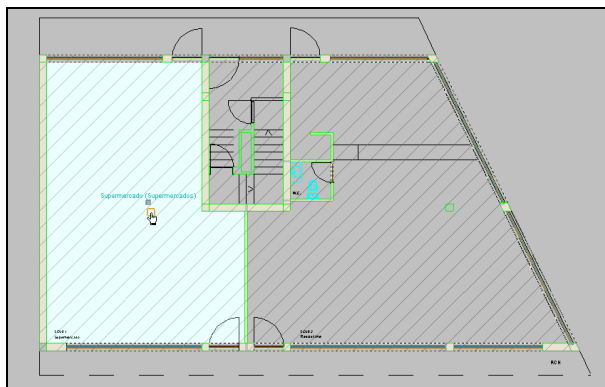




Fig. 3.401

- Prima **Compartimentos>Novo** e repita o procedimento até **Descrição**, em alternativa pode premir .
- Selecciona **Restaurantes**.
- Poderá criar novos tipos de compartimentos ou alterar os existentes, prima **Editar** .
- Modifique a **Ocupação** e a **Iluminação** de acordo com as figuras seguintes.

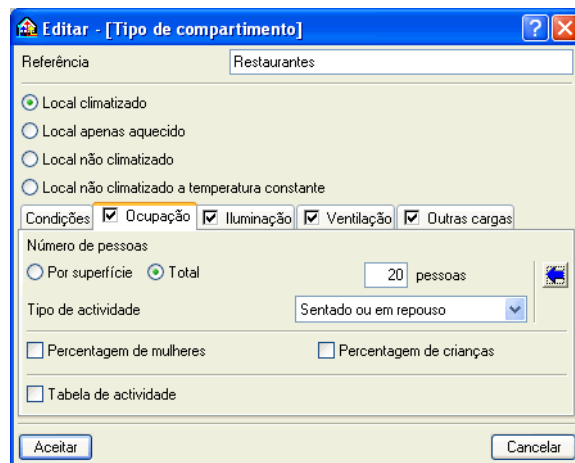


Fig. 3.402

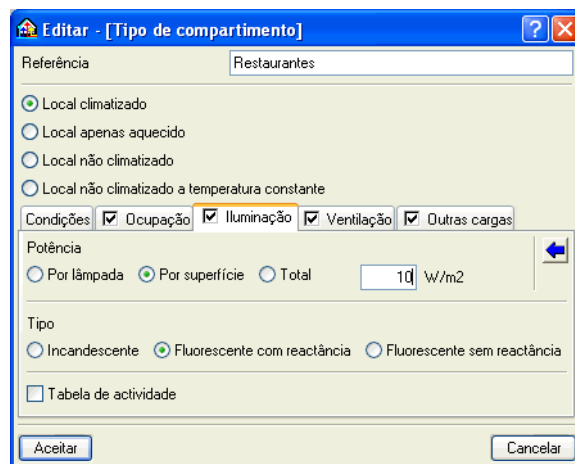



Fig. 3.403

- Prima **Aceitar** e de seguida **Terminar**.
- Prima sobre a **loja 2 (Restaurante)**.

- Na referência coloque Restaurante e prima **Aceitar**.
- Defina os restantes compartimentos deste grupo da mesma forma como **Caixa de escadas** e **Casa de banho**, altere apenas a descrição para **Local não climatizado**.

### 3.6.2.11.2. Conjunto de Compartimentos

- Inicia-se a definição dos conjuntos de compartimentos de forma a fazer o seu agrupamento.
- Prima **Compartimentos>Conjunto de compartimentos>Atribuir**.
- Prima , coloque na descrição Restaurante Loja 2, conforme a figura seguinte.

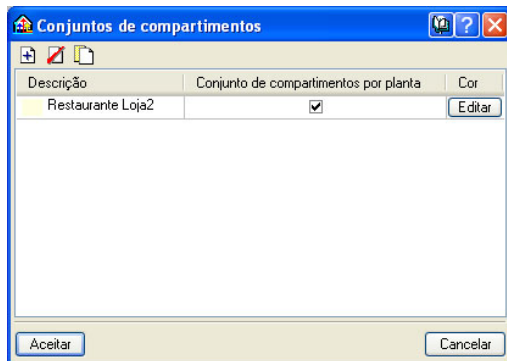


Fig. 3.404

- Prima Aceitar.
- Prima sobre os compartimentos **Restaurante e Casa de banho**.
- Pelo mesmo processo crie dois conjuntos de compartimentos **Supermercado Loja 1** e **Escadas**, conforme a figura seguinte, sendo que o primeiro se trata de um compartimento isolado

e as escadas serão posteriormente agrupadas às escadas do piso superior.

- Premindo editar pode alterar a cor dos mesmos para facilitar a sua visualização.

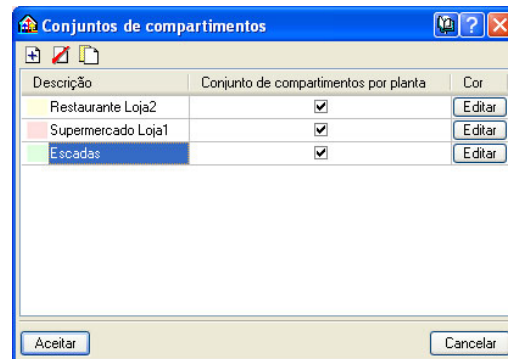


Fig. 3.405

- Chegará ao resultado da figura seguinte.

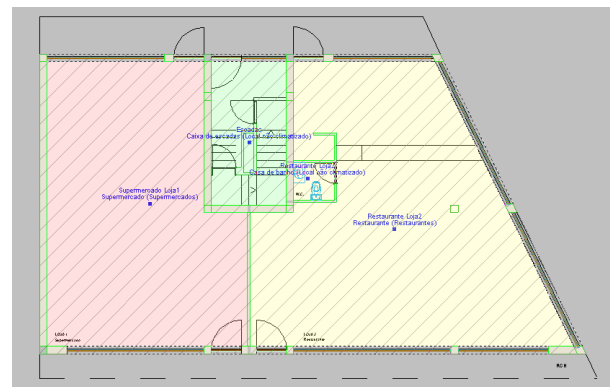


Fig. 3.406

- Note que o programa atribui o conjunto de compartimentos a partir do seleccionado na figura seguinte.

Clique no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo **1º Andar**.

- Pelo processo referido faz-se a definição dos compartimentos neste grupo através do comando **Compartimentos>Novo**.
- Todos os compartimentos terão o pavimento da figura seguinte.

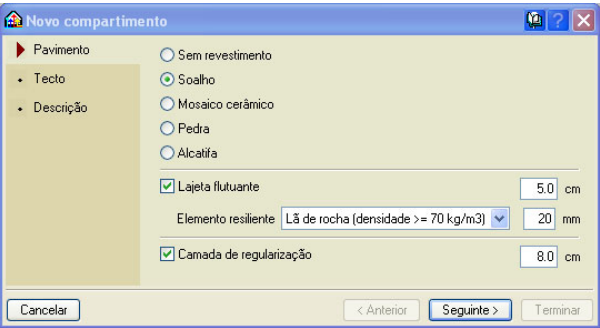


Fig. 3.407

- Os compartimentos **Auditório** e **Sala de aulas** terão o **Tecto** da figura seguinte, os **restantes** terão o da fig 3.409.

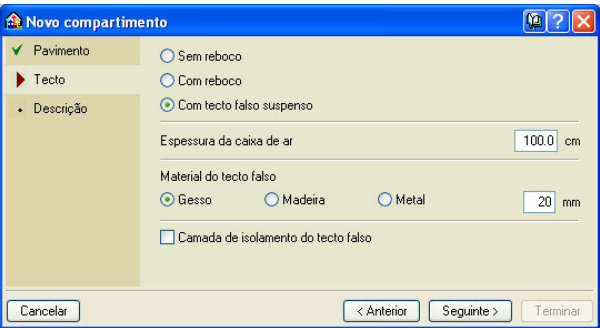


Fig. 3.408

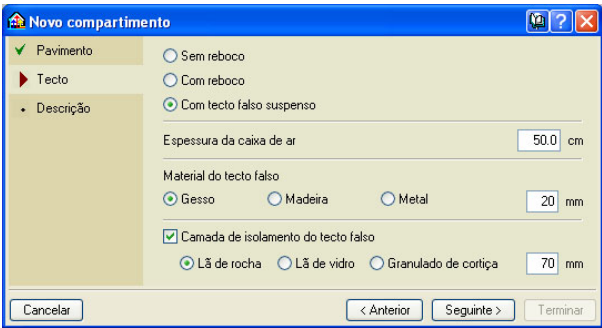


Fig. 3.409

- A **Descrição** dos Compartimentos e a **Referência** será feita de acordo com a seguinte tabela.

Designação	Descrição	Referência
Auditório	Auditórios	Auditório
Sala de Aulas	Salas de aula	Sala de Aulas
Sala de reuniões	Escritórios	Sala de reuniões
Gabinetes	Escritórios	Gabinete 1 (esquerda) e 2
Corredor	Vestíbulos	Corredor
W.C.	Casas de banho sem aquecimento	Casa de banho 1 (esquerda) e 2
Entrada	Local não climatizado	Entrada
Área técnica	Local não climatizado	Arrumos
Escadas	Local não climatizado	Escadas

Fig. 3.410

- Prima **Compartimentos>Descrição** e clique sobre o corredor, surge a janela da figura seguinte.

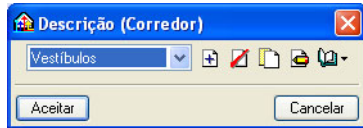



Fig. 3.411

- Prima  e altere a **Ocupação** conforme a figura seguinte.

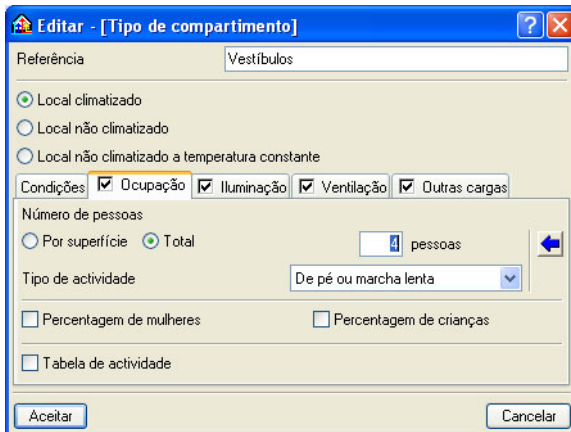


Fig. 3.412

- Todo o grupo 1º Andar será agrupado num compartimento denominado **Escola**.
- Prima **Compartimentos>Conjunto de compartimentos>Atribuir**.
- Crie um conjunto de compartimentos denominado **Escola** conforme a figura seguinte.

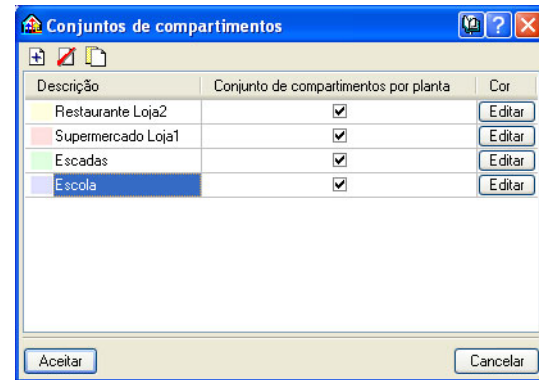


Fig. 3.413

- Prima **Aceitar** e clique sobre **todos os compartimentos** excepto as **escadas** que deverá associar ao conjunto de compartimentos **Escadas**.
- Neste momento podemos **calcular** para obter resultado de **cargas térmicas**.
- A obra exemplo **clima2** tem os dados introduzidos até este ponto.

### 3.6.2.12. Resultados e Verificar (Cargas Térmicas)

- Prima **Cálculo>Resultados e verificar**.
- Passando o cursor sobre cada compartimento surgirá um resumo do cálculo conforme a figura seguinte.

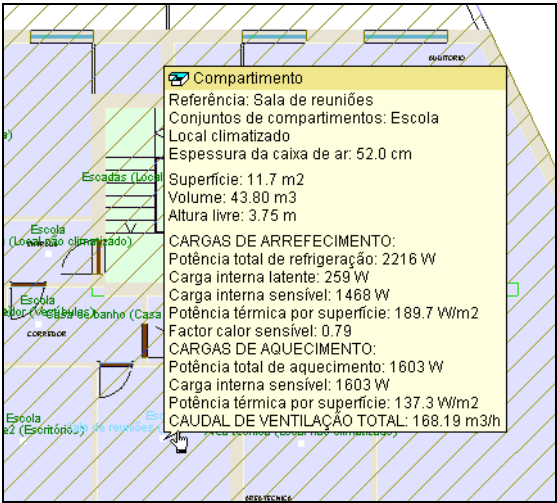


Fig. 3.414

- Ao premir sobre o compartimento tem acesso a uma **Listagem detalhada do cálculo, Evolução por horas e anual da potência térmica**, conforme figuras seguintes.

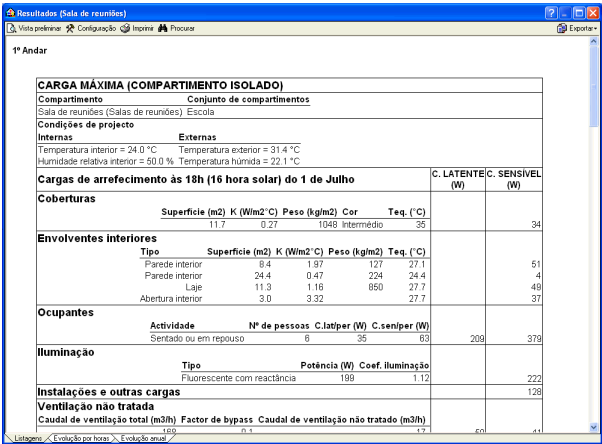


Fig. 3.415

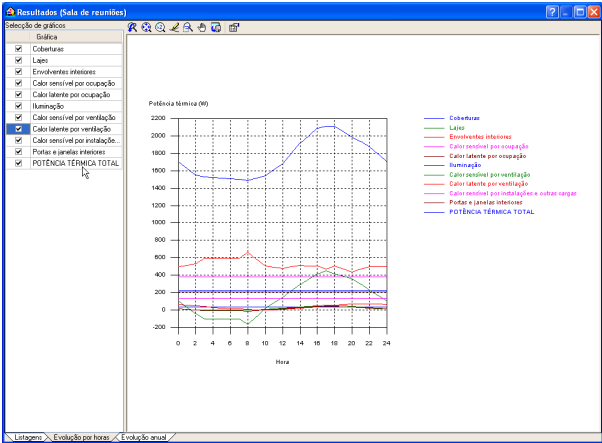


Fig. 3.416

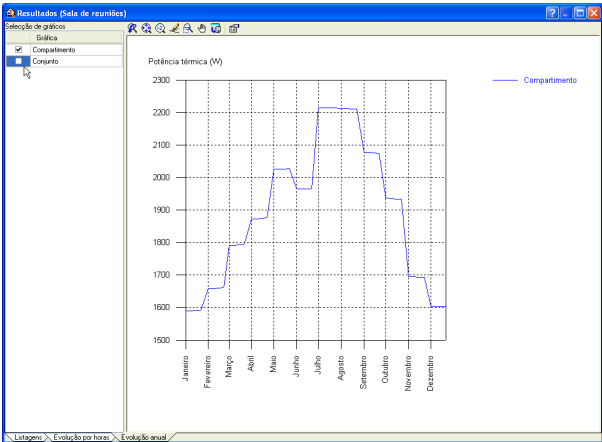


Fig. 3.417

### 3.6.2.13. Introdução da Instalação

#### 3.6.2.13.1 Equipamentos


- Clique no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo **Cobertura**.
- Prima **Instalação>Unidades centrais de ar condicionado**.
- Seleccione **Bomba de calor reversível, exterior, sistema ar-água**.



Fig. 3.418


Seleccione o **equipamento “CIATESA”** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.419

- Prima **Aceitar** e introduza **2 equipamentos** (para o equipamento da direita seleccione o **modelo 120/23Kw**), sobre a cobertura conforme a figura

seguinte, premindo sobre a cobertura. Para melhor visualização pode desactivar

temporariamente a máscara dwg, isto em  na barra de ferramentas superior.

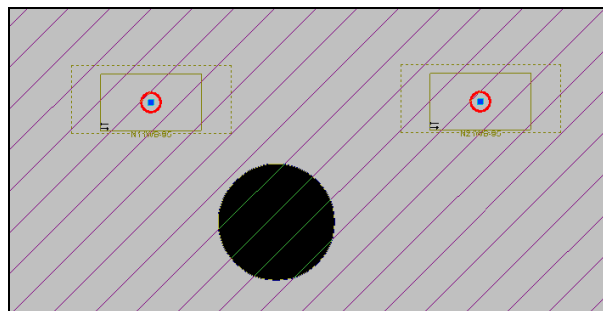



Fig. 3.420

- O símbolo no canto do ecrã  e os círculos a vermelho que significam um erro, desaparecerão após a introdução da restante instalação. Trata-se neste momento de uma mensagem de como a instalação está desligada.
- Seleccione novamente **Bomba de calor reversível, exterior, sistema ar-água**.
- Seleccione o **equipamento “LENNOX”** conforme a figura seguinte.

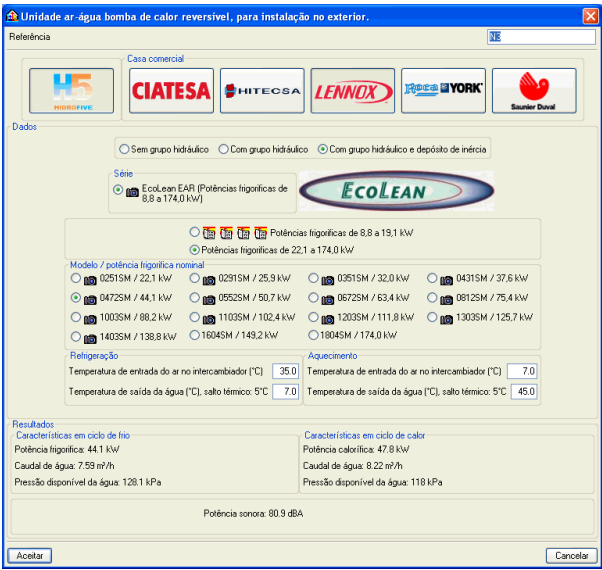


Fig. 3.421

- Prima **Aceitar** e introduza o equipamento premindo sobre a cobertura conforme as figuras seguintes.

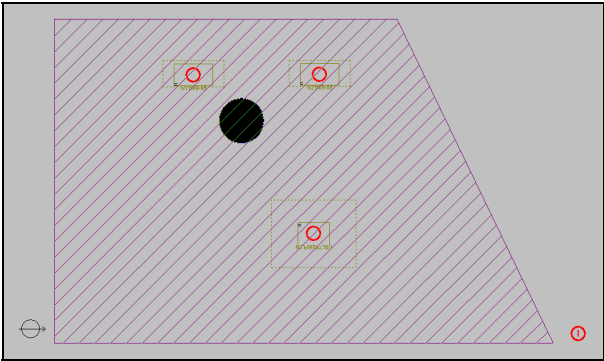


Fig. 3.422

- Para se indicar um ângulo, prima em **Instalação** > **Ângulo**, prima sobre o aparelho e com ajuda

do cursor coloque um ângulo próximo de 50º , conforme indica figura seguinte.

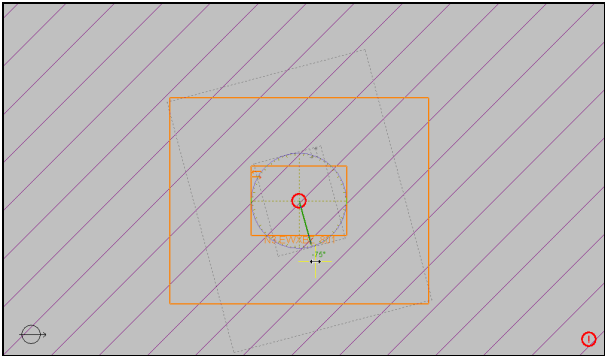


Fig. 3.423

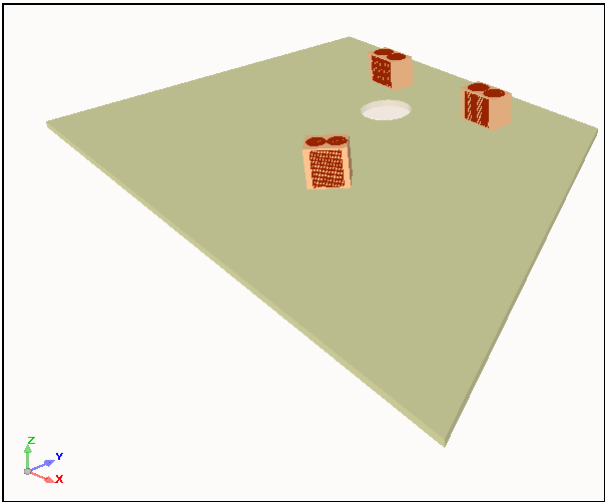



Fig. 3.424

### 3.6.2.13.2. Sistemas de condução de água

#### 3.6.2.13.2.1. Tubagens verticais

- Passamos agora à introdução das tubagens verticais, estas podem ser introduzidas em qualquer grupo de modo a facilitar a decisão da localização das mesmas.
- Clique no ícone  **Descer de grupo**, para se situar no grupo 1º Andar.
- Prima **Instalação>Sistemas de condução de água**.
- Prima **tubagem vertical**.

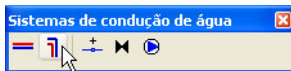


Fig. 3.425

- De imediato surge uma janela para se escolher o tipo de material da tubagem. Seleccione de acordo com a imagem seguinte.

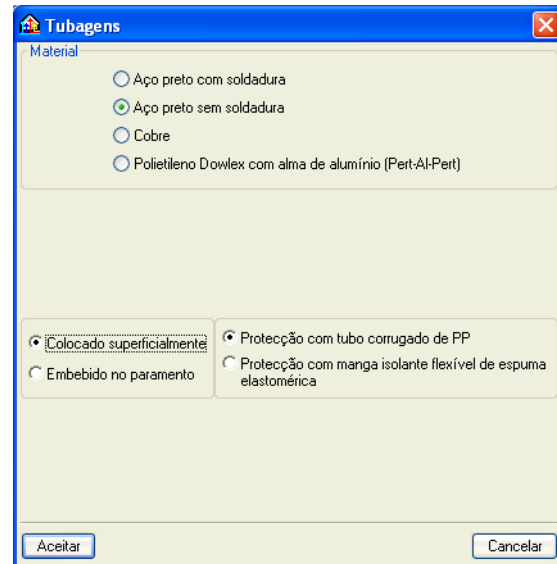


Fig. 3.426

- Altere os dados conforme a figura seguinte.

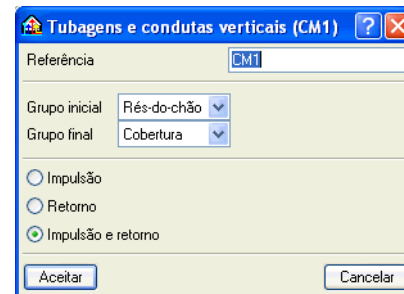


Fig. 3.427

- Prima **Aceitar** e introduza a tubagem conforme a figura seguinte.

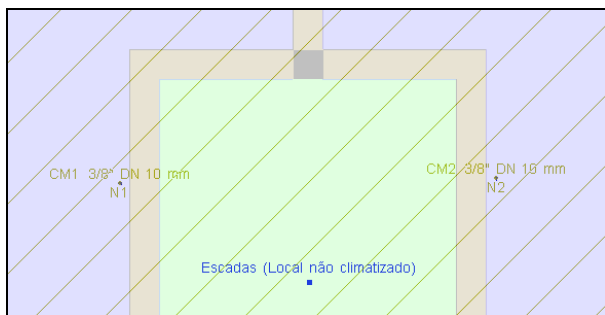


Fig. 3.428

- Introduza uma terceira **tubagem vertical** com uma única diferença em relação às anteriores, esta inicia-se no grupo **1º Andar** e termina na **Cobertura**, para a localização da mesma observe a figura seguinte.

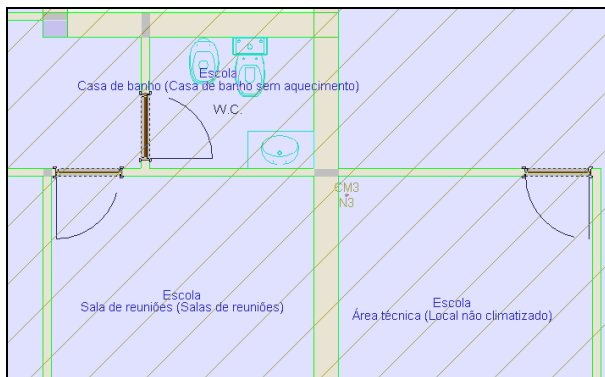



Fig. 3.429

### 3.6.2.13.2.2. Tubagens horizontais

- Clique no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo **Cobertura**.
- Prima **Instalação>Sistemas de condução de água**.

- Prima **tubagem horizontal**.

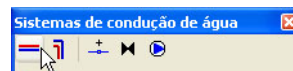


Fig. 3.430

- Seleccione **Impulsão e retorno**.

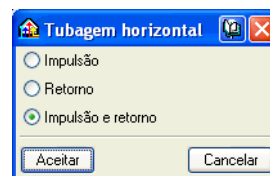


Fig. 3.431

- Prima **Aceitar** e introduza a tubagem conforme a figura seguinte, ligando os **equipamentos** à **tubagem vertical**, conforme a figura seguinte.

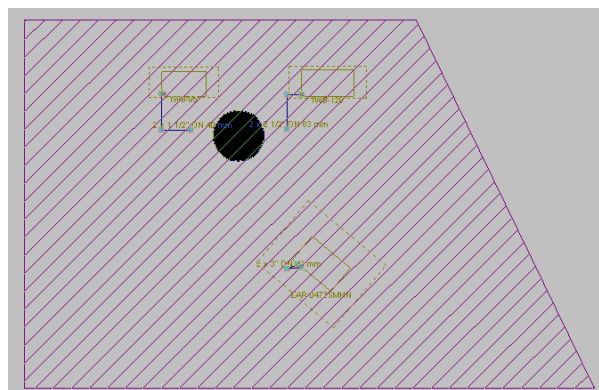



Fig. 3.432

- Se pretender visualizar no ecrã o tipo de tubagem, prima em **Obra>Ver** e active a opção **Descrição**.

### 3.6.2.13.3. Continuação introdução de dados da instalação

- Prima . Selecciona o grupo **Rés do chão** e prima **Aceitar**.
- Começamos pelo **Restaurante**.
- Prima **Instalação>Unidades não autónomas de ar condicionado(fan-coils)**.
- Selecciona o **fan-coil de tecto, sistema ar-água, com distribuição por condutas** conforme a figura seguinte.

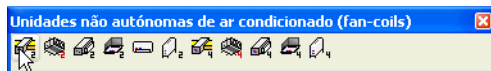


Fig. 3.433

- Selecciona o equipamento "HITECSA" conforme a figura seguinte.

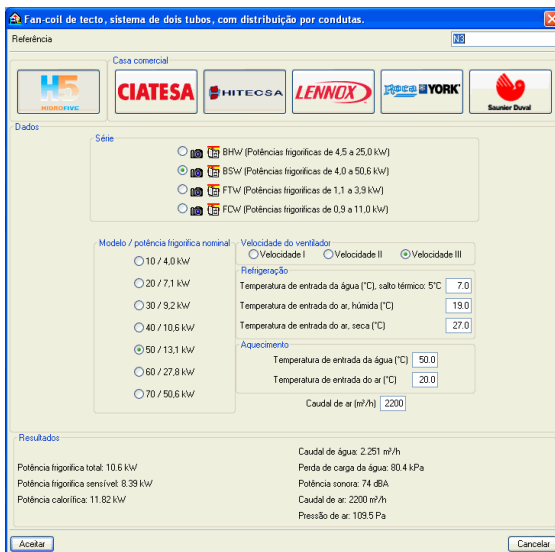


Fig. 3.434

- Prima **Aceitar**, introduza o **equipamento** e faça a ligação ao mesmo com tubagens horizontais conforme a figura seguinte.

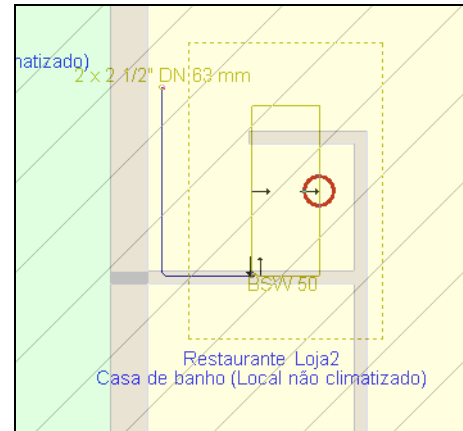


Fig. 3.435

### 3.6.2.13.4. Sistemas de condução de ar

- Prima **Instalação>Sistemas de condução de ar**.
- Selecciona **conduta horizontal**.

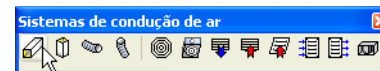


Fig. 3.436

- Selecciona os materiais de acordo com a imagem seguinte.



Fig. 3.437

- Seleccione uma **conduta** com **300 mm por 300 mm** e prima **Aceitar**.
- Introduza as condutas conforme a figura seguinte.

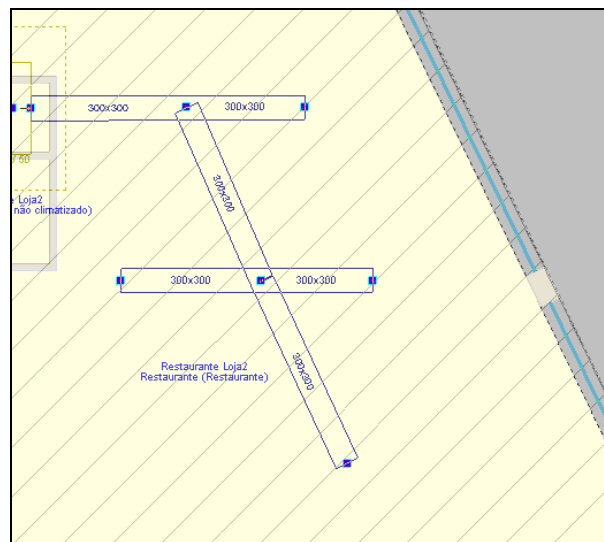


Fig. 3.438

- Prima **Instalação>Sistemas de condução de ar**.
- Prima **Difusor**.

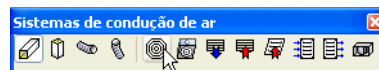


Fig. 3.439

- Seleccione um **difusor** conforme a figura seguinte.

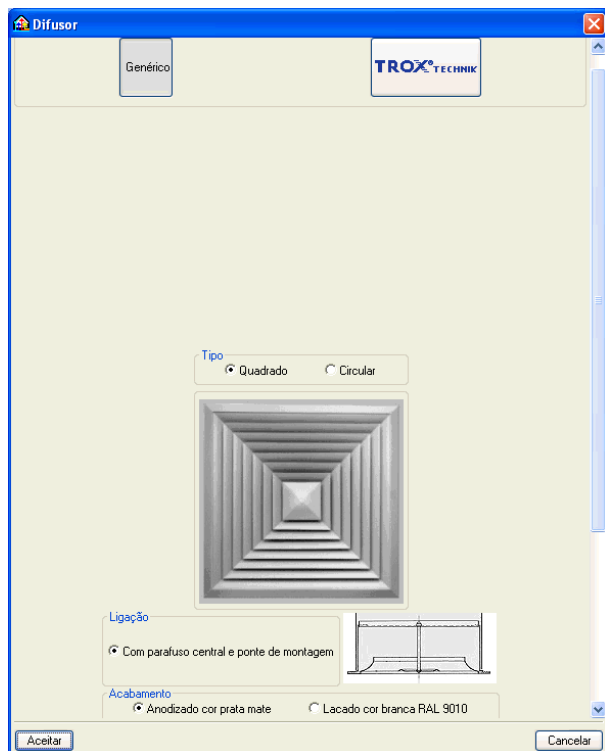


Fig. 3.440

- Prima **Aceitar**
- Selecione uma cota de 0.7m conforme a figura seguinte.

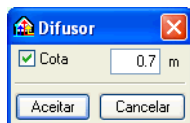


Fig. 3.441

- Prima nas extremidades das condutas, a visualização 3D ficará de acordo com a figura seguinte.

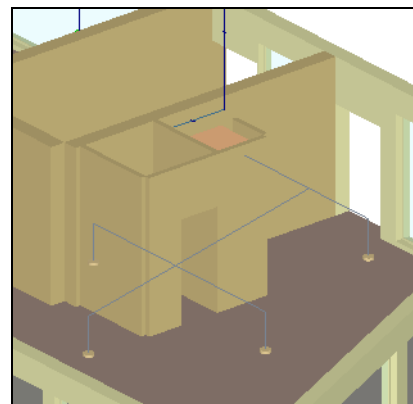


Fig. 3.442

- Prima **Instalação** > **Sistemas de condução de ar** e seleccione uma **conduta horizontal**.
- Mantenha a secção 300x300 e introduza uma tubagem a ligar o **Fan-coil** ao **exterior do edifício** conforme a figura seguinte.

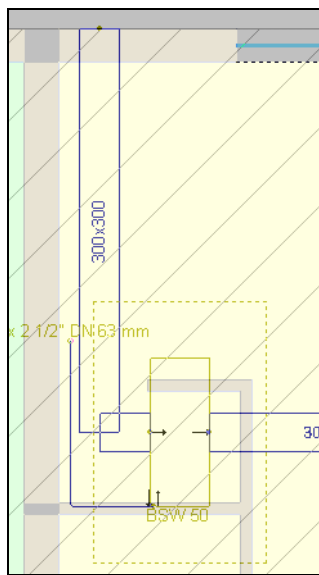


Fig. 3.443

- Prima **Instalação>Sistemas de condução de ar** e seleccione uma **Rede de entrada de ar**.

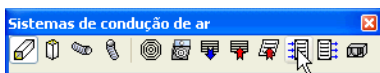


Fig. 3.444

- Altere os dados de acordo com a figura seguinte.

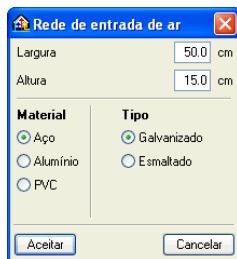


Fig. 3.445

- Prima **Aceitar** e clique sobre a extremidade da tubagem que está no limite do edifício conforme a figura 3.546.

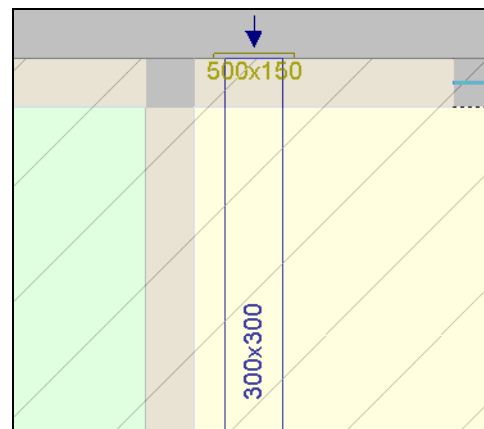


Fig. 3.446

### 3.6.2.13.5. Continuação da introdução geral de dados

- Prima **Instalação>Sistemas de condução de água**.

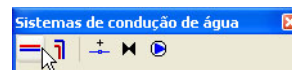


Fig. 3.447

- Introduza uma **tubagem horizontal**, conforme as figuras seguintes, a tubagem tem início na coluna montante e irá estar no limite da parede exterior.

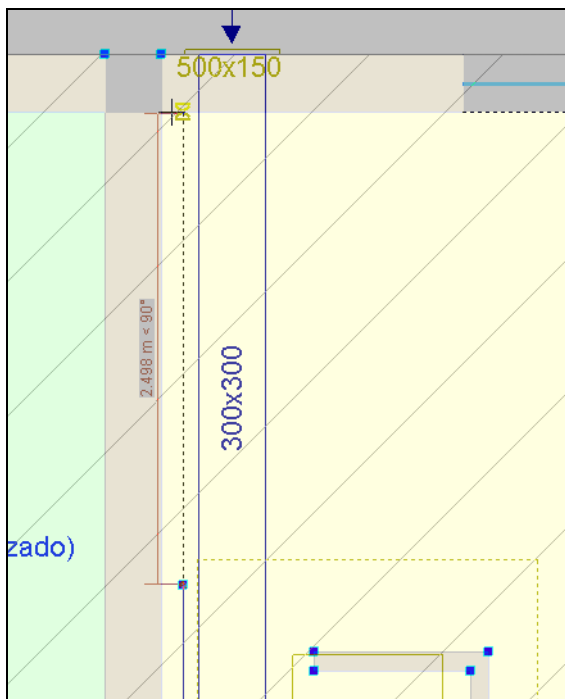


Fig. 3.448

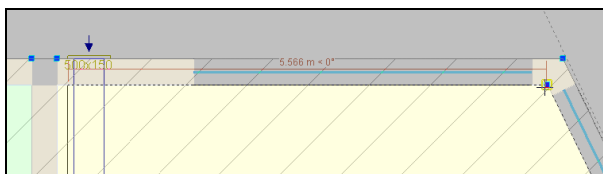


Fig. 3.449

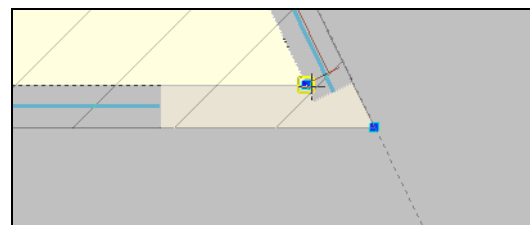


Fig. 3.450

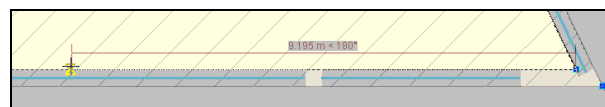


Fig. 3.451

- **Prima Instalação > Equipamentos** e escolha um **fan-coil vertical de piso, sistema ar-água**.

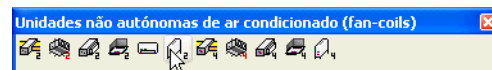


Fig. 3.452

- Seleccione o equipamento "Lennox" conforme a figura seguinte.

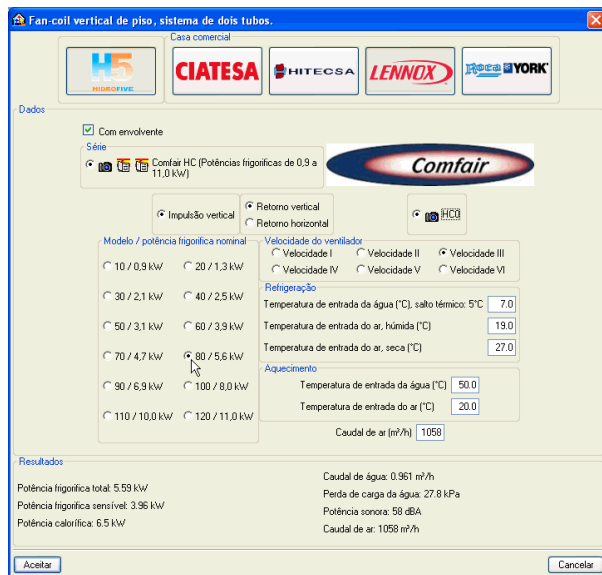


Fig. 3.453

- Prima **Aceitar** e coloque junto à tubagem/parede exterior anteriormente introduzida, **quatro equipamentos** conforme a figura seguinte.
- O equipamento adapta-se automaticamente à tubagem.

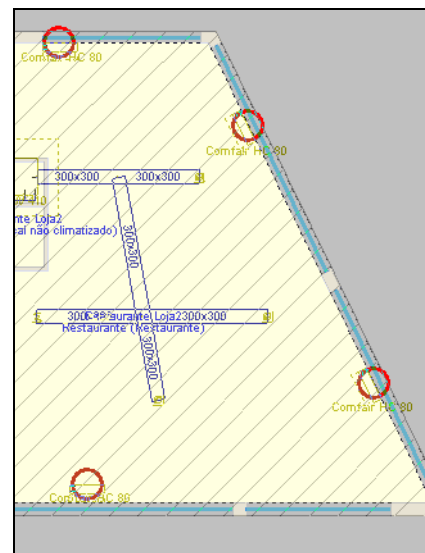


Fig. 3.454

- Faça a ligação entre os fan-coils e a tubagem principal através de tubagens horizontais conforme a figura seguinte.

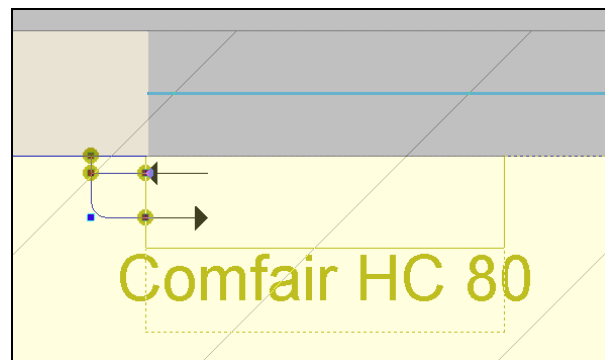


Fig. 3.455

- Obtemos o resultado da figura seguinte.

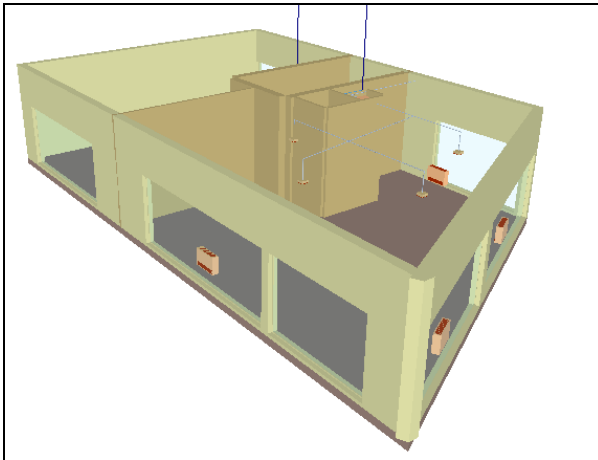


Fig. 3.456

Passamos agora ao **Supermercado**.

- Prima **Instalação>Equipamentos**
- Seleccione o **fan-coil de tecto, sistema ar-água, com distribuição por condutas** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.457

- Seleccione o equipamento "HITECSA" conforme a figura seguinte.



Fig. 3.458

- Prima **Aceitar** e introduza o **equipamento** e faça a ligação ao mesmo com **tubagens horizontais** conforme a figura seguinte.

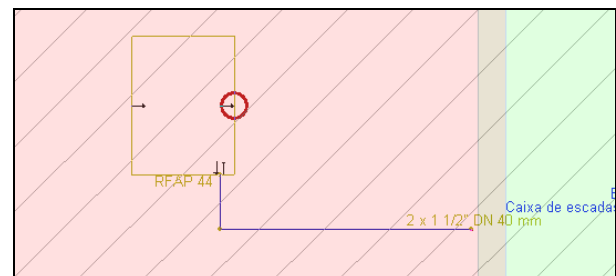


Fig. 3.459

- Prima **Instalação>Sistemas de condução de ar** e seleccione uma **conduta horizontal**.

- Introduza condutas horizontais conforme a figura seguinte, mantendo a secção por defeito.

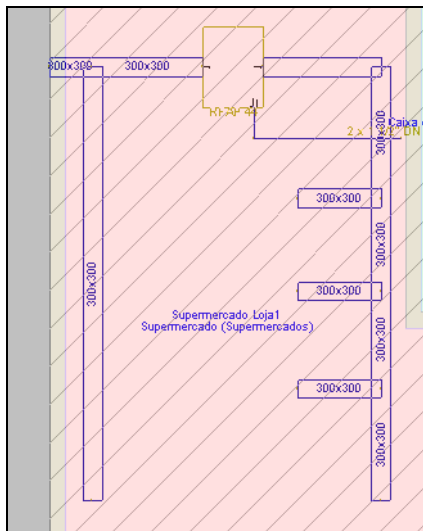


Fig. 3.460

- Prima **Instalação > Sistemas de condução de ar**.
- Prima **Difusor**
- Introduza uma cota conforme a figura seguinte.

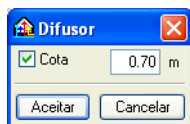


Fig. 3.461

- Prima **Aceitar** e clique nas extremidades da conduta à direita do fan-coil, chegará ao resultado da figura seguinte.

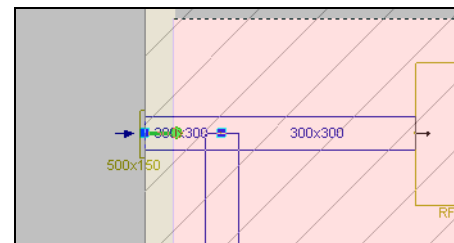


Fig. 3.463

- Na extremidade da tubagem que contacta com o exterior do edifício introduza uma **Rede de entrada de ar** , mantenha os valores por defeito.

- Prima agora **Grelha de retorno**.

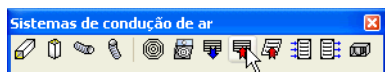


Fig. 3.464

- Altere as definições conforme a figura seguinte.

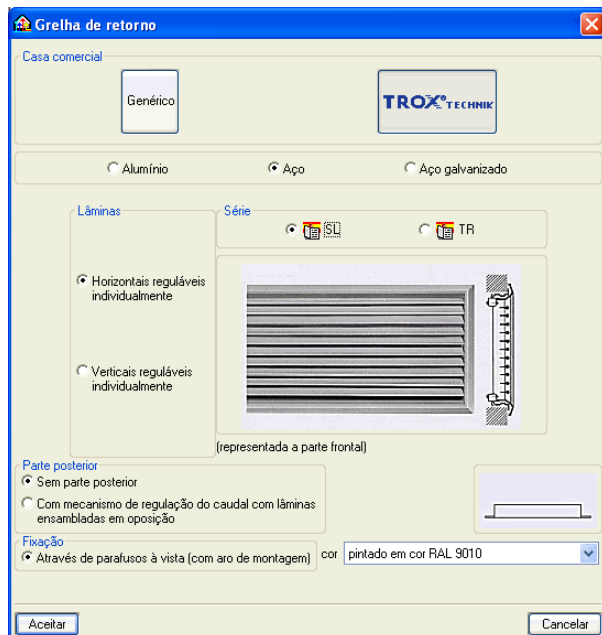


Fig. 3.465

- Na conduta à esquerda do fan-coil introduza seis grelhas de retorno, coloque-as na face lateral da conduta conforme a figura seguinte.

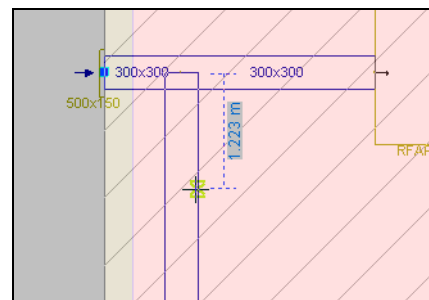


Fig. 3.466

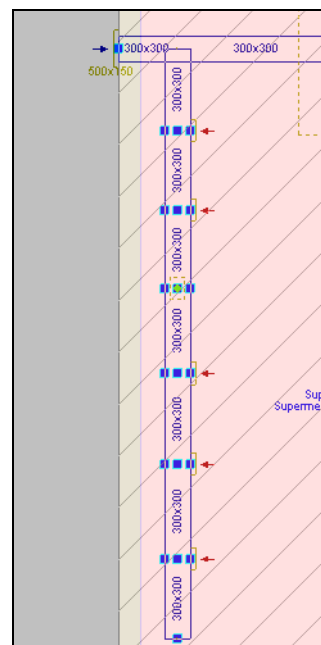



Fig. 3.467

- Finalizou a introdução de dados neste grupo.
- Clique no ícone  **Subir de grupo**, para se situar no grupo **1º Andar**.


- Comece pelo **Auditório**.
- Prima **Instalação>Unidades não autónomas de ar condicionado(fancoils)**
- Seleccione o fan-coil de tecto, sistema ar-água, com distribuição por condutas .
- Seleccione o equipamento “CIATESA” conforme a figura seguinte, utilizando **velocidade II e caudal de ar 2500m³/h**.

Fig. 3.468

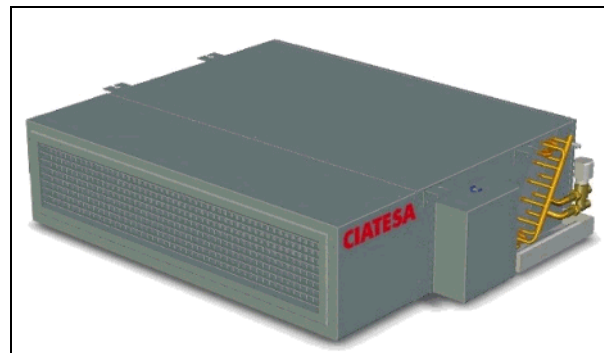


Fig. 3.469

- Prima **Aceitar** e introduza o equipamento e faça a ligação ao mesmo com tubagens horizontais, introduza condutas, difusores e uma rede de entrada de ar com dimensões 30 cm por 15 cm. O processo de introdução é equivalente ao grupo Rés do chão. Chegará ao resultado da figura seguinte.
- Para rodar o equipamento prima em **Instalação>Ângulo**.

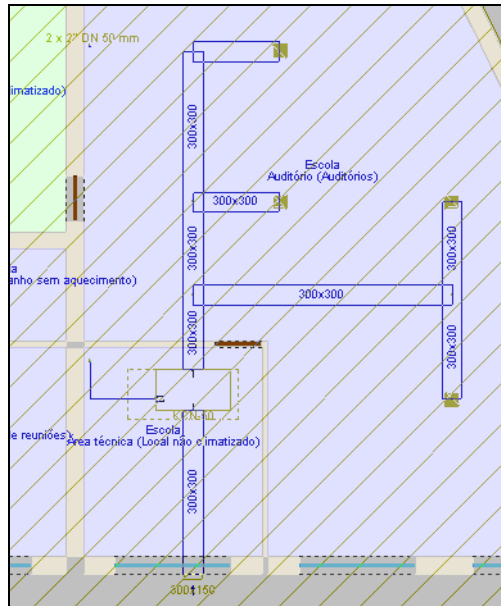


Fig. 3.470


- **Prima Instalação > Unidades não autónomas de ar condicionado (fancoils)**
- Selecciono o **fan-coil vertical de piso, sistema de dois tubos** .
- No mesmo compartimento vamos colocar dois fan-coils verticais de piso com as características da figura seguinte.



Fig. 3.471

- O procedimento é o mesmo utilizado no grupo Rés do Chão.
- Introduza os **fan-coils** e faça a ligação entre estes e a **tubagem vertical**, através de **tubagens horizontais**. O resultado será o da figura seguinte.

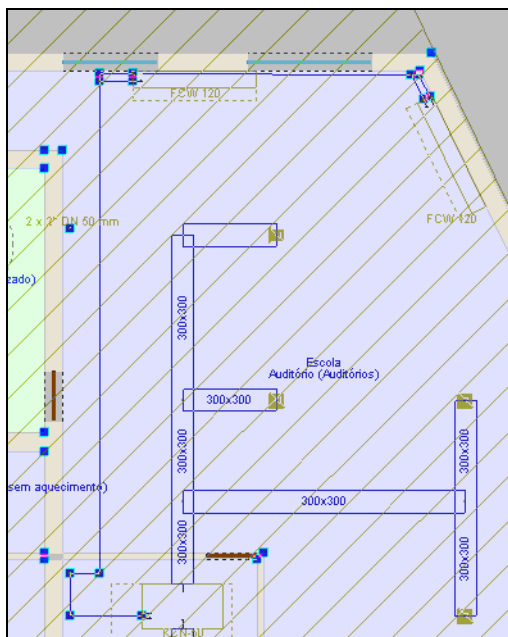


Fig. 3.472

Passaremos agora para a introdução de dados nos restantes compartimentos.

- **Prima Instalação > Unidades não autónomas de ar condicionado (fan-coils)**
- **Selecione Fan-coil de tecto, sistema ar-água, com descarga directa.**



Fig. 3.473

- **Selecione o equipamento "HITECSA" conforme a figura seguinte.**

Fig. 3.474

- **Introduza-o na sala de reuniões. Poderá ver a sua posição na figura seguinte.**
- **Selecione Fan-coil de cassette.**

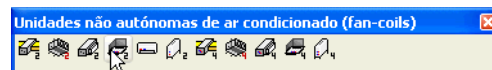


Fig. 3.475

- **Selecione o equipamento "CIATESA" conforme a figura seguinte.**



Fig. 3.476

- Introduza um em cada Gabinete.
- Chegará ao resultado da figura seguinte.

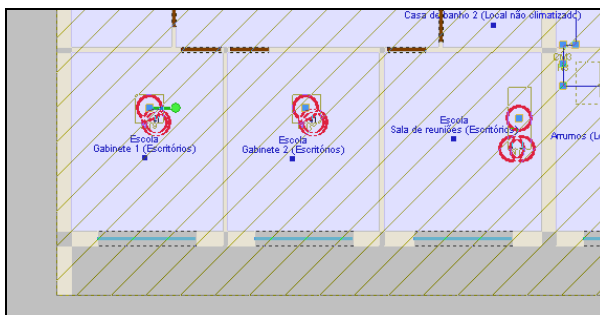


Fig. 3.477

- Ligue os **fan-coils** através de **tubagens horizontais** conforme a figura seguinte.

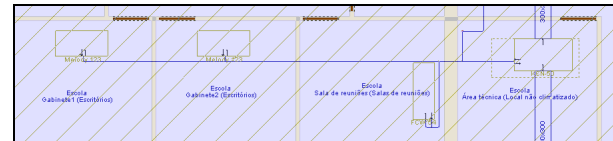


Fig. 3.478

- Vamos agora introduzir no corredor um **Fan-coil vertical de piso, sistema de dois tubos**.
- Selecciono o equipamento “LENNOX” conforme a figura seguinte.

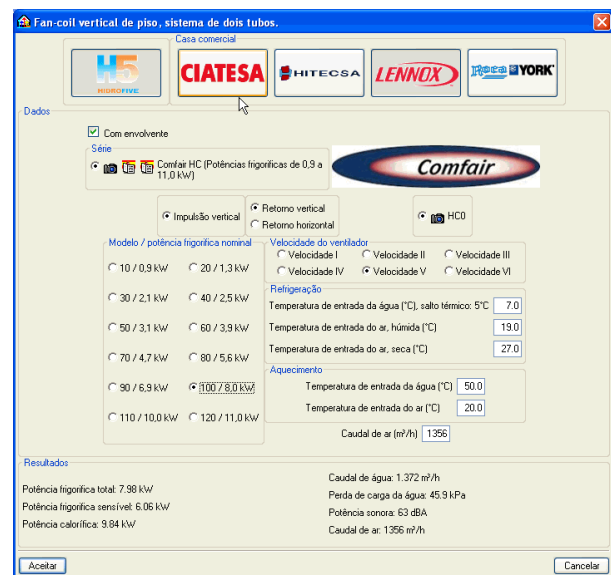


Fig. 3.479

- Prima **Aceitar** e coloque no corredor o respectivo **equipamento** e faça a ligação do mesmo à tubagem principal conforme a figura seguinte.

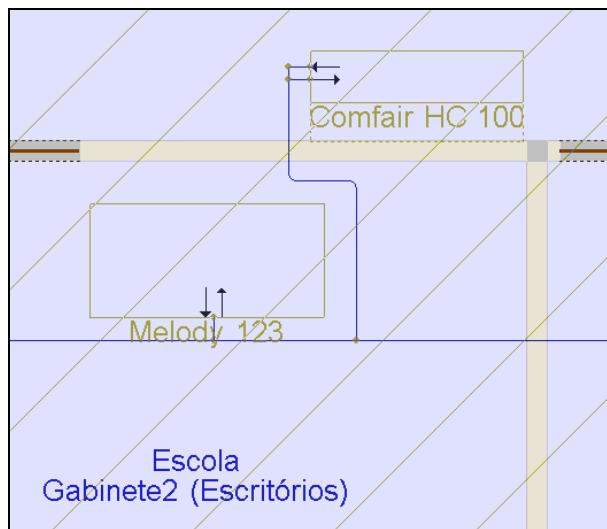


Fig. 3.480

- Introduza na **casa de banho da esquerda** um **fan-coil de tecto, sistema ar-água, com distribuição por condutas** da marca “ROCAYORK”, série RFAP, modelo 13/5.2 kW.
- A posição do fan-coil é a correspondente à figura seguinte, utilize o comando **Instalação > Ângulo** se necessitar de rodar o equipamento.
- Introduza uma conduta horizontal com dimensões 300 mm por 300 mm conforme a figura seguinte.

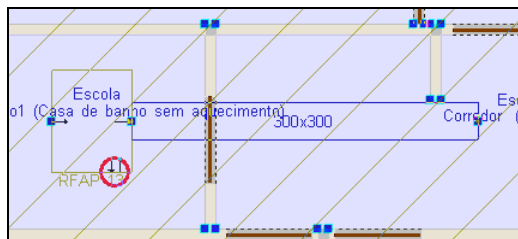


Fig. 3.481

- Introduza uma **conduta** com as mesmas dimensões na direcção da Sala de aulas conforme a figura 3.584.

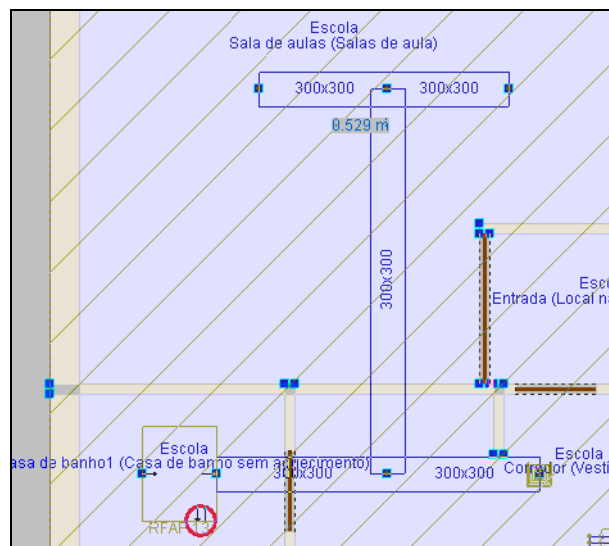


Fig. 3.482

- Nas extremidades das condutas coloque um **difusor**.
- Introduza uma tubagem horizontal que se vai ligar ao fan-coil conforme a figura seguinte.

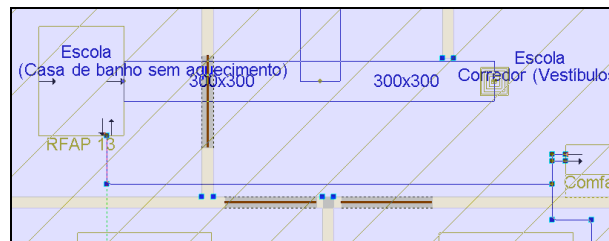


Fig. 3.483

- Introduza também uma **conduta** que se liga ao exterior do edifício e na sua extremidade

introduza uma **Rede de entrada de ar** de 30 cm por 15 cm em aço galvanizado conforme a figura seguinte.

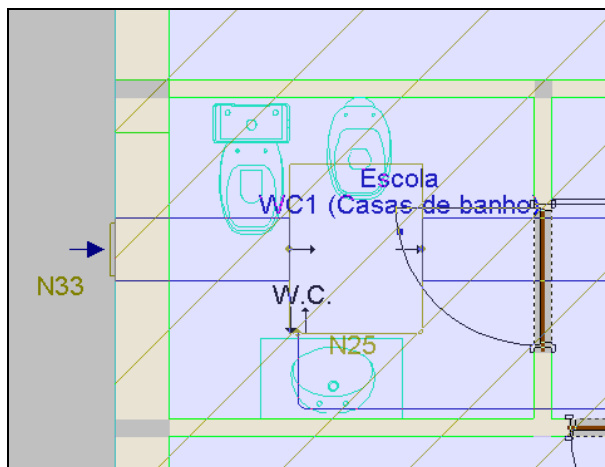


Fig. 3.484

- Para finalizar vamos introduzir um **fan-coil vertical de piso, sistema ar água**, assim selecione um equipamento da marca "HITECSA", modelo FCW90/6.88 kW e introduza na Sala de Aulas fazendo a ligação com tubagens horizontais conforme a figura seguinte.

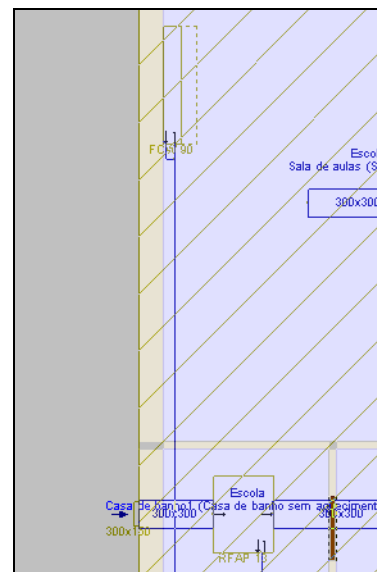


Fig. 3.485

- Finalizamos assim a introdução de dados.

### 3.6.2.14. Cálculo

Uma vez introduzidos todos os dados, procede-se ao cálculo.

Se não tiver completado a introdução de dados que seguiu até este ponto, abra a obra deste exemplo disponível em \CYPE Ingenieros\Exemplos\Instalações de Edifícios\clima1.

#### 3.6.2.14.1. Dimensionamento

- Em qualquer dos casos prima **Cálculo> Dimensionar**.

3.6.2.14.2. Resultados e verificar

- Finalizado o dimensionamento, prima **Cálculo > Resultados e Verificar** para obter resultados do cálculo.
- Nesta fase as condutas já estarão desenhadas tendo em conta curvas, estrangulamentos e outros conforme a figura seguinte.

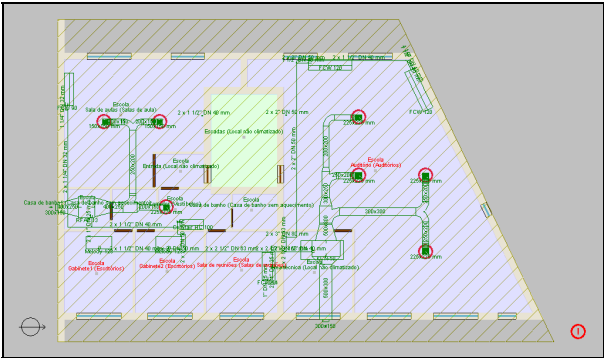


Fig. 3.486

- Ao passar o cursor sobre zonas a vermelho surge informação do cálculo dos mesmos conforme a figura seguinte.

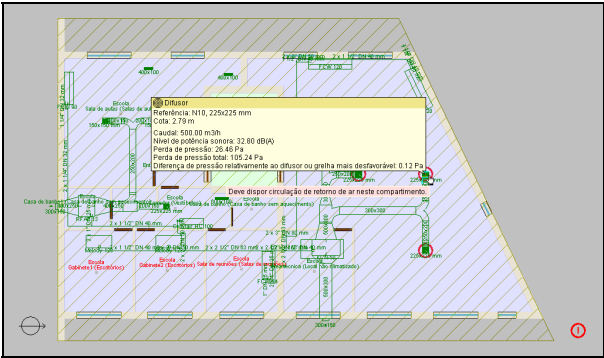


Fig. 3.487

- Da mesma forma poderá fazê-lo para equipamentos, nós, condutas e tubagens, conforme a figura 3.593

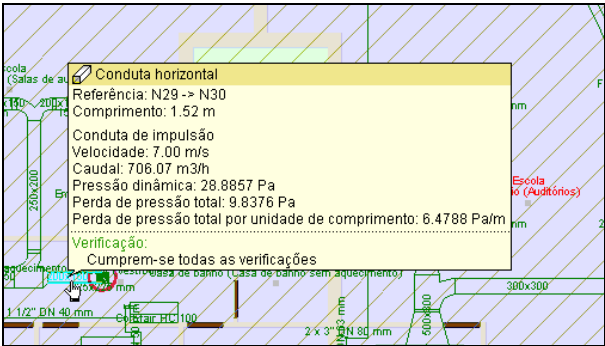



Fig. 3.488

- Em qualquer das duas situações premindo  tem acesso a informação mais detalhada do cálculo conforme a figura seguinte.

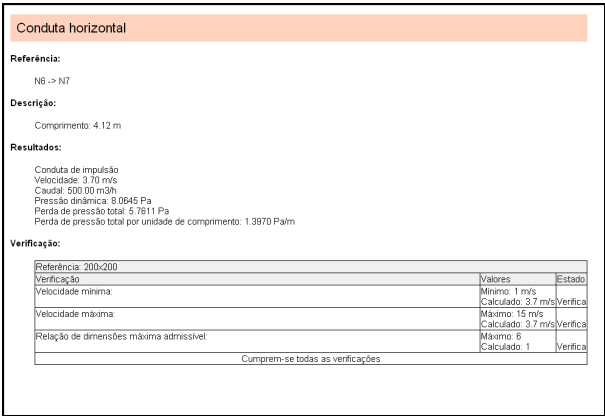


Fig. 3.489

- Quando algum compartimento ou elemento da instalação não cumprir alguma verificação, ficará assinalado a vermelho, como é o caso dos

compartimentos associados à descrição **Escritórios** que não estão a verificar o caudal de ventilação.

- Se premir sobre o Gabinete1, surge a listagem da figura seguinte.

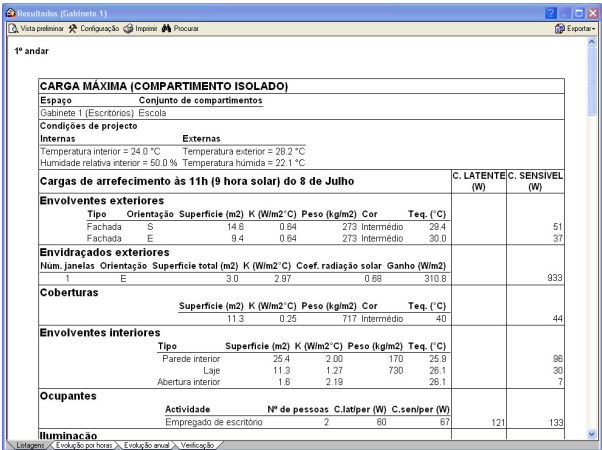


Fig. 3.490

- Prima **Verificação** conforme a figura seguinte.



Fig. 3.491

- Chegará ao resultado da figura seguinte.

Referência: Gabinete 1		
Verificação	Valores	Estado
Potência sensível de arrefecimento requerida pelo compartimento:	Mínimo: 2 kW Calculado: 5 kW	Verifica
Potência de arrefecimento requerida pelo compartimento:	Mínimo: 2,3 kW Calculado: 9,8 kW	Verifica
Potência de aquecimento requerida pelo compartimento:	Mínimo: 2,2 kW Calculado: 10,6 kW	Verifica
Caudal de ventilação requerido pelo compartimento:	Mínimo: 45,3 m³/h Calculado: 0 m³/h	Não verifica
Existem verificações que não se cumprem		

Fig. 3.492

- Podemos tomar duas medidas.
- Retirar a verificação da ventilação na descrição **Escritórios**, conforme a figura seguinte.

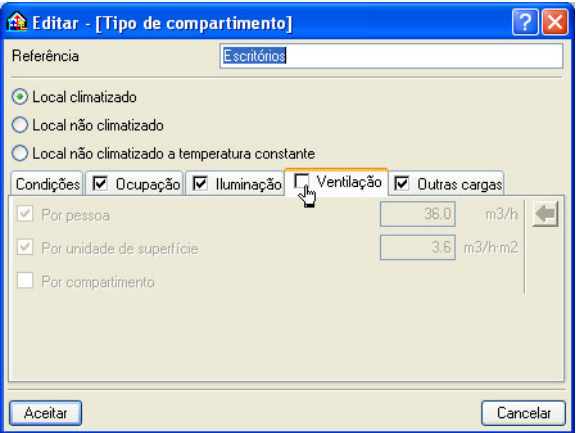


Fig. 3.493

- Ou introduzir um sistema com condutas de ventilação, como fizemos por exemplo para a Sala de Aulas.
- No caso de necessidade de dispor de circulação de retorno pode optar por redes de retorno por pleno conforme as figuras seguintes em ambos os grupos, o retorno será feito pelo tecto falso.



- No grupo Rés do chão existe também uma tubagem que não verifica.

### 3.6.2.14.3. Sistema de controle da instalação

É possível definir um sistema electrónico de controle da instalação.

- Prima **Cálculo > Sistema de controle da instalação**.
- Neste exemplo optou-se por não o definir.

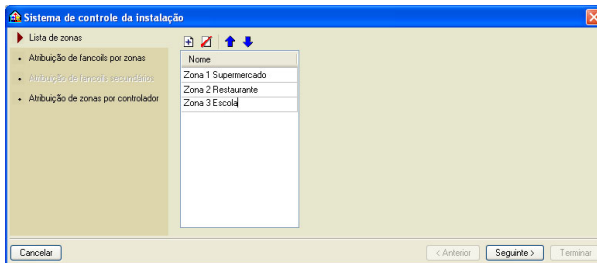


Fig. 3.498



Fig. 3.499

- É possível definir também obter um **esquema do sistema de controle da instalação**, conforme a figura seguinte.

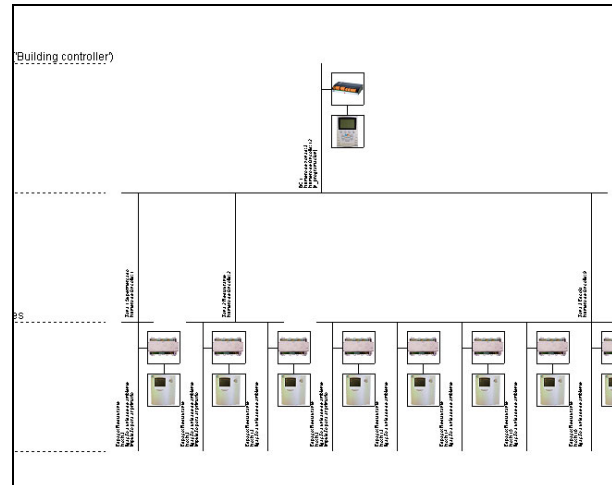


Fig. 3.500

### 3.6.2.15. Listagens e Desenhos

Para terminar, será necessário obter os resultados em desenhos e listagens. A forma de os obter está amplamente exposta nos pontos **Listagens e Desenhos**, na descrição de funcionalidade do programa.