

**CYPECAD MEP**  
**Águas, Residuais, Pluviais,**  
**Gás, Contra incêndios,**  
**Climatização, ITED (2ª Edição)**  
**e Electricidade**  
Memória de cálculo

Manual do utilizador



Software para  
Arquitetura,  
Engenharia  
e Construção

**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 pela CYPE Ingenieros, S.A. como CYPECAD MEP. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. O software que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.

Para seu interesse, a 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, pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado Top-Informática, Lda., na direcção:

Rua Comendador Santos da Cunha, 304  
4700-026 Braga  
Tel: 00 351 253 20 94 30  
<http://www.topinformatica.pt>

Elaborado pela Top-Informática, Lda. para a  
© CYPE Ingenieros, S.A.  
Janeiro de 2016

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®

## Índice

1.1. Águas .....	9
1.1.1. Introdução .....	9
1.1.2. Dados prévios .....	9
1.1.2.1. Condições do abastecimento .....	9
1.1.2.2. Simultaneidade nos débitos .....	9
1.1.2.3. Biblioteca de débitos .....	10
1.1.2.4. Velocidade nas tubagens .....	10
1.1.2.5. Pressões nos pontos de débito .....	11
1.1.3. Tubagens .....	11
1.1.3.1. Materiais .....	11
1.1.3.2. Diâmetros .....	11
1.1.4. Outros elementos .....	11
1.1.5. Cálculo .....	12
1.1.5.1. Formulação tubagens .....	12
1.1.5.2. Cálculo das redes de retorno de água quente .....	13
1.1.6. Dimensionamento .....	13
1.1.7. Unidades .....	14
1.2. Residuais .....	14
1.2.1. Introdução .....	14
1.2.2. Dados prévios .....	14
1.2.2.1. Condições de recolha .....	14
1.2.2.2. Caudais de descarga por aparelho .....	14
1.2.2.3. Simultaneidade nas descargas .....	15
1.2.2.4. Ponto de descarga .....	15
1.2.3. Tubagens .....	15
1.2.3.1. Materiais .....	15
1.2.3.2. Diâmetros .....	15
1.2.4. Outros elementos .....	15
1.2.5. Cálculo .....	15
1.2.5.1. Formulação .....	15
1.2.5.2. Ramais de descarga .....	16
1.2.5.3. Cálculo de tubos de queda .....	16
1.2.5.4. Cálculo de colunas de ventilação .....	17
1.2.5.5. Colectores .....	17
1.2.6. Dimensionamento .....	17
1.2.7. Unidades .....	17
1.3. Pluviais .....	18
1.3.1. Introdução .....	18
1.3.2. Dados prévios .....	18

1.3.2.1. Caudais de descarga por área .....	18
1.3.2.2. Ponto de descarga final .....	19
1.3.3. Tubagens .....	19
1.3.3.1. Materiais .....	19
1.3.3.2. Diâmetros .....	20
1.3.4. Outros elementos .....	20
1.3.5. Cálculo .....	20
1.3.5.1. Formulação .....	20
1.3.5.2. Ramais de descarga .....	20
1.3.5.3. Caleiras .....	20
1.3.5.4. Sumidouros .....	20
1.3.5.5. Cálculo de tubos de queda .....	21
1.3.5.6. Colectores .....	21
1.3.6. Dimensionamento .....	21
1.3.7. Unidades .....	21
1.4. Gás .....	22
1.4.1. Introdução .....	22
1.4.2. Dados prévios .....	22
1.4.2.1. Condicionantes do abastecimento .....	22
1.4.2.2. Potências .....	22
1.4.2.3. Simultaneidade nos consumos .....	23
1.4.2.4. Abastecimentos da rede .....	24
1.4.2.5. Velocidade nas tubagens .....	24
1.4.2.6. Pressões nos aparelhos .....	24
1.4.3. Tubagens .....	24
1.4.3.1. Materiais .....	24
1.4.3.2. Diâmetros .....	24
1.4.3.3. Consideração de elementos redutores de pressão .....	24
1.4.4. Outros elementos .....	24
1.4.5. Cálculo .....	25
1.4.5.1. Formulação .....	25
1.4.5.2. Dimensionamento .....	26
1.5. Incêndios .....	26
1.5.1. Introdução .....	26
1.5.2. Dados prévios .....	26
1.5.2.1. Condições do abastecimento .....	26
1.5.2.2. Redes com bocas de incêndio .....	26
1.5.2.3. Redes com sprinklers .....	27
1.5.2.4. Simultaneidade nos consumos .....	27
1.5.2.5. Velocidade nas tubagens .....	27
1.5.2.6. Pressões nos débitos .....	27

1.5.3. Tubagens .....	27
1.5.3.1. Materiais .....	27
1.5.3.2. Diâmetros .....	27
1.5.4. Outros elementos .....	28
1.5.5. Cálculo .....	28
1.5.5.1. Formulação tubagens .....	28
1.5.5.2. Cálculo em sprinklers .....	29
1.5.5.3. Dimensionamento .....	29
1.5.6. Unidades .....	29
1.6. Climatização .....	30
1.6.1. Dados prévios .....	30
1.6.1.1. Dados exteriores .....	30
1.6.1.2. Dados dos tapamentos.....	30
1.6.1.3. Dados dos compartimentos.....	30
1.6.2. Cálculo .....	30
1.6.2.1. Carga térmica de arrefecimento .....	30
1.7. ITED.....	34
1.7.1. Introdução .....	34
1.7.2. Tubagens .....	34
1.7.3. Materiais .....	34
1.7.4. Rede colectiva.....	36
1.7.4.1. Rede colectiva de tubagens.....	36
1.7.4.2. Rede colectiva de cabos.....	36
1.7.5. Rede Individual.....	37
1.7.5.1. Rede individual de tubagens.....	37
1.7.5.2. Rede individual de cabos pares de cobre .....	37
1.7.5.3. Rede individual de cabos coaxiais.....	37
1.7.5.4. Rede individual de fibra óptica.....	38
1.7.5.5. Zona de Acesso Privilegiado.....	39
1.7.6. Cálculo .....	39
1.7.7. Dimensionamento .....	39
1.7.8. Redes colectivas .....	42
1.7.9. Nomenclatura/Siglas ITED mais utilizadas .....	43
1.8. Electricidade .....	45
1.8.1. Introdução .....	45
1.8.2. Base de cálculo – Secção das linhas .....	45
1.8.2.1. Secção por intensidade máxima admissível ou aquecimento .....	45
1.8.2.2. Secção de queda de tensão .....	45
1.8.2.3. Secção por intensidade de curto-circuito .....	46
1.8.3. Base de cálculo – Cálculo das protecções .....	47
1.8.3.1. Fusíveis.....	47

1.8.3.2. Interruptores automáticos .....	48
1.8.4. Base de cálculo – Cálculo de ligações à terra.....	49
1.8.4.1. Sistema de ligação à terra.....	49
1.8.4.2. Interruptores diferenciais .....	49

## Nota prévia

Devido à implementação de novas funcionalidades e melhorias no CYPECAD MEP, é possível que pontualmente surjam imagens ou textos que não correspondam à versão atual. Em caso de dúvida consulte a Assistência Técnica em <https://www.topinformatica.pt/>.

## **Apresentação**

*Programa desenvolvido para o cálculo, dimensionamento e verificação de redes prediais.*

*É possível criar os vários tipos de rede num único ficheiro, assim a definição das plantas será comum.*

*A introdução de dados é gráfica, pode realizar-se a partir de ficheiros DWF, DXF ou DWG, através do Ambiente CYPE, com todas as vantagens que o caracterizam, permitindo uma elevada optimização do tempo disponibilizado para a realização do projecto.*

*A definição de elementos construtivos poderá ser feita manualmente neste Ambiente CYPE ou de forma automática através da importação de ficheiros no formato IFC gerados por programas CAD/BIM.*

*O programa realiza o cálculo e dimensionamento, com base nos requisitos predefinidos, após o qual emite informação sobre os resultados das verificações.*

*Gera as peças escritas com maior ou menor quantidade de informação. De acordo com a selecção efectuada, gera as peças desenhadas. A impressão pode ser directa ou para ficheiros que poderão ser editados posteriormente e trabalhados por cada engenheiro.*

*Este manual apresenta a memória de cálculo de todas as especialidades presentes no programa CYPECAD MEP, com a excepção dos programas Cypevac 3D e Cypeterm que se apresentam em manuais próprios.*



# 1. Memória de cálculo

## 1.1. Águas

### 1.1.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de abastecimento de águas é fazer chegar a água a cada ponto de débito num edifício.

Este dimensionamento não é mais do que partir de uma série de dados de débitos e distribuição dos mesmos e obter os diâmetros adequados das tubagens de água.

Neste dimensionamento 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 o seu sobredimensionamento.

Uma vez recolhidos todos os dados necessários, efectua-se o dimensionamento de acordo com critérios adequados a cada caso.

### 1.1.2. Dados prévios

#### 1.1.2.1. Condições do abastecimento

O cálculo de uma rede pode-se efectuar a partir de uma pressão de entrada dada, ou seja, a partir da pressão disponível na rede pública de abastecimento de água, que deve ser introduzida pelo utilizador.

Se esta não for suficiente utilizam-se grupos de pressão adequados para cobrir esta insuficiência de modo a fornecer os incrementos de pressão necessários ao correcto funcionamento da instalação.

#### 1.1.2.2. 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 pode ser feito de duas formas:

- Segundo o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

Nível de conforto	$Q_{\text{acumulado}} \leq 3.5 \text{ l/s}$	$25 \text{ l/s} \geq Q_{\text{acumulado}} > 3.5 \text{ l/s}$	$500 \text{ l/s} \geq Q_{\text{acumulado}} > 25 \text{ l/s}$
Baixo	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5099 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5092}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.4944 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5278}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2230 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7561}$
Médio	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5469 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5137}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5226 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5364}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.2525 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.7587}$
Elevado	$Q_{\text{cálculo}} = 0.6015 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5825}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.5834 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.5872}$	$Q_{\text{cálculo}} = 0.3100 \cdot (Q_{\text{acumulado}})^{0.775}$

- Segundo a expressão simplificada:

$$Q_c = Q_t \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{N-1}} \cdot f \right)$$

sendo:

$Q_c$ , caudal de cálculo

$Q_t$ , caudal bruto

N, número de consumos

f, 1.0, 1.1 ou 1.2 para habitações para os níveis de conforto baixo, médio e elevado respectivamente.

f, 1.5 para locais comerciais e escritórios

$$N < 3 \rightarrow K=1$$

$$3 \leq N \leq 26 \rightarrow K = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \cdot f$$

$$N > 26 \rightarrow K=0.2$$

### 1.1.2.3. Biblioteca de débitos

A biblioteca de débitos predefinidos contém os regulamentares assim como outros normalmente utilizados. Os débitos definidos por defeito são os seguintes:

Aparelho	Caudal mínimo (l/s)
Lavatório	0.10
Lavatório pequeno	0.05
Chuveiro	0.15
Banheira de 1.40 m ou mais	0.25
Banheira de menos de 1.40 m	0.25
Bidé	0.10
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Lava-louça doméstico	0.20
Máquina de lavar louça doméstica	0.15
Máquina de lavar roupa doméstica	0.20
Tanque de lavar a roupa	0.20
Lavatório com torneira monocomando (água fria)	0.10
Lavatório pequeno com torneira monocomando (água fria)	0.05
Lavatório com torneira electrónica (água fria)	0.25
Lavatório com torneira temporizada (água fria)	0.25
Lavatório com misturadora electrónica	0.15
Lavatório com misturadora temporizada	0.20
Chuveiro com cabeça anti-vandalismo (água fria)	0.20
Chuveiro com cabeça misturadora anti-vandalismo	0.12
Banheira com misturadora termostática	0.15
Urinol com torneira temporizada	0.15
Urinol com cisterna	0.04
Torneira de garagem	0.20
Lava-louça industrial	0.30
Máquina de lavar louça industrial	0.25
Máquina de roupa louça industrial	0.60
Fonte para beber	0.05
Pia hospitalar	0.20
Misturadora de uso médico	0.12
Consumo genérico (água fria)	a definir pelo utilizador
Consumo genérico (água quente)	a definir pelo utilizador

### 1.1.2.4. Velocidade nas tubagens

Uma das principais limitações ao dimensionar uma rede de abastecimento de águas num edifício é a velocidade do fluido na mesma.

Os limites de velocidade que o programa utiliza para realizar o dimensionamento são os regulamentares: o mínimo é 0.5 m/s e o máximo 2 m/s. Estes limites são definidos através do nível de conforto pretendido:

- Nível básico (mínimo de 0.5 m/s e máximo de 2.0 m/s).
- Nível médio (mínimo de 0.5 m/s e máximo de 1.5 m/s).
- Nível elevado (mínimo de 0.5 m/s e máximo de 1.0 m/s).

### 1.1.2.5. 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 de pressões disponíveis em nós de débito num edifício pode oscilar entre os 50 e 600 kPa (aproximadamente entre 5 e 60 m.c.a.). Embora estes valores possam ser determinados em grande medida pelas necessidades de cada tipo de débito, por questões de conforto e durabilidade recomenda-se entre 150 e 300 kPa (aproximadamente entre os 15 e os 30 m.c.a.).

Um sobredimensionamento das pressões na rede pode ocasionar fugas, ou a necessidade de instalar válvulas redutoras nas ligações dos débitos.

## 1.1.3. Tubagens

O funcionamento de uma rede de abastecimento de águas num edifício depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

### 1.1.3.1. Materiais

O material das tubagens está definido no gerador de preços e é passível de selecção para ramais de introdução, colunas montantes e instalação interior.

Determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Uma maior rugosidade do material implica maiores perdas no tramo. Estes são os valores, habituais num projecto, da rugosidade absoluta:

Materiais	Valores habituais de rugosidade absoluta (mm)
Aço galvanizado	0.03
Cobre	0.03
Polietileno	0.02
PVC	0.03
Polipropileno	0.02
Polibutileno	0.02
Multicamada	0.01

### 1.1.3.2. Diâmetros

A selecção dos materiais realiza-se através da utilização o gerador de preços, de onde constam os diâmetros e demais informação técnica.

Os diâmetros resultantes do dimensionamento cumprem as condições estabelecidas no regulamento e o seu resultado (edição) não é permitido.

Diâmetros maiores proporcionam perdas de carga menores nas tubagens 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.

## 1.1.4. Outros elementos

Devido a necessidades construtivas ou de controlo, as redes de abastecimento de água em edifícios requerem a utilização de elementos especiais diferentes das tubagens, como válvulas (nas suas diferentes variantes), contadores, termoacumuladores, grupos de bombagem, etc. A perda de carga localizada destes elementos já é contabilizada automaticamente pelo programa, com a excepção das perdas de carga provenientes por exemplo de acessórios de tubagens (tês ou curvas), que são contabilizadas pela perda de carga contínua através da majoração de 20% do comprimento da rede.

As bombas produzem um aumento na altura piezométrica da água na tubagem, em função do caudal que circula. Ao definir grupo de pressão ou bombagem o programa verifica a sua necessidade. O cálculo das bombas é realizado em função do caudal e das pressões de arranque e paragem da bomba (mínima e

máxima respectivamente), sempre que não se instalem bombas de caudal variável. Para bombas de caudal variável, a pressão é função do caudal solicitado em cada momento e sempre constante.

O número de bombas a instalar no caso de um grupo tipo convencional, excluindo as de reserva, é determinado em função do caudal total do grupo. Serão colocadas duas bombas para caudais até 10 dm<sup>3</sup>/s, três para caudais até 30 dm<sup>3</sup>/s e quatro para mais de 30 dm<sup>3</sup>/s.

O caudal das bombas é o máximo simultâneo da instalação e é fixado pela utilização e necessidades da instalação. Desta forma, o programa fornece a potência eléctrica em kW do grupo de pressão.

### 1.1.5. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, elementos intercalados, caudais pedidos e pressões de abastecimento. Para isso utiliza-se a formulação que se pormenoriza a seguir.

#### 1.1.5.1. Formulação tubagens

Para resolver os tramos da rede calculam-se as perdas de carga, com a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$J = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

sendo:

J, perda de carga (m.c.a)

f, factor de resistência

L, comprimento equivalente da tubagem (m)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

V, velocidade (m/s)

g, aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

O factor 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, velocidade do fluido na tubagem (m/s)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

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

Em edifícios não é permitido o fluxo laminar nas tubagens, e para regime turbulento pode-se utilizar a seguinte fórmula:

- **Colebrook-White.** Através de um cálculo iterativo, obtém-se resultado exacto do factor de resistência.

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

sendo:

f, factor de resistência

$\epsilon$ , rugosidade absoluta do material (m)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

$R_e$ , 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.

### 1.1.5.2. 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 pôr 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.

Para determinar o caudal que circulará pelo circuito de retorno, foi considerado que desde a saída do aparelho de aquecimento até ao consumo mais afastado, a perda de temperatura será no máximo 3°C.

O caudal de retorno é estimado segundo regras empíricas da seguinte forma:

- **Considera-se que recircula 10% da água de alimentação, como mínimo.** De qualquer forma considera-se que o diâmetro interior mínimo da tubagem de retorno é de 16 mm.
- **Relação entre diâmetro de tubagem e caudal recirculado de A.Q.S..** Os diâmetros em função do caudal recirculado indicam-se na tabela seguinte.

Diâmetro da tubagem (polegadas)	Caudal recirculado (l/h)
1/2	140
3/4	300
1	600
1 ¼	1100
1 ½	1800
2	3300

Para as redes de retorno de água quente, o programa dá como resultado a potência eléctrica da bomba de circulação necessária para bombear a água quente através do circuito de recirculação, tendo em conta a queda de pressão e o caudal no circuito.

### 1.1.6. Dimensionamento

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

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 previamente.

A selecção dos materiais realiza-se através das opções disponíveis no gerador de preços para ramais de introdução, colunas montantes e instalação interior.

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.

### 1.1.7. Unidades

O programa solicita os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

## 1.2. Residuais

### 1.2.1. 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.

Este dimensionamento não é mais do que partir de uma série de dados de água recolhida, para depois segundo critérios técnicos regulamentares obter as dimensões adequadas das tubagens.

Neste dimensionamento 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 o seu sobredimensionamento.

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. Condições de recolha

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

#### 1.2.2.2. Caudais de descarga por aparelho

Geralmente, esta é a principal condicionante no funcionamento da rede. Os caudais de descarga dos aparelhos são os estabelecidos na seguinte tabela.

Aparelho	Caudal mínimo (l/min)
Lavatório	30
Bidé	30
Chuveiro	30
Banheira (com ou sem chuveiro)	60
Autoclismo de bacia de retrete	90
Bacia de retrete com fluxómetro	90
Urinol com torneira temporizada	90
Urinol com cisterna	90
Lava-louça doméstico	30
Lava-louça industrial	30
Tanque de lavar roupa	60
Pia hospitalar	60
Fonte para beber	30
Máquina de lavar louça doméstica	60
Máquina de lavar roupa doméstica	60

### 1.2.2.3. 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:

$Q_c$ , caudal de cálculo (l/min)

$Q_a$ , caudal acumulado (l/min)

### 1.2.2.4. 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. No programa pode ter uma ou mais ligações à rede de saneamento.

## 1.2.3. Tubagens

O funcionamento de uma rede de drenagem depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

### 1.2.3.1. Materiais

O material das tubagens está definido no gerador de preços e é passível de selecção para tubos de queda, tubos de ventilação, ramais de descarga, colectores e demais elementos que façam parte da instalação.

Os materiais determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Quanto maior a rugosidade menor a velocidade no tramo.

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.

### 1.2.3.2. Diâmetros

A selecção dos materiais realiza-se através da utilização o gerador de preços, de onde constam os diâmetros e demais informação técnica.

Os diâmetros resultantes do dimensionamento cumprem as condições estabelecidas no regulamento e o seu resultado (edição) não é permitido.

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

## 1.2.4. Outros elementos

Nas redes de drenagem de águas pluviais, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que podem afectar ou não o cálculo, mas que serão tidos em conta em desenhos, medições e orçamentos.

## 1.2.5. 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 e o método de resolução que se explicam a seguir.

### 1.2.5.1. 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.

A rede deve ser ramificada e pode ter uma ou mais ligações à rede de saneamento.

Os cálculos realizam-se 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.** Utiliza-se para o cálculo das tubagens horizontais. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo hidráulico em saneamento, e expressa-se como:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

sendo:

Q, caudal (m<sup>3</sup>/s)

n, coeficiente de Manning

A, área da tubagem ocupada pelo fluido (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub>, raio hidráulico (m)

i, inclinação da tubagem (m/m)

### 1.2.5.2. Ramais de descarga

Dimensionam-se de acordo com a fórmula de Manning-Strickler. Os ramais de descarga não individuais e os ramais de descarga individuais são dimensionados para escoamentos a meia secção.

Segundo o Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais e Distribuição de Águas e de Drenagem de Águas Residuais os ramais de descarga individuais poderão ser dimensionados para um escoamento a secção cheia nos casos de sistemas apenas com ventilação primária, desde que a distância entre o sifão e a secção ventilada não ultrapasse o valor máximo admissível obtido através do ábaco do seu anexo XVI, ou nos casos em que os sistemas possuam ventilação secundária completa. No entanto, actualmente, os ramais de descarga individuais são dimensionados para meia secção e a ventilação secundária também está fora do âmbito do programa.

As inclinações dos ramais de descarga terão de estar compreendidas entre 10 e 40 mm/m.

Existem diâmetros mínimos por aparelho que os ramais individuais de descarga deverão cumprir:

Aparelho	Diâmetro mínimo para o ramal de descarga (mm)
Lavatório	40
Bidé	40
Chuveiro	40
Banheira (com ou sem chuveiro)	40
Autoclismo de bacia de retrete	90
Bacia de retrete com fluxómetro	90
Urinol com torneira temporizada	75
Urinol com cisterna	75
Lava-louça doméstico	50
Lava-louça industrial	50
Tanque de lavar roupa	50
Pia hospitalar	100
Fonte para beber	25
Máquina de lavar louça doméstica	50
Máquina de lavar roupa doméstica	50

### 1.2.5.3. Cálculo de tubos de queda

Utiliza-se a fórmula de Dawson e Hunter para o cálculo dos tubos de queda:

$$Q = 3.15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot D^{8/3}$$

sendo:

Q, caudal de cálculo (l/s)

r, taxa de ocupação

D, diâmetro (mm)



Os tubos de queda serão dimensionados para uma taxa de ocupação de 1/3 para o nível de conforto básico, 1/5 para o nível de conforto médio e de 1/7 para o nível de conforto elevado.

O diâmetro dos tubos de queda na drenagem de águas residuais não poderá ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais que confluam nele, com um mínimo de 50 mm.

#### **1.2.5.4. Cálculo de colunas de ventilação**

A ventilação primária realiza-se através do prolongamento do tubo de queda, mantendo-se portanto, o mesmo diâmetro.

O programa coloca um diâmetro para o tubo de queda, de forma que não seja necessária ventilação secundária.

#### **1.2.5.5. Colectores**

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100 mm.

As inclinações dos colectores devem estar compreendidas entre 1 e 4% para colectores suspensos e serem maiores ou iguais a 2% para colectores enterrados.

Dimensionam-se através da fórmula de Manning-Strickler, para uma taxa de ocupação não superior a meia secção, ou seja, 0.5 para águas residuais. Para colectores mistos (águas residuais e pluviais) dimensionam-se para uma taxa de ocupação inferior a 0.75.

#### **1.2.6. Dimensionamento**

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar um 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.

#### **1.2.7. Unidades**

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

## 1.3. Pluviais

### 1.3.1. 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 o seu sobredimensionamento.

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. 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·m<sup>2</sup>)

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 precipitação (min)

a, b, constantes que dependem do período de retorno e da região pluviométrica.

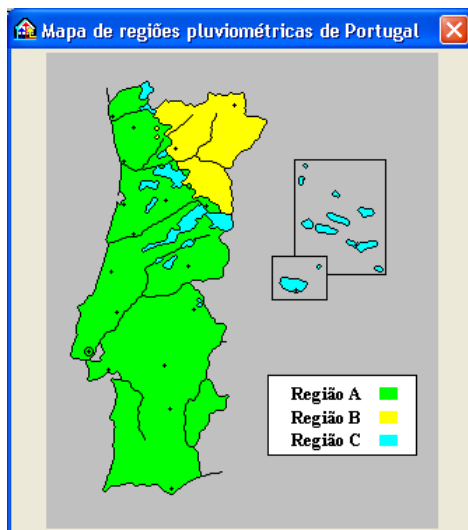


Fig. 1.1

Período de retorno (anos)	Regiões pluviométricas					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
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

As redes de drenagem devem ser ramificadas, podendo ter uma ou mais ligações à rede de saneamento. 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.

### 1.3.2.2. 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.

## 1.3.3. Tubagens

O funcionamento da rede depende em grande medida do tipo, geometria e tamanho das tubagens utilizadas.

### 1.3.3.1. Materiais

O material das tubagens está definido no gerador de preços e é passível de selecção para tubos de queda, calças, ramais de ligação, colectores e demais elementos que façam parte da instalação.

Os materiais determinam a rugosidade superficial do tubo com a qual a água se vai encontrar. Quanto maior a rugosidade menor a velocidade no tramo.

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.

### 1.3.3.2. Diâmetros

A selecção dos materiais realiza-se através da utilização o gerador de preços, de onde constam os diâmetros e demais informação técnica.

Os diâmetros resultantes do dimensionamento cumprem as condições estabelecidas no regulamento e o seu resultado (edição) não é permitido.

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

### 1.3.4. Outros elementos

Nas redes de drenagem de águas pluviais, podem-se acrescentar vários tipos de elementos, que podem afectar ou não o cálculo, mas que serão tidos em conta em desenhos, medições e orçamentos.

### 1.3.5. 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.

#### 1.3.5.1. 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.

A rede deve ser ramificada e pode ter uma ou mais ligações à rede de saneamento.

Os cálculos realizam-se 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.** Utiliza-se para o cálculo das tubagens horizontais. Possivelmente é a fórmula mais utilizada para o cálculo hidráulico em saneamento, e expressa-se como:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

sendo:

Q, caudal (m<sup>3</sup>/s)

n, coeficiente de Manning

A, área da tubagem ocupada pelo fluido (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub>, raio hidráulico (m)

i, inclinação da tubagem (m/m)

#### 1.3.5.2. 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.

As inclinações dos ramais de descarga terão de estar compreendidas entre 5 e 40 mm/m.

#### 1.3.5.3. 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.

#### 1.3.5.4. Sumidouros

O número mínimo de sumidouros, em função da superfície em projecção horizontal da cobertura à que dão serviço deve atender à seguinte tabela:

Área de cobertura em projecção horizontal (m2)	Número de sumidouros
A < 100	2
100 ≤ A < 200	3
200 ≤ A < 500	4
A > 500	1 a 150 m <sup>2</sup>

### 1.3.5.5. 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 confluam nele, com um mínimo de 50 mm.

Utiliza-se a fórmula de Wyly-Eaton (EN 12056-3) para o cálculo dos tubos de queda:

$$Q_{RWP} = 2.5 \cdot 10^{-4} \cdot K_b^{-1/6} \cdot d_i^{8/3} \cdot f^{5/3}$$

sendo:

$Q_{RWP}$ , caudal (l/s)

$K_b$ , rugosidade (0.25mm)

$d_i$ , diâmetro (mm)

f, taxa de ocupação

### 1.3.5.6. Colectores

O seu diâmetro não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das tubagens que cheguem ao mesmo, com um mínimo de 100 mm.

As inclinações dos colectores devem estar compreendidas entre 1 e 4% para colectores suspensos e serem maiores ou iguais a 2% para colectores enterrados.

Dimensionam-se através da fórmula de Manning-Strickler, para seção cheia, ou seja, uma taxa de ocupação igual a 1. Para colectores mistos (águas residuais e pluviais) dimensionam-se para uma taxa de ocupação de 0.75.

### 1.3.6. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar um 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.

### 1.3.7. Unidades

O programa pede os dados numa série de unidades, apesar de internamente utilizar as unidades requeridas pela formulação.

## 1.4. Gás

### 1.4.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de abastecimento de gás em edifícios é fazer chegar o gás a cada aparelho.

Este dimensionamento não é mais do que partir de uma série de dados dos aparelhos, nomeadamente as potências e distribuição dos mesmos e obter os diâmetros adequados das tubagens de gás.

Neste dimensionamento é necessário 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 o seu sobredimensionamento.

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. 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 detectam-se automaticamente os limites entre as zonas, e realizam-se as verificações de queda de pressão e velocidade em cada uma delas.

#### 1.4.2.2. 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 nominais:

Tipo de consumo	P (kW)
Fogão com forno	11.6
Fogão	5.8
Esquentador (para T1 ou inferior)	9.7
Esquentador (para T2)	19.2
Esquentador (para T3)	24.4
Esquentador (para T4 ou superior)	31.0
Caldeira de aquecimento	23.2
Caldeira mista	30.9
Fogão de sala a gás	6.0

Em locais comerciais poderá utilizar os aparelhos anteriormente descritos e outros consumos genéricos para os quais existe uma biblioteca editável, cujas potências são as seguintes:

Tipo de consumo	P (kW)
Fogão industrial com 2 queimadores	28.00
Fogão industrial com 4 queimadores	33.00
Fogão industrial com 8 queimadores	60.00
Frigideira	16.00
Fritadeira grande	27.00
Fritadeira média	20.40
Fritadeira pequena	15.00
Grelhador grande	33.60
Grelhador médio	16.00

#### 1.4.2.3. Simultaneidade nos consumos

Para o cálculo dos caudais aplicam-se dois tipos de formulação diferente:

- Para aparelhos ou consumos a simultaneidade é a seguinte:

$$Q_s = Q_a + Q_b + \frac{Q_c + Q_d + \dots}{2}$$

sendo:

$Q_a$ , maior caudal de aparelho a jusante

$Q_b$ , segundo maior caudal de aparelho a jusante

$Q_c, Q_d$ , etc.: restantes caudais de aparelhos

- Consoante o número de fogos e se existir ou não aquecimento, aplicar-se-ão os seguintes coeficientes de simultaneidade:

Número de fogos	Sem Aquecimento	Com Aquecimento
1	1.00	1.00
2	0.60	0.70
3	0.40	0.60
4	0.40	0.55
5	0.40	0.50
6	0.30	0.50
7	0.30	0.50
8	0.30	0.45
9	0.25	0.45
10	0.25	0.45
11	0.20	0.40
12	0.21	0.40
13-25	0.20	0.40
26-27	0.18	0.40
28-29	0.17	0.40
30-31	0.16	0.40
32-40	0.15	0.40
41-42	0.15	0.38
43-44	0.15	0.36
>45	0.15	0.35

Estes coeficientes poderão variar em função das potências dos aparelhos.

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.).

#### 1.4.2.4. 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.

#### 1.4.2.5. 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.

#### 1.4.2.6. 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.

### 1.4.3. Tubagens

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

#### 1.4.3.1. 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.

#### 1.4.3.2. Diâmetros

O programa uniformiza de forma automática os diâmetros na rede.

#### 1.4.3.3. Consideração de elementos redutores de pressão

Podem-se seleccionar dois 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.
- **Alvéolo técnico.** 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.

### 1.4.4. Outros elementos

Devido a necessidades construtivas ou de controlo, 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%.



## 1.4.5. 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.

### 1.4.5.1. Formulação

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

$$Q = \frac{P \cdot 859.8}{PCI}$$

sendo:

Q, caudal de gás pedido no nó (m<sup>3</sup>/h)

P, potência calorífica pedida no nó (kW)

PCI, poder calorífico inferior do gás (kcal/m<sup>3</sup>)

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:

$$0.1 \text{ bar} < P \leq 5 \text{ bar (Média Pressão)} \rightarrow P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \cdot d_c \cdot L_{eq} \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

$$P \leq 0.1 \text{ bar (Baixa Pressão)} \rightarrow P_1 - P_2 = 23200 \cdot d_c \cdot L_{eq} \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

sendo:

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, pressões absolutas do gás nos pontos inicial e final do tramo (bar)

d<sub>c</sub>, densidade corrigida do gás utilizado (0.62)

L<sub>eq</sub>, comprimento equivalente da tubagem (m)

D, diâmetro interior da tubagem (mm)

Q, caudal que circula pela tubagem (m<sup>3</sup>/h)

A fórmula de Renouard não tem validade para valores de P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> menores que 0.

De facto, a fórmula de Renouard quadrática dá o mesmo valor de caudal tanto se P<sub>1</sub> for igual a 1 bar e P<sub>2</sub> igual a 0.5 bar, como no caso em que P<sub>2</sub> 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.

De forma a incorporar a perda de carga estática de um troço calcula-se a pressão final corrigida (P<sub>fc</sub>):

$$P_{fc} = P_f + 0.1293 \cdot (1 - d_r) \cdot h$$

sendo:

P<sub>fc</sub>, pressão final corrigida (mbar)

P<sub>f</sub>, pressão final (mbar)

d<sub>r</sub>, densidade relativa (0.65)

h, desnível geométrico (m)

O desnível geométrico h deverá ser considerado positivo se o troço for ascendente e negativo se o troço for descendente.

O cálculo da velocidade realiza-se através de:

$$V = \frac{354 \cdot Q}{D^2 \cdot P_m}$$

sendo:

V, velocidade do gás no troço (m/s)

Q, caudal de gás (m<sup>3</sup>/h)

D, diâmetro interior da tubagem (mm)

P<sub>m</sub>, pressão média (valor absoluto) no troço (bar)

A velocidade máxima na instalação comum é de 15 m/s.

A velocidade máxima do gás na instalação interior é de 10 m/s.

A perda de carga máxima na instalação comum é de 30 mbar.

A perda de carga máxima na instalação interior é de 1.5 mbar.

#### 1.4.5.2. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar os diâmetros mínimos que cumpram todas as restrições (velocidade e queda de pressão).

## 1.5. Incêndios

### 1.5.1. 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.

Para o dimensionamento parte-se de uma série de dados de débitos, bem como da distribuição dos mesmos, e obtêm-se os diâmetros adequados das tubagens de água.

No entanto, 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 o seu sobredimensionamento.

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. 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.

#### 1.5.2.2. Redes com bocas de incêndio

Os tipos de bocas de incêndio são as de Ø25 e Ø45, com caudais mínimos definidos pelo regulamento, de 1.5 l/s para Ø25 e 4 l/s para Ø45.

O regulamento exige uma pressão dinâmica mínima nas bocas de incêndio armadas tipo carretel ( $\varnothing 25$ ) de 250 kPa. Para bocas de incêndio armadas tipo teatro ( $\varnothing 45$ ) o regulamento exige uma pressão dinâmica mínima de 350 kPa. Como critério para as pressões de entrada nas bocas de incêndio o programa utiliza as especificações da Norma NP EN 671-1,2 e do Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RTSCIE), podendo também ser o utilizador a definir manualmente estes valores.

#### 1.5.2.3. 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 possuem pressões mínimas e máximas de funcionamento, que é necessário respeitar e verificar.

#### 1.5.2.4. 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.

#### 1.5.2.5. 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.

#### 1.5.2.6. 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.

### 1.5.3. Tubagens

O funcionamento de uma rede hidráulica depende em grande medida do tipo e tamanho das tubagens utilizadas.

#### 1.5.3.1. 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.

#### 1.5.3.2. Diâmetros

Cada material possui a sua característica de rugosidade absoluta juntamente com uma série de diâmetros.

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.

#### 1.5.4. Outros elementos

Devido a necessidades construtivas ou de controlo, 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.

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 30%.

#### 1.5.5. 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.

##### 1.5.5.1. 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 factor de resistência f é função de:

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

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

Quando as forças de inércia predominam sobre as viscosas ( $R_e$  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:

$$R_e = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

sendo:

V, velocidade do fluido na tubagem (m/s)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

$\nu$ , 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.

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

sendo:

f, factor de resistência

$\epsilon$ , rugosidade absoluta do material (m)

D, diâmetro interior da tubagem (m)

$R_e$ , número de Reynolds

### 1.5.5.2. 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 (bar)

Através de um cálculo iterativo chega-se ao ponto de funcionamento de cada sprinkler.

### 1.5.5.3. 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.

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.

### 1.5.6. 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 muito 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.

#### 1.6.1.1. 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.

#### 1.6.1.2. 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 camadas ou com um cálculo simplificado.

#### 1.6.1.3. 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

### 1.6.2.1. Carga térmica de arrefecimento

O cálculo das cargas térmicas 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.

$$T_{\text{sol-ar}} = T_{\text{seca-ext}} + \frac{\alpha \cdot I_{\text{total}}}{h_{\text{cov-ext}}}$$

sendo:

$T_{\text{sol-ar}}$ , 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>)

$h_{\text{cov-ext}}$ , 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 camadas do tapamento, necessitando para isso da condutividade, 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.

$$\dot{Q}_{rad} = fsg \cdot S \cdot I_{ui}$$

sendo:

fsg, factor solar global. Define-se como o produto de todos os factores solares dos acessórios da abertura

S, superfície da abertura (m<sup>2</sup>)

I<sub>ui</sub>, radiação unitária com inércia (W/m<sup>2</sup>)

- **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:

### 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.

$$\dot{Q}_{lat}(i) = n(i) \cdot FC \cdot \dot{Q}_{lat, pess}$$

$$\dot{Q}_{sen}(i) = \dot{Q}_{sen, pess} \sum_0^{24} K(i) \cdot FC(i) \cdot n(i)$$

sendo,

n, número de pessoas no momento do cálculo

FC, fracção de carga

K, coeficiente de simultaneidade relacionado com o tipo de pavimento e o perfil de ocupação

$\dot{Q}_{lat, pess}$ , potência latente por pessoa à temperatura do compartimento (W)

$\dot{Q}_{sen, pess}$ , potência sensível por pessoa à temperatura do compartimento (W)

### Iluminação

A potência das armaduras de um compartimento incrementa a carga térmica. 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

$$\dot{Q}_{\text{sen}}(i) = n \cdot \dot{Q}_{\text{sen, arm}} \cdot \sum_0^{24} K_i(i) \cdot FC(i)$$

sendo,

$\dot{Q}_{\text{sen, arm}}$ , 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

### 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.

### 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.

$$\dot{Q}_{\text{lat}} = 3002400 \cdot \dot{V} \cdot (W_{\text{ext}} - W_{\text{rec}})$$

$$\dot{Q}_{\text{sen}} = 1200 \cdot \dot{V} \cdot (T_{\text{sec a, ext}} - T_{\text{sec a, comp}})$$

sendo,

$\dot{V}$ , caudal de ar exterior para ventilação (m<sup>3</sup>/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 elementos exteriores realiza-se considerando o coeficiente de transmissão de calor e a área do elemento.

$$Q_T = A \cdot K \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

sendo,

$Q_T$ , calor total através de um tapamento sem inércia (W)

A, área do elemento (m<sup>2</sup>)

K, coeficiente de transmissão de calor (W/m<sup>2</sup> °C)

$T_{ext}$ , 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 aplicada no arrefecimento.

## 1.7. ITED

### 1.7.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de infra-estruturas de telecomunicações, televisão, radiodifusão e informática num edifício de habitação é distribuir os seus sinais desde o seu ponto mais longínquo até à entrada do edifício garantindo estes sinais com um bom índice de qualidade nesse ponto, existindo sempre a hipótese de num futuro próximo adaptar estas instalações a novas tecnologias sem a necessidade de alterar as instalações existentes.

A introdução da fibra óptica nas redes de comunicações electrónicas de acesso marcará um ponto de viragem no sector das comunicações electrónicas e uma alteração profunda no paradigma regulamentar do sector. O ITED é o regime aplicável ao projecto e à instalação das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios e respectivas ligações às redes públicas de telecomunicações, bem como à actividade de certificação das instalações. É regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 123/2009, de 21 de Maio (com a redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 258/2009, de 25 de Setembro) estando tecnicamente apoiado no Manual ITED 2ª edição e nos procedimentos associados. Desde o dia 1 de Janeiro de 2010 é obrigatório que todos os projectos de telecomunicações de edifícios sejam realizados de acordo com o novo regime ITED. Ao criar as condições que facilitam a existência de banda larga nos novos edifícios, o regime ITED promove a concorrência entre operadores e a actualização tecnológica do sector das comunicações.

Na evolução dos projectos RITA e na tentativa de unir as redes de televisão e radiodifusão com as telecomunicações telefónicas surge o ITED com um futuro promissor nas redes de fibra óptica, neste momento o programa somente permite o seu cálculo para edifícios unifamiliares, multifamiliares, multifamiliares mistos e em banda.

### 1.7.2. Tubagens

A elaboração do projecto da rede de tubagens do edifício, deve ter por base o projecto da respectiva rede de cabos. A rede de tubagens do edifício deve ficar, preferencialmente, embebida nas paredes. Podem no entanto utilizar-se calhas técnicas ou, em casos específicos, a tubagem ficar à vista. O percurso da tubagem deve ser tanto quanto possível rectilíneo, colocado na horizontal ou na vertical. O comprimento máximo dos tubos entre duas caixas deve ser de 12 metros, quando o percurso for rectilíneo e horizontal. Entre cada dois troços de tubo consecutivos deve intercalar-se uma caixa de passagem, salvo se conseguir-se garantir a correcta instalação e passagem da cablagem, por sobredimensionamento da tubagem. Admite-se, para cada troço de tubo, a execução de um máximo de duas curvas. Cada curva diminuirá o comprimento máximo do troço em 2 metros.

A rede de tubagens do edifício deve ser projectada, de modo que os condutores que servem um cliente não sejam acessíveis a um outro cliente ou entidade estranha.

As tubagens devem ser instaladas, de forma que assegurem as seguintes distâncias mínimas em relação a canalizações metálicas, nomeadamente de gás e água:

- Pontos de cruzamento: 50 mm.
- Percursos paralelos: 200 mm.

Em relação à separação entre cabos de energia eléctrica e cabos de telecomunicações, deverá ter-se em atenção o estipulado no ponto 4.2.1, tabela 38, do Manual ITED 2ª edição.

### 1.7.3. Materiais

As infra-estruturas de telecomunicações em edifícios (ITED) compõem-se de espaços, redes de tubagens, redes de cablagens, restante equipamento e material tais como conectores, tomadas e outros dispositivos.

O programa CYPECAD MEP - ITED, possui uma ligação com o **Gerador de preços**. É a partir desta ligação, que o programa selecciona os materiais (cabos, caixas, tubagens, amplificadores, etc...) constituintes da rede.

Podem-se consultar esses materiais a partir do programa **Gerador de preços**, assim basta entrar no programa **Gerador de preços**, posteriormente premir em **Preços compostos > Instalações > Infra-estruturas de telecomunicações** onde encontrará os capítulos relativos à constituição de uma rede de telecomunicações. Por outro lado, é com base no **Gerador de preços** que se geram os orçamentos.

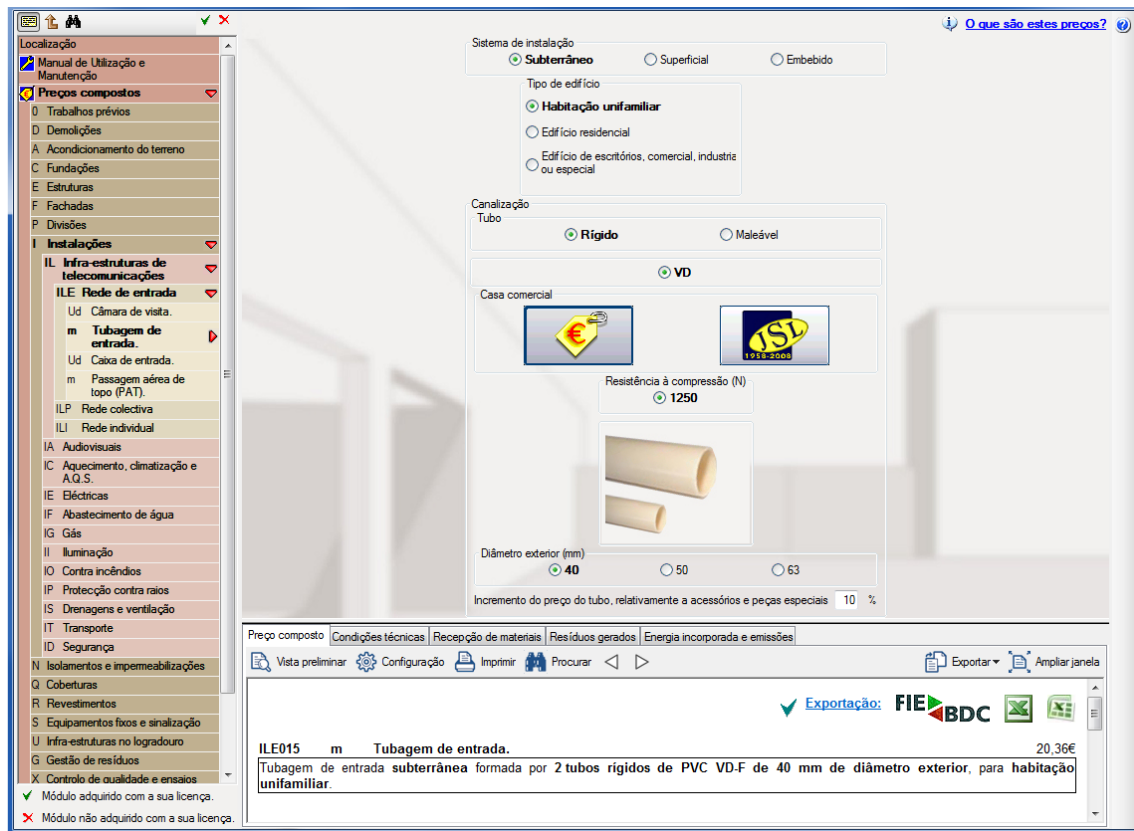


Fig. 1.2

O tipo de tubo utilizado no projecto também pode ser seleccionado no **CYPECAD MEP - ITED**, seleccionando **Obra > Selecção de materiais e equipamentos** aparecerá a seguinte janela com os diferentes tipos de rede.

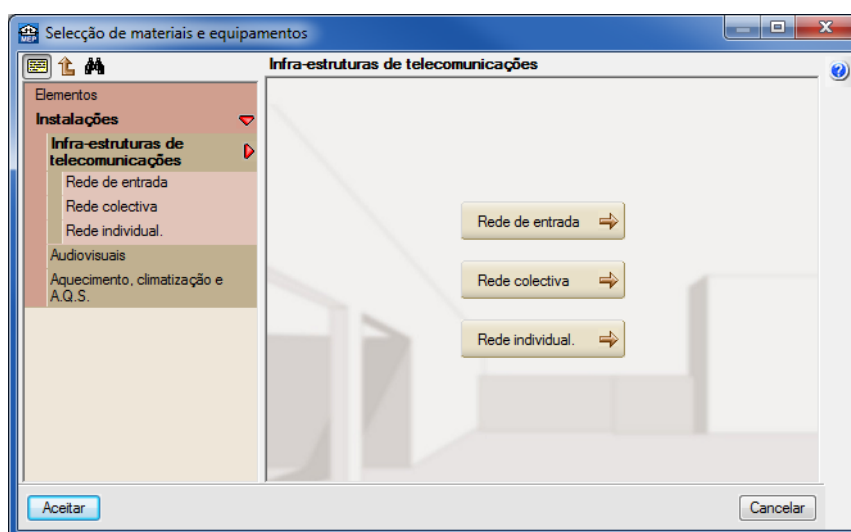


Fig. 1.3

No cálculo das tubagens, consideram-se sempre as medidas úteis, ou seja, diâmetros internos no cálculo dos tubos e secções internas no caso das calhas.

Para o dimensionamento do diâmetro interno dos tubos, conhecendo o número de cabos e o diâmetro de cada um deles, usar-se-á de uma forma geral a seguinte fórmula:

$$D_{\text{Tubo}} \geq 1.8 \cdot \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

sendo:

$D_{\text{TUBO}}$ , diâmetro mínimo do tubo que se pretende calcular, em milímetros (mm)

$d_1, d_2, d_n$ , diâmetro de cada um dos cabos que se pretendem utilizar, em milímetros (mm)

$n$ , número de cabos a utilizar

Para o caso particular do cálculo do diâmetro externo dos tubos das redes, o sobredimensionamento da tubagem torna-se especialmente importante, pelo que deverá ser usada a seguinte fórmula:

$$d_{i_m} = \frac{d_n}{1.33}$$

$$d_n = d_{i_m} \cdot 1.33$$

sendo:

$d_{i_m}$ , diâmetro interno mínimo admissível (útil)

$d_n$ , diâmetro externo (comercial)

Os diâmetros externos (equivalente a diâmetros nominais) dos tubos ( $d_n$ ) são, usualmente, os seguintes: 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 e 110 mm.

O resultado obtido para o diâmetro externo do tubo será arredondado para o diâmetro imediatamente superior, de medida normalizada, existente no mercado.

Os valores dos diâmetros que o programa utiliza para os cabos das diferentes tecnologias são:

- Diâmetro do cabo Pares de Cobre: 6.2 mm.
- Diâmetro do cabo Coaxial: 6.9 mm (RG-6) e 10.5 mm (RG-11).
- Diâmetro do cabo Fibra Óptica: 4.2 mm.

## 1.7.4. Rede colectiva

### 1.7.4.1. Rede colectiva de tubagens

Considerada no caso de edifícios com mais de uma fracção autónoma. Esta é limitada a montante pela tubagem constituinte da entrada subterrânea, inclusive, e a jusante pelo Armário de Telecomunicações Individual (ATI), onde estão alojados os dispositivos para uso privativo de cada cliente, exclusive.

Deve existir uma coluna montante, no mínimo, por cada tecnologia adoptada (três condutas).

As colunas montantes encontram-se interligadas entre si nas caixas de base e de topo do edifício, situadas no ETS e no ETI, por tubagem da mesma dimensão da que se utilize na própria coluna ou por partilha do mesmo armário.

Quando pelas dimensões e planta do edifício for aconselhável o desdobramento das colunas montantes, na vertical ou na horizontal, as colunas resultantes estarão ligadas entre si, no mínimo num ponto e de forma adaptada às características do edifício.

Por desdobramento entende-se a existência simultânea de várias colunas montantes, que distribuem pelo edifício o mesmo tipo de cablagem.

As colunas montantes devem ser o mais rectilíneas possível e ter capacidade para servir todo o imóvel.

### 1.7.4.2. Rede colectiva de cabos

Destina-se a servir vários clientes. É limitada a montante pelos secundários dos Repartidores Gerais (RG), inclusive, e a jusante pelos primeiros dispositivos de derivação para uso exclusivo de cada cliente (RC ou TC), exclusive.

## 1.7.5. Rede Individual

### 1.7.5.1. Rede individual de tubagens

Destina-se a servir uma só fracção autónoma. É limitada, a montante, pelo Armário de Telecomunicações Individual (ATI), inclusive, e a jusante pelas caixas de aparelhagem, inclusive. Deve incluir um número mínimo de 1 tubagem para todos os tipos de cabos, quer sejam em pares de cobre, em coaxial ou em fibra óptica.

No caso particular da moradia unifamiliar, considera-se que a Rede Individual de Tubagens é limitada, a montante, pela Caixa de Entrada de Moradia Unifamiliar (CEMU), inclusive. A ligação da CEMU ao ATI é realizada por dois tubos de 40 mm de diâmetro, ou equivalente. Na ligação entre a rede colectiva (ou individual, no caso da moradia unifamiliar) e as antenas externas, existe uma tubagem que vai permitir a passagem de cabos para ligação a sistemas do tipo A, B e FWA. Esta tubagem é designada por Passagem Aérea de Topo (PAT). A referida passagem deverá estar interligada ao ETS (ou ao ATI no caso da moradia) ou à infra-estrutura colectiva de tubagem. A PAT é sempre obrigatória, independentemente da existência de sistemas de antenas.

Os edifícios só permitem entradas de cabos por via subterrânea, deixando de existir entradas aéreas. A PAT serve exclusivamente para a passagem de cabos das antenas, instaladas no topo dos edifícios.

Para os sistemas de uso exclusivo do edifício, nomeadamente os sistemas de portaria, videoportaria e televigilância, deverá ser prevista uma rede de tubagem específica, embora se preveja a interligação entre estes sistemas e as ITED, nomeadamente no ATE ou no ATI.

### 1.7.5.2. Rede individual de cabos pares de cobre

Destinada a servir um só cliente. É limitada a montante pelos primeiros dispositivos de derivação de uso exclusivo do cliente (RC ou TC), dispositivos de derivação e transição existentes na Caixa de Entrada de Moradia Unifamiliar (CEMU) inclusive, e a jusante pelas tomadas de cliente (utilizador), inclusive.

Considera-se que a distribuição a partir do secundário do RC é realizada com cabos e componentes de categoria 6, no mínimo. Deverá garantir-se, a partir desse ponto, o cumprimento dos requisitos da Classe E.

A distribuição a partir do RC segue uma tipologia em estrela, até às tomadas de cliente. As ligações anteriormente referidas são suportadas em cabo de 4 pares de cobre (UTP, por exemplo).

Todas as tomadas de cliente podem ser interligadas entre si, no RC, por intermédio de chicotes adequados, permitindo distribuir o sinal das entradas por todas as tomadas. As interligações no RC vão permitir, quando for necessário, a individualização das tomadas ou seja, a distribuição de sinal de vários acessos (ou operadores) por diferentes tomadas.

Para fracções autónomas residenciais considerar-se-á, no mínimo, o seguinte:

- 2 tomadas por quarto.
- 2 tomadas por sala.
- 2 tomadas na cozinha.

A tomada na cozinha poderá estar sujeita a condições especiais. Deverá existir um cuidado especial na sua localização de modo a minorar essa situação, nomeadamente o mais possível afastada de fontes de vapor e calor. Deverão ser utilizadas tomadas e cabos adaptados a essas situações.

Para fracções autónomas não residenciais para uso profissional considerar-se-á, no mínimo, o seguinte:

- 1 tomada por posto de trabalho ou por cada 10 m<sup>2</sup> de área útil.

Para fracções autónomas em locais específicos, tais como estabelecimentos públicos ou industriais, o projectista deve ter em conta as necessidades do cliente.

No caso particular da moradia unifamiliar, considera-se que a ligação entre os dispositivos alojados na CEMU e o ATI é realizada em cabo de pares de cobre de categoria 6, no mínimo.

### 1.7.5.3. Rede individual de cabos coaxiais

A rede individual de cabos coaxiais segue uma distribuição em estrela a partir dos TC no ATI.

Considera-se que os cabos coaxiais a utilizar nas ITED devem ser, no mínimo, da categoria TCD-C-H.

A referida distribuição é realizada em cabo, RG6 ou RG11 e deve ter em conta as atenuações, de modo a garantir os níveis de sinal mínimos.

Para fracções autónomas residenciais considerar-se-á, no mínimo, o seguinte:

- 1 tomada por quarto.
- 1 tomada por sala.
- 1 tomada na cozinha.

Deverá existir um cuidado especial na localização desta última tomada, instalando-a o mais possível afastada de fontes de vapor e calor. Deverão ser utilizadas tomadas e cabos adaptados a essas situações. Recomenda-se o uso generalizado das seguintes tomadas coaxiais:

Número de fracções autónomas  $\geq 2$ : tomada de TV, rádio e dados.

Para fracções autónomas não residenciais para uso profissional, fica ao critério do projectista a distribuição, ou não, de cabos coaxiais até ao posto de trabalho, embora a rede de tubagem esteja devidamente projectada para os suportar.

Recomenda-se, no entanto, o seguinte:

- 1 tomada por posto de trabalho ou por cada 10 m<sup>2</sup> de área útil.

Para fracções autónomas em locais específicos, tais como estabelecimentos públicos ou industriais, o projectista deve ter em conta as necessidades do cliente.

Nos casos em que se utilize amplificador de cliente, a colocar no ATI, deve ter-se em consideração que o amplificador provoca um aumento do factor de ruído com a conseqüente degradação do C/N, sendo esta degradação variável com o ganho e o tipo de amplificador.

Os níveis das portadoras de sinal de radiodifusão sonora e televisiva medida na tomada de cliente, devem ser os seguintes (em dB $\mu$ V):

Modulação	NÍVEL DE SINAL (dB $\mu$ V)			
	5-862 MHz		950-1250 MHz	
	Recomendado	Limites Inferior-Superior	Recomendado	Limites Inferior-Superior
AM-TV	65	57-80		
64 QAM-TV	45	45-70		
FM-TV			50	47-77
QPSK-TV			50	47-77
FM-Rádio	50	40-70		
DAB-Rádio	40	30-70		
COFDM-TV	50	45-70		

#### 1.7.5.4. Rede individual de fibra óptica

Os cabos de fibra óptica são definidos em termos da sua construção física (diâmetros de núcleo/bainha) e categoria. As fibras ópticas, utilizadas em determinado canal de transmissão, devem ter a mesma especificação técnica de construção e pertencerem à mesma categoria.

Todos os cabos de fibra óptica devem cumprir os requisitos da norma EN 60794-1-1. Para além dos tipos de cabos referidos no Manual ITED 2ª edição, poderão considerar-se outros, desde que cumpram a referida Norma Europeia e as presentes especificações técnicas.

Utilização de cabos monomodo OS1 e OS2 de forma a garantir Classe OF-300 de ligação, cada fibra deve cumprir com a norma EN60793-2-50:2004.

O projecto da rede de fibras ópticas do edifício deve definir o tipo de RG-FO a instalar, o tipo de cabos a utilizar na instalação da rede colectiva, a terminação no primário do ATI e a ligação deste pelo menos até às 2 tomadas ópticas da ZAP.

#### 1.7.5.5. Zona de Acesso Privilegiado

Os fogos de uso residencial possuem, obrigatoriamente, um local onde se concentram as três tecnologias (PC, CC e FO). Esse local é designado por Zona de Acesso Privilegiado (ZAP) e localiza-se na divisão mais adequada, no entendimento do projectista e de acordo com as preferências do dono da obra.

A obrigatoriedade anteriormente expressa concretiza-se na chegada, a um ponto comum, de 2 cabos de cada uma das tecnologias, provenientes do ATI:

- Os 2 cabos PC terminam em 2 tomadas RJ45.
- Os 2 cabos coaxiais terminam em 2 tomadas coaxiais, na configuração que o projectista considerar mais favorável.
- 1 cabo de 2 FO termina em 2 tomadas de fibra óptica.

É fundamental a escolha de uma boa localização para a ZAP, privilegiando a integração das tomadas num mesmo espelho.

A figura seguinte exemplifica o que poderá ser uma possível tomada ZAP.

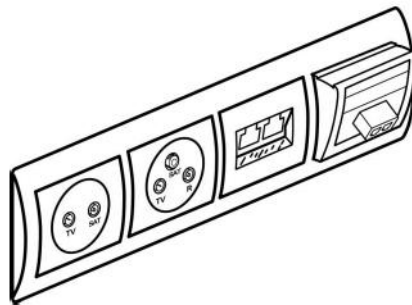


Fig. 1.4

#### 1.7.6. Cálculo

Uma vez obtidos os dados de partida, procede-se ao cálculo da rede, de acordo com os tipos de tubagens, diâmetros, elementos intercalados. Para isso utiliza-se a formulação e o método de resolução que se explicam nesta apresentação e segundo o exigido pelo manual ITED, 2ª edição.

A memória descritiva apresenta os cálculos, devidamente sintetizados, de dimensionamento dos espaços (ETI e ETS), ATE, ATI, cabos (pares de cobre, coaxiais e fibras ópticas), redes de tubagens, dispositivos de derivação das colunas montantes e das derivações colectivas e individuais.

Se o utilizador procedeu à definição dos compartimentos, o programa salvaguarda o número mínimo de tomadas por compartimento específico.

#### 1.7.7. Dimensionamento

Ao dimensionar, o programa tratará de otimizar e seleccionar o diâmetro mínimo que cumpra todas as restrições.

O algoritmo de dimensionamento verificará os diâmetros de todos os cabos que irão passar no seu interior e irá aumentando o diâmetro interior da tubagem até que se verifiquem todas as verificações, colocando no final a tubagem existente e normalizada existente no mercado e que garanta o diâmetro interior calculado.

O algoritmo de dimensionamento do programa detecta o trajecto mais desfavorável impondo na tomada terminal desse trajecto um sinal igual ou superior a 65 dB $\mu$ V, garantindo assim uma uniformidade da instalação, salvaguardando a não colocação de um amplificador de sinal na entrada do edifício.

Valores para algumas atenuações por metro de acordo com o tipo de cabo.

Cabos de par de cobre UTP (*Unshielded Twisted Pair*) – Nenhum tipo de blindagem metálica envolve os condutores ou grupo de condutores.

Categoria do cabo	Cabos sólidos	Cabos flexíveis
6	EN 50288-5-1	EN 50288-5-2
	EN 50288-6-1	EN 50288-6-2
7	EN 50288-4-1	EN 50288-4-2

Diâmetro do condutor	0,5mm a 0,65mm	
Tipo de condutor	Sólido	EN 50288-X-1 EN 50288-X-2
	Entrançado	EN 50288-X-2
Diâmetro do condutor com isolamento	0,7mm a 1,4mm-Cat.6	EN 60811-1-1
	0,7mm a 1,6mm-Cat.7	
Número de condutores	$\geq 2n$ (n=2,3,...)	
Marcação na bainha	Indelével, metro a metro, fabricante, lote ou data de fabric (semana e ano)	

Cabos coaxiais da categoria TCD-C-H.

A tabela seguinte caracteriza as especificações técnicas mínimas a que os cabos coaxiais, a utilizar nas ITED, devem obedecer.



Características eléctricas	Frequência (MHz)	Valor
Impedância	F=100	75Ω ±35Ω
Perdas por retorno	5≤f<470	20dB
	470≤f<1000	18dB
	1000≤f<3000	12dB
Atenuação em 100 metros (dB)	10	1.98
	47	4.29
	100	6.26
	200	8.96
	300	11.12
	400	12.98
	500	14.65
	600	16.18
	700	17.62
	800	18.97
	860	19.74
	900	20.25
	1000	21.48
	1200	23.77
	1400	25.68
	1600	27.45
	1900	29.91
2150	31.82	
2300	32.91	
2500	34.31	
2700	35.66	
3000	37.59	
Resistência máxima: condutor central + condutor externo	CC	9Ω/100m
Mínima passagem de corrente admissível	CC	0.5A
Atenuação de blindagem (EMC Classe A)	30≤f<1000	≥85dB
	1000≤f<2000	≥75dB
	2000≤f<3000	≥65dB

Características Eléctricas (Cont.)	Valor
Cobertura do dieléctrico	≥70%
Velocidade de propagação	82%
Diâmetro condutor central	0.6mm a 1.7mm
Total de elementos coaxiais num cabo	≥1
Diâmetro exterior do cabo	≤12mm
Gama de temperatura	Instalação: 0°C a +50°C
	Funcionamento: -20°C a +60°C
Mínimo raio de curvatura durante a instalação	10 vezes o diâmetro externo
Mínimo raio de curvatura instalado	5 vezes o diâmetro externo
Marcação	Indelével
	Metro a metro
	Indicação do fabricante
	N.º do lote ou data de fabric (semana e ano)

No quadro seguinte são indicadas algumas Normas relevantes para as fibras ópticas, bem como as respectivas características técnicas associadas.

IEC 60793-2-50:2004	IEC 60793-2-50:2008	ITU-T
Tipo B1.1	Tipo B1.1	G652a,b
Tipo B1.2	-	G654a
	Tipo B1.2_b	G654b
	Tipo B1.2_c	G654c
Tipo B1.3	Tipo B1.3	G652c,d
Tipo B2	Tipo B2	G653a,b
Tipo B4	-	G655a
	-	G655b
	Tipo B4_c	G655c
-	Tipo B4_d	G655d
-	Tipo B4_e	G655e
-	Tipo B5	G656
-	Tipo 6_a	G657a
-	Tipo B6_b	G657b

Para o dimensionamento de aparelhagem como repartidores, derivadores e equipamentos terminais, aconselha-se a consulta de tabelas de fornecedores de materiais existentes no mercado Português.

### 1.7.8. Redes colectivas

Na rede colectiva de cabos de pares de cobre para se determinar a quantidade mínima de pares de cobre dever-se-á considerar o seguinte:

- Obrigatoriedade de 4 pares de cobre por fracção autónoma.
- Cálculo de uma determinada quantidade de pares de cobre em função do número de fracções autónomas:

Secundário do RG-PC,

$$N=4 \cdot n \cdot 1.2$$

sendo:

4, número mínimo de pares de cobre por fracção autónoma

n, número de fracções autónomas

1.2, sobredimensionamento de 20 %

Primário do RG-PC, 1.5 x número de ligações possíveis do secundário.

A rede colectiva de cabos coaxiais tem dois tipos de distribuição diferentes, na rede CATV a distribuição é em estrela pois é obrigatório, enquanto nas redes SMATV e MATV são distribuídas em cascata. As redes de cabo coaxial são constituídas por cabos RG11, RG7, RG6 ou RG59 e deve-se ter em conta as atenuações de cada cabo. Os níveis de sinal na entrada do RG-CC deverão estar entre 75 e 100 dB $\mu$ V.

CATV: Distribuição em estrela

Rede colectiva: (comprimento do cabo (m) x atenuação do cabo coaxial utilizado (dB/m)) + repartidor ATI

Rede individual: (comprimento do cabo (m) x atenuação do cabo coaxial utilizado (dB/m)) + tomada + interligações

Atenuação da rede de distribuição (ATE-TT) = Rede colectiva + Rede individual (tomada menos favorável)

MATV/SMATV: Distribuição em cascata

Rede colectiva: Perdas de derivação (derivador) + (atenuação do cabo coaxial utilizado x comprimento do cabo) = Atenuação acumulada na TAP

Rede individual: Atenuação acumulada na TAP + Perdas de inserção + (atenuação do cabo coaxial utilizado x comprimento do cabo) = Atenuação acumulada no RC – CC

Atenuação acumulada em tomada = (atenuação do cabo coaxial utilizado x comprimento do cabo) + Perdas de inserção + Atenuação acumulada no RC – CC + Características das Tomadas de Telecomunicações

Tilt MATV = (Atenuação acumulada em tomada 862 MHz) – (Atenuação acumulada em tomada 5 MHz)

Tilt SMATV = (Atenuação acumulada em tomada 2150 MHz) – (Atenuação acumulada em tomada 950 MHz)

Níveis de sinal em Tomada = (Nível de sinal no RG - CC do Amplificador na saída) – (Atenuação acumulada em tomada)

Para outras frequências a atenuação poderá ser calculada pela fórmula seguinte:

$$A_{F_x} = A_{F_1} \cdot \sqrt{\frac{F_1}{F_x}}$$

sendo:

$A_{F_x}$ , atenuação que se quer calcular, na frequência desejada ( $F_x$ ), em dB

$A_{F_1}$ , atenuação conhecida, numa frequência inferior ( $F_1$ ) e próxima de  $F_x$ , em dB

$F_1$ , frequência próxima e inferior a  $F_x$  (MHz)

$F_x$ , frequência para a qual se quer calcular a atenuação (MHz)

Para calcular as perdas totais da rede colectiva de fibra óptica é preciso ter-se em conta a estrutura adoptada para a rede colectiva e individual, a forma de conectorização e de ligação de fibras, somando-se assim todas as fontes de atenuação desde o conector do secundário do RG-FO, salienta-se que o programa só considera junções por fusão térmica:

$$P_T = P_C + P_J + P_{CB}$$

sendo:

$P_T$ , perdas totais

$P_C$ , perdas nos conectores (pré-conectorizados ou com conectorização de campo)

$P_J$ , perdas associadas a junções por fusão ou mecânicas

$P_{CB}$ , perdas nos cabos

em que:

$$P_C = N \cdot A_{CM} + M \cdot A_{CC}$$

$N$ , número de condutores pré-conectorizados ou manufacturados

$A_{CM}$ , atenuação associada a cada conector manufacturado em dB

$M$ , número de condutores conectorizados manualmente no local

$A_{CC}$ , atenuação associada a cada conector mecânico e instalado manualmente em local em dB

Deve considerar-se sempre o valor indicado pelo fabricante e só em caso de inexistência do mesmo, justificada, deve considerar-se 0.5 dB como perda máxima.

$$P_J = N \cdot A_{JF} + M \cdot A_{JM}$$

$N$ , número de fusões

$A_{JF}$ , atenuação por junta com fusão

$M$ , número de ligações mecânicas em dB

$A_{JM}$ , atenuação por junta mecânica em dB

$$P_{CB} = N \cdot A_{CB}$$

$N$ , número de Km de cabo

$A_{CB}$ , atenuação típica do cabo em dB por Km

### 1.7.9. Nomenclatura/Siglas ITED mais utilizadas

ATI - Armário de telecomunicações individual

ATE - Armário de telecomunicações de edifício

CEMU - Caixa de entrada de moradia unifamiliar

CEC - Caixa de entrada de cabos

C/N - Relação portadora ruído

CV - Câmara de visita  
CVM - Câmara de visita multi-operador  
QE - Quadro eléctrico  
I - Caixa de passagem  
P - Caixa de aparelhagem para cabos em par de cobre  
C - Caixa de aparelhagem para cabo coaxial  
F - Caixa de aparelhagem para fibra óptica  
ZAP - Zona de acesso privilegiado  
TM - Tomadas mistas: TV, rádio e dados + RJ45  
PAT - Passagem aérea de topo, com ligação ao local de instalação das antenas  
PD - Ponto de distribuição  
TS - Tubagem subterrânea, de acesso à CEMU  
ES - Entrada subterrânea, para os cabos provenientes das redes públicas  
EPI - Equipamento de protecção individual  
TC - Tomada de cliente  
MATV - Master antenna television  
SMATV - Satellite master antenna television  
CATV - Community antenna television  
UHF - Ultra high frequency  
UTP - Unshielded twisted pair  
STP - Shielded twisted pair  
WLAN - Wireless local area network  
VHF - Very high frequency  
RG - Repartidor geral  
RG-CC - Repartidor geral de cabo coaxial  
RG-FO - Repartidor geral de fibra óptica  
RG-PC - Repartidor geral de par de cobre  
PPCA - Posto privado de comutação automática  
SIG - Sistema de informação geográfica  
TV - Televisão  
TT - Tomada de telecomunicações  
TDT - Televisão digital terrestre  
OS - Fibra óptica, monomodo (single mode)  
RGE - Repartidor geral de edifício

## 1.8. Electricidade

### 1.8.1. Introdução

O objectivo fundamental no dimensionamento de uma rede de electricidade é alimentar os equipamentos terminais garantindo a protecção destes equipamentos, das pessoas e das instalações a servir.

Descrevem-se e justificam-se nesta memória as opções tomadas, e apresentam-se as bases de cálculo para o dimensionamento das soluções preconizadas.

### 1.8.2. Base de cálculo – Secção das linhas

A determinação regulamentar da secção de um cabo consiste em calcular a secção mínima normalizada que satisfaz simultaneamente as três condições seguintes:

- **Critério da intensidade máxima admissível ou de aquecimento.** A temperatura do condutor do cabo, funcionando a plena carga e em regime permanente, não deve superar em nenhum momento a temperatura máxima admissível atribuída dos materiais que se utilizam para o isolamento do cabo. Esta temperatura especifica-se nas normas particulares dos cabos e é de 70°C para cabos com isolamentos termoplásticos e de 90°C para cabos com isolamentos termo-estáveis.
- **Critério da queda de tensão.** A circulação de corrente através dos condutores, ocasiona uma perda de potência transportada pelo cabo, e uma queda de tensão ou diferença entre as tensões na origem e extremo da canalização. Esta queda de tensão deve ser inferior aos limites marcados pelo regulamento em cada parte da instalação, com o objectivo de garantir o funcionamento dos receptores alimentados pelo cabo.
- **Critério da intensidade de curto-circuito.** A temperatura que pode alcançar o condutor do cabo como consequência de um curto-circuito ou sobre intensidade de curta duração, não deve exceder a temperatura máxima admissível de curta duração (para menos de 5 segundos) atribuída aos materiais utilizados para o isolamento do cabo. Esta temperatura especifica-se nas normas particulares dos cabos e é de 160°C para cabos com isolamentos termoplásticos e de 250°C para cabos com isolamentos termo-estáveis.

#### 1.8.2.1. Secção por intensidade máxima admissível ou aquecimento

De acordo com o RTIEBT 433 verifica-se a seguinte condição:

No cálculo das instalações será verificado que as correntes máximas das linhas são inferiores às admitidas, tendo em conta os factores de correcção segundo o tipo de instalação e as suas condições particulares.

$$I_c < I_z$$

Intensidade de cálculo em serviço monofásico

$$I_n = \frac{P}{U_l \cdot \cos \varphi}$$

Intensidade de cálculo em serviço trifásico

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

sendo:

$I_c$ , intensidade de cálculo do circuito

$I_z$ , intensidade máxima admissível do condutor nas condições de instalação

P, potência de cálculo, em W

$U_l$ , tensão simples, em V

$U_l$ , tensão composta, em V

$\cos \varphi$ , factor de potência

#### 1.8.2.2. Secção de queda de tensão

De acordo com o RTIEBT 525, quadro 520 verifica-se as seguintes condições:

Nas instalações colectivas, a queda de tensão não supera os seguintes valores:

- Coluna montante: 1.0%.
- Entradas: 0.5%.

Em circuitos interiores da instalação, a queda de tensão não supera os seguintes valores:

- Circuitos de iluminação: 3.0%.
- Circuitos de força motriz: 5.0%.

As fórmulas utilizadas são as seguintes:

Para receptores monofásicos a queda de tensão é calculada por:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

sendo:

L, comprimento do cabo, em m

X, a reactância não é considerada até um valor de secção cabo de 120 mm<sup>2</sup>. A partir desta secção considera-se um valor para a reactância de 0.08 Ω/km

R, a resistência do cabo, em Ω/m:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{S}$$

sendo:

ρ, resistividade do material, em Ω.mm<sup>2</sup>/m

S, secção, em mm<sup>2</sup>

As condições reais de serviço não são as normais de cálculo, portanto verifica-se a queda de tensão à temperatura prevista de serviço do condutor:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I_c}{I_z}\right)^2$$

sendo:

T, temperatura real estimada no condutor, em °C

T<sub>0</sub>, temperatura ambiente do condutor (40°C para cabos ao ar e 25°C para cabos enterrados)

T<sub>max</sub>, temperatura máxima admissível do condutor segundo tipo de isolamento (90°C para condutores com isolamentos termo-estáveis e de 70°C para condutores com isolamentos termoplásticos)

Então a resistividade e a temperatura prevista de serviço do condutor será:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

sendo para o cobre:

$$\alpha = 0.00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{56} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

e para o alumínio:

$$\alpha = 0.00403 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{35} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

### 1.8.2.3. Secção por intensidade de curto-circuito

As intensidades de curto-circuito máximas e mínimas, calculam-se tanto na origem, I<sub>cc</sub>, como no final, I<sub>ccp</sub>, de cada uma das linhas que compõem a instalação eléctrica considerando que a máxima intensidade de curto-circuito se estabelece para um curto-circuito entre fases e a mínima intensidade de curto-circuito para um curto-circuito fase-neutro.

Entre fases:

$$I_{CC} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase e neutro:

$$I_{CC} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

sendo:

$U_l$ , tensão composta, em V

$U_f$ , tensão simples, em V

$Z_t$ , impedância total no ponto de curto-circuito, em  $\Omega$

$I_{CC}$ , intensidade de curto-circuito, em kA

A impedância total no ponto de curto-circuito obtém-se a partir da resistência total e da reactância total dos elementos da rede até ao ponto de curto-circuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

sendo:

$R_t$ , resistência total no ponto de curto-circuito

$$R_t = R_{CC,T} + R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$X_t$ , reactância total no ponto de curto-circuito

$$X_t = X_{CC,T} + X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

A impedância total dependerá dos dados de partida seleccionados. O programa oferece a possibilidade de partir desde um transformador indicando a potência do mesmo em kVA e comprimento da linha de ligação ou indicando directamente a intensidade de curto-circuito em kA na portinhola.

No caso de partir de um transformador é calculada a resistência e reactância do transformador aplicando as seguintes fórmulas:

$$R_{CC,T} = \frac{E_{RCC,T} \cdot U_l^2}{S_n}$$

$$X_{CC,T} = \frac{E_{XCC,T} \cdot U_l^2}{S_n}$$

sendo:

$R_{CC,T}$ , resistência total no ponto de curto-circuito

$X_{CC,T}$ , reactância total no ponto de curto-circuito

$E_{RCC,T}$ , tensão resistiva de curto-circuito do transformador

$E_{XCC,T}$ , tensão reactiva de curto-circuito do transformador

$S_n$ , potência aparente do transformador, em kVA

No caso de introduzir a intensidade de curto-circuito na portinhola, o programa estimará a resistência e reactância da linha de ligação que produz a intensidade de curto-circuito indicada.

### 1.8.3. Base de cálculo – Cálculo das protecções

#### 1.8.3.1. Fusíveis

Os fusíveis protegem os condutores relativamente a sobrecargas e curto-circuitos.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

sendo:

$I_b$ , intensidade no circuito, em A

$I_n$ , intensidade nominal do dispositivo de protecção, em A

$I_z$ , intensidade máxima admissível do condutor nas condições de instalação

$I_2$ , intensidade de funcionamento da protecção. No caso dos fusíveis de tipo gG igual a 1.6 vezes a intensidade nominal do fusível, em A

A protecção a curto-circuito verifica-se ao cumprir as condições seguintes:

- O poder de corte do fusível,  $I_{cu}$ , é maior que a máxima intensidade de curto-circuito.
- Qualquer intensidade de curto-circuito que possa produzir-se desaparece num tempo inferior ao que provocaria com que o condutor alcançasse a sua temperatura limite (160°C para cabos com isolamentos termoplásticos e de 250°C para cabos com isolamentos termo-estáveis).

$$I_{CC,5s} > I_f$$

$$I_{CC} > I_f$$

sendo:

$I_{CC}$ , intensidade de curto-circuito na linha que protege o fusível, em A

$I_f$ , intensidade de fusão do fusível em 5 segundos, em A

$I_{CC,5s}$ , intensidade de curto-circuito no cabo durante o tempo máximo de 5 segundos em (A) amperes. Calcula-se através da seguinte expressão segundo RTIEBT 434.3.2:

$$I_{CC} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

sendo:

$I_{CC}$ , intensidade de curto-circuito na linha que protege o fusível, em A

S, secção do condutor, em mm<sup>2</sup>

t, tempo de duração do curto-circuito, em s

k, constante que depende do material e isolamento do condutor

	PVC	XPLE
Cu	115	143
Al	76	94

O comprimento máximo do cabo protegido por um fusível relativamente a curto-circuito calcula-se da seguinte forma:

$$L_{max} = \frac{U_f}{I_f \cdot \sqrt{(R_f + R_n)^2 + (X_f + X_n)^2}}$$

sendo:

$R_f$ , resistência do condutor de fase, em  $\Omega/km$

$R_n$ , resistência do condutor de neutro, em  $\Omega/km$

$X_f$ , reactância do condutor de fase, em  $\Omega/km$

$X_n$ , reactância do condutor de neutro, em  $\Omega/km$

### 1.8.3.2. Interruptores automáticos

Da mesma forma que os fusíveis, os interruptores automáticos ou disjuntores protegem relativamente a sobrecargas e curto-circuitos.

Na protecção das sobrecargas, de acordo com o RTIEBT 433, verifica-se a seguinte formulação:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

sendo:

$I_b$ , intensidade no circuito, em A

$I_n$ , intensidade nominal do dispositivo de protecção, em A

$I_z$ , intensidade máxima admissível do condutor nas condições de instalação

$I_2$ , intensidade de funcionamento da protecção. Neste caso igual a 1.45 vezes a intensidade nominal do interruptor automático, em A

A protecção relativamente a curto-circuito verifica-se ao cumprir as condições seguintes:

O poder de corte do interruptor automático,  $I_{cu}$ , seja maior que a máxima intensidade de curto-circuito que pode produzir-se no início do circuito.

A intensidade de curto-circuito mínima no final do circuito seja superior à intensidade de regulação de disparo electromagnético,  $I_{mag}$ , do interruptor automático segundo o tipo de curva.



	$I_{mag}$
Curva B	$5 I_n$
Curva C	$10 I_n$
Curva D	$20 I_n$

O tempo de actuação do interruptor automático seja inferior ao que provocaria danos no condutor por alcançar no mesmo a temperatura máxima admissível segundo o seu tipo de isolamento. Para isso comparam-se os valores de energia específica que passa ( $I^2.t$ ) durante a duração do curto-circuito, expressos em ( $A^2.s$ ), que permite passar o interruptor e a que admite o condutor.

Para esta última verificação calcula-se o tempo máximo no qual deveria actuar a protecção se se produzisse o curto-circuito, tanto para a intensidade de curto-circuito máxima na origem da linha como para a intensidade de curto-circuito mínima no final da linha, segundo a expressão seguinte:

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{CC}}$$

Os interruptores automáticos disparam num tempo inferior a 0.1s, pelo que se o tempo anteriormente calculado for superior a este, o disparo do interruptor automático ficaria garantido para qualquer intensidade de curto-circuito. Caso contrário deverá verificar-se a curva ( $I^2.t$ ) do interruptor, de maneira que o valor da energia específica que passa do interruptor seja inferior à energia específica que passa admissível pelo cabo.

$$I^2 \cdot t_{interruptor} \leq I^2 \cdot t_{cabo}$$

$$I^2 \cdot t_{cabo} = k^2 \cdot S^2$$

## 1.8.4. Base de cálculo – Cálculo de ligações à terra

### 1.8.4.1. Sistema de ligação à terra

De acordo com RTIEBT 413.1.4.2 verifica-se a seguinte condição:

$$R_A \cdot I_a \leq 50$$

sendo:

$R_A$ , soma das resistências do eléctrodo de terra e dos condutores de protecção das massas, em  $\Omega$

$I_a$ , corrente que garante o funcionamento automático do dispositivo de protecção, em A

Assim, o valor das resistências de terra e qualquer massa de defeito não poderá exceder os 83  $\Omega$ .

### 1.8.4.2. Interruptores diferenciais

Os interruptores diferenciais protegem relativamente a contactos directos e indirectos.

A protecção a contactos directos e indirectos verifica-se ao cumprir as condições seguintes:

Actuam correctamente para o valor da intensidade de defeito calculada, de maneira que a sensibilidade, S, atribuída ao diferencial cumpra:

$$S \leq \frac{U_{seg}}{R_T}$$

sendo:

$U_{seg}$ , soma Tensão de segurança. A tensão de segurança é de 24 V para os locais húmidos e habitações e 50 V para o resto

$R_T$ , resistência de ligação à terra. Este valor é inferior a 15  $\Omega$  para edifícios com pára-raios e de 37  $\Omega$  para edifícios sem pára-raios

Deverá desligar num tempo compatível com o que exige as curvas de segurança.

Por outro lado, a sensibilidade do interruptor diferencial permite a circulação da intensidade de fugas da instalação devida às capacidades parasitas dos cabos. Assim, a intensidade de não disparo do diferencial tem um valor superior à intensidade de fugas no ponto de instalação. A norma indica como intensidade mínima de não disparo a metade da sensibilidade.

O coeficiente de simultaneidade aplicado no cálculo da potência e o cálculo dos diâmetros das tubagens de acordo com as instalações a servir, são as que se encontram nas tabelas seguintes:

#### Factores de simultaneidade para locais de habitação e seus anexos

Número de instalações eléctricas (de utilização) situadas a jusante	Coefficiente de simultaneidade
2 a 4	1,00
5 a 9	0,75
10 a 14	0,56
15 a 19	0,48
20 a 24	0,43
25 a 29	0,40
30 a 34	0,38
35 a 39	0,37
40 a 49	0,36
≥ 50	0,34

Diâmetro dos tubos do tipo VD, em função da secção e do número de condutores da coluna (primeiro estabelecimento)

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro nominal dos tubos (mm)				
	Número de condutores (*)				
	1	2	3	4	5
10	32	32	32	40	40
16	32	32	40	40	50
25	32	40	50	50	63
35	32	50	63	63	63
50	40	50	63	75	75
70	40	63	75	75	90
95	50	63	90	90	90
120	50	75	90	110	110
150	63	90	110	110	110
185	63	90	110	110	-
240	75	110	-	-	-
300	75	110	-	-	-
400	90	-	-	-	-
500	110	-	-	-	-

(\*) Para condutores de secção nominal superior a 16 mm<sup>2</sup>, os valores correspondentes a quatro e a cinco condutores consideram que, respectivamente, 1 ou 2 condutores são de secção reduzida (condutor neutro – N e condutor de protecção – PE).

Para a leitura e cálculo de intensidades de corrente máxima admissível em condutores e cabos ( $I_z$ ), recomenda-se a consulta de catálogos de fornecedores para este tipo de solução.