

# DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE.

Lélio de Souza Júnior, Graduando em Engenharia Mecânica  
Dpto. de Engenharia Mecânica-UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627. CEP 31.270-901 Belo Horizonte/MG  
Tel. (031) 4995244 Fax (031) 4433783 E-mail: lelio@campus.cce.ufmg.br

José Carlos Ayres de Figueiredo, Engenheiro Mecânico  
Companhia Energética de Minas Gerais-CEMIG-CM/CE  
Av. Barbacena, 1200. CEP 30.123-970 Belo Horizonte/MG  
Tel. (031) 2994746 Fax (031) 3494691

Márcio Fonte Boa Cortez, Dr.-Ing. em Eng. Mecânica  
Dpto. de Engenharia Mecânica-UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627. CEP 31.270-901 Belo Horizonte/MG  
Tel. (031) 4995244 Fax (031) 4433783 E-mail: fonteboa@vesper.demec.ufmg.br

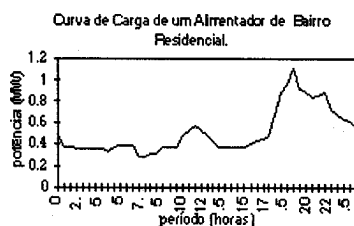
## RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão da metodologia para o dimensionamento de instalações prediais de água quente segundo a Norma Brasileira NBR-7198 vigente. São apresentadas sugestões de alterações para esta norma e sugeridas configurações hidráulicas para a rede de distribuição de água quente de um prédio, buscando minimizar o tempo de espera pela água quente e a perda de calor através das tubulações. O objetivo principal é buscar a melhoria dos projetos hidráulicos de água quente, foco dos mais graves problemas que eventualmente ocorrem em sistemas centrais de aquecimento de água, e contribuir para o aumento da eficiência e confiabilidade destes sistemas (principalmente dos aquecedores solares), visando sua maior difusão e, com isso, uma redução do pico de carga no horário de ponta do setor elétrico brasileiro.

## ABSTRACT

This paper presents a review on the methodology for designing hot water building nets according to the Brazilian Standard NBR-7198. Changes to the Standard and alternative net configuration are suggested, aiming to minimize the waiting time for hot water and the heat loss through the net. The main purpose is to improve the performance of the hydraulic hot water service, particularly those using solar water heaters, contributing to its enhancement and reduction of energy consumption during the peak time in Brazil.

## INTRODUÇÃO



**Figura 1. Curva de Carga Típica de um Bairro Residencial.**

Um grande problema do setor elétrico brasileiro é a grande variação da demanda de energia elétrica durante o dia. O perfil de demanda ao longo do dia é denominado de curva de carga e o período do dia onde existe o pico de carga é denominado horário de ponta (18 às 21 horas). Um dos causadores deste pico de carga é o aquecimento de água para banho via chuveiro elétrico que concentra-se essencialmente no horário de ponta, contribuindo com aproximadamente 20% da demanda neste período do dia. Uma alternativa para diminuir o pico de carga no horário de ponta é a substituição dos chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento central, como, por exemplo, o aquecedor solar.

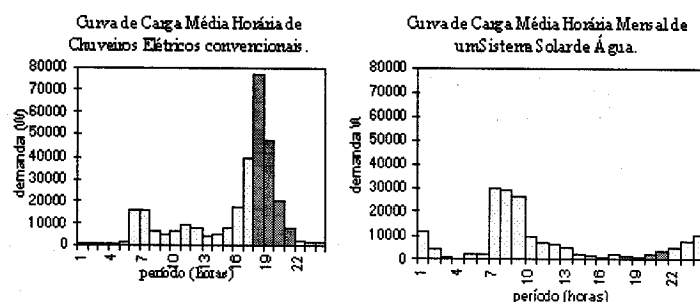


Figura 2. Curvas de carga de chuveiros elétricos e de um sistema solar (mesmo nível de conforto).

Para utilização de tais sistemas com confiabilidade e eficiência competitiva com chuveiro elétrico, deve-se minimizar os problemas de instalação e operação existentes. Um problema frequente e bastante grave decorre do dimensionamento inadequado com relação à configuração da rede de distribuição de água quente (diâmetro superdimensionado e tempo de espera relativamente longo). Como ponto de concentração, este trabalho apresenta sugestões para a norma ABNT 7198 e para a configuração hidráulica da rede de distribuição de água quente, buscando minimizar o tempo de espera pela água quente e a perda de calor das tubulações (SOUZA Jr, 1996).

Dimensionamento de Instalação de água quente

## VAZÃO DE PROJETO

A norma vigente para o dimensionamento de instalações prediais de água quente, NBR 7198/93, não indica um método específico para a determinação da vazão de projeto. Um método comumente usado é o Método ABNT NBR 7198/82, indicado na versão anterior dessa norma. O Método ABNT baseia-se no Método da Raiz Quadrada, propondo a mesma expressão para a vazão de projeto, contudo adotando pesos diferentes para os aparelhos (para informações a respeito do Método da Raiz Quadrada, consultar VIANNA, 1993).

Revisão das vazões unitárias e pesos apresentados na NBR 7198/82

Tabela 1. NBR 7198/82.

Aparelho	Vazão (l/s)	Peso
banheira	0.30	1.0
bidê	0.06	0.1
chuveiro	0.12	0.5
lavador de roupa	0.30	1.0
lavatório	0.12	0.5
pia de despejo	0.30	1.0
pia de cozinha	0.25	0.7

A Tabela 1 apresenta dados de alguns aparelhos, segundo a NBR-7198/82. A Tabela 2 apresenta estes mesmos dados calculados através do Método da Raiz Quadrada.

Tabela 2. Método da Raiz Quadrada.

Aparelho	Vazão (l/s)	Peso
banheira	0.30	1.00
bidê	0.06	0.04
chuveiro		
-vazão pequena	0.05 (3 l/min)	0.03
-vazão confortável	0.12 (7.2 l/min)	0.16
-ducha padroniz..	0.133 (8 l/min)	0.20
-vazão farta	0.25 (15 l/min)	0.69
ducha	0.50	2.78
lavadora de roupa	0.30	1.00
lavatório	0.12	0.16
pia de despejo	0.30	1.00
pia de cozinha	0.25	0.69

\*Procedimento já adotado em (BORGES e BORGES, 1993).

## DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO

Determinada a vazão de projeto, especifica-se o diâmetro adequado, não devendo a velocidade da água ultrapassar o valor limite máximo de 3 m/s, estabelecido na norma NBR 7198/92.

A NBR 7198/92 não dispõe de uma relação entre o diâmetro e a velocidade máxima. Nos projetos atuais, utiliza-se a relação velocidade x diâmetro sugerida nas normas NBR 7198/82 e NBR 5626/82. Os valores apresentados por estas normas são mostrados na tabela 3. A tabela 4 apresenta uma correção destes valores, considerando as dimensões comerciais dos tubos em cobre classe E, comumente usados em redes prediais de água quente.

**Tabela 3. Velocidades e vazões máximas segundo NBR 7198/82.**

Diâmetro	Velocidades max.	Vazões max.
(mm)	(m/s)	(l/s)
15 (1/2")	1,60	0,20
20 (3/4")	1,95	0,55
25 (1")	2,25	1,15
32 (1 1/4")	2,50	2,00
40 (1 1/2")	2,75	3,10
50 (2")	3,15	6,40
65 (2 1/2")	3,55	11,20
80 (3")	3,85	17,60
100 (4")	4,00	32,50

**Tabela 4. Adaptação das velocidades e vazões máximas para tubos em cobre Classe E.**

Diam. nom.	Diam. ext.	Par.	Diam. int.	Vel. max.	Vazão max.
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	m/s	(l/s)
15(1/2")	15	0,5	14	1,66	0,25
22 (3/4")	22	0,6	20,8	2,02	0,69
28 (1")	28	0,6	26,8	2,29	1,29
35 (1 1/4")	35	0,7	33,6	2,57	2,27
42(1.1/2")	42	0,8	40,4	2,81	3,61
54 (2")	54	0,9	52,2	3,00	6,42
66 (2 1/2")	66,7	1,2	64,3	3,00	9,74
79 (3")	79,4	1,2	77	3,00	13,96
104 (4")	104,8	1,2	102,4	3,00	24,69

Com relação às tabelas acima, fazem-se as seguintes observações:

- Para os diâmetros acima de 50 mm inclusive, os valores das velocidades excedem o estabelecido na norma vigente, NBR 7198/92.
- O diâmetro interno dos tubos comerciais em cobre (geralmente utilizados em instalações de água quente) não corresponde exatamente aos estabelecidos na Tabela 3.

## EXEMPLIFICAÇÃO DE DIMENSIONAMENTOS

A título de ilustração das modificações sugeridas, neste trabalho, para a norma vigente para o dimensionamento de rede de água quente em edificações, apresenta-se, a seguir, uma situação real (existente) de uma instalação predial de água quente em funcionamento com aquecimento solar (*Caso 1*). Em seguida, efetua-se um novo dimensionamento ("otimizado") da rede, de acordo com os procedimentos delineados nas Normas NBR 7198/82-/93, alterando-se, porém, a configuração hidráulica existente (*Caso 2*). Posteriormente, introduzem-se alterações na configuração hidráulica existente e na metodologia de dimensionamento - modificações propostas neste trabalho para a norma vigente - (*Caso 3*).

## CASO 1: INSTALAÇÃO EXISTENTE

Trata-se de uma instalação de água quente com aquecimento solar, em operação em uma edificação residencial com 12 pavimentos. A demanda de água quente proveniente do aquecedor solar se faz através dos seguintes aparelhos hidráulicos: chuveiro (CH), bidês (BD), banheiras (BH) e lavatórios (LV). A alimentação dos aparelhos com água quente é feita através de duas colunas (colunas 1 e 2 na figura 3). A primeira coluna atende chuveiros, bidês e lavatórios e a segunda coluna atende aparelhos similares e, também, banheiras.

A instalação conta, ainda, com um anel de recirculação (retorno), cujo objetivo é diminuir o tempo de espera por água quente, o que causa um desconforto aos usuários, principalmente dos primeiros andares. Este tempo de espera pode ser bastante reduzido, se o dimensionamento for correto.

A tabela 5 apresenta dimensões dos diâmetros hidráulicos para as duas colunas.

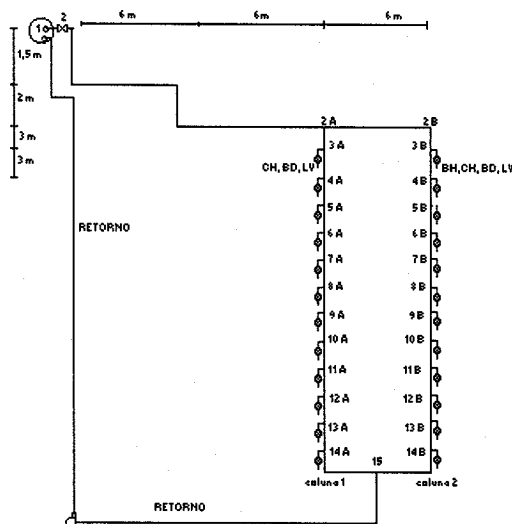


Figura 3. Instalação Existente.

Tabela 5. Características reais da instalação.

Trecho	Diâmetro (mm)	
	Coluna 1	Coluna 2
2-12	28	28
12-15	22	22
1-2A	42	
2A-2B	35	

## CASO 2: PROJETO OTIMIZADO DE ACORDO COM A NBR 7198/82-/92

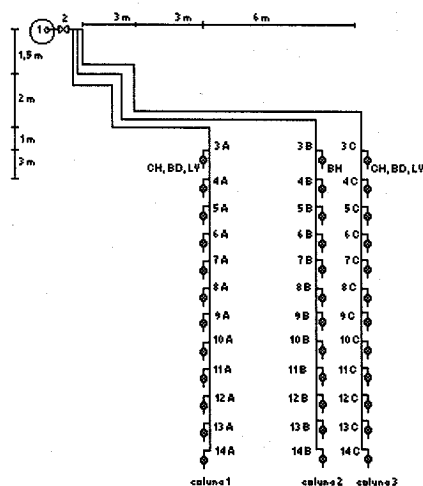


Figura 4. Instalação proposta.

Neste caso é proposta uma alteração na configuração hidráulica existente com o objetivo de diminuir o tempo de espera de água quente.

Propõe-se a utilização de uma coluna exclusiva para alimentação de banheiras e, com isso, obter-se a redução do diâmetro da coluna que atende os chuveiros. Usam-se as tabela 1 e 4, respectivamente, para os pesos e a especificação do diâmetro.

O resultado do dimensionamento é apresentado na tabela 6.

**Tabela 6. Dimensionamento otimizado da instalação de acordo com a NBR 7198/82-/92.**

Trecho	Pavimento	Pesos a jusante		Vazão proj. (eq. 1)		Diam.(mm) , (tab. 4)	
		Col. 1 e 3	Coluna 2	Col. 1 e 3	Coluna 2	Col. 1 e 3	Coluna 2
2-3	12	13,2	12	1,09	1,04	28 (1")	28 (1")
3-4	11	12,1	11	1,04	0,99	28 (1")	28 (1")
4-5	10	11	10	0,99	0,95	28 (1")	28 (1")
5-6	9	9,9	9	0,94	0,90	28 (1")	28 (1")
6-7	8	8,8	8	0,89	0,85	28 (1")	28 (1")
7-8	7	7,7	7	0,83	0,79	28 (1")	28 (1")
8-9	6	6,6	6	0,77	0,73	28 (1")	28 (1")
9-10	5	5,5	5	0,70	0,67	28 (1")	22 (3/4")
10-11	4	4,4	4	0,63	0,60	22 (3/4")	22 (3/4")
11-12	3	3,3	3	0,54	0,52	22 (3/4")	22 (3/4")
12-13	2	2,2	2	0,44	0,42	22 (3/4")	22 (3/4")
13-14	1	1,1	1	0,31	0,30	22 (3/4")	22 (3/4")
1-2	-	38,4		1,86		35(1 1/4")	

### CASO 3: PROJETO OTIMIZADO DE ACORDO COM AS MODIFICAÇÕES PROPOSTAS

Introduzindo-se as modificações sugeridas neste trabalho, no tocante ao dimensionamento da rede de água quente, usam-se as tabela 2 e 4 para os pesos e para a determinação dos diâmetros, respectivamente. O desenho da distribuição de água quente é o mesmo estabelecido no Caso 2.

**Tabela 7 - Dimensionamento otimizado da instalação consideradas as modificações sugeridas.**

Trecho	Pavimento	Pesos a jusante		Vazão proj. (eq. 1)		Diam.(mm) , (tab. 4)	
		Col. 1 e 3	Coluna 2	Col. 1 e 3	Coluna 2	Col. 1 e 3	Coluna 2
2-3	12	4,32	12	0,62	1,04	22 (3/4")	28 (1")
3-4	11	3,96	11	0,60	0,99	22 (3/4")	28 (1")
4-5	10	3,6	10	0,57	0,95	22 (3/4")	28 (1")
5-6	9	3,24	9	0,54	0,90	22 (3/4")	28 (1")
6-7	8	2,88	8	0,51	0,85	22 (3/4")	28 (1")
7-8	7	2,52	7	0,48	0,79	22 (3/4")	28 (1")
8-9	6	2,16	6	0,44	0,73	22 (3/4")	22 (3/4")
9-10	5	1,8	5	0,40	0,67	22 (3/4")	22 (3/4")
10-11	4	1,44	4	0,36	0,60	22 (3/4")	22 (3/4")
11-12	3	1,08	3	0,31	0,52	22 (3/4")	22 (3/4")
12-13	2	0,72	2	0,25	0,42	15 (1/2")	22 (3/4")
13-14	1	0,36	1	0,18	0,30	15 (1/2")	22 (3/4")
1-2	-	20,64		1,36		28 (1")	

Os diâmetros determinados nesta planilha estão de acordo com a tab. 4.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

### TEMPO DE ESPERA

**Tabela 8 - Cálculo do tempo de espera para os três casos analisados.**

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Ponto de cálculo - 1º andar	Chuveiro - coluna.2	Chuveiro - coluna.3	Chuveiro - coluna.3
Volume até o ponto 14 (m3)	0,03584	0,02612	0,01627
Vazão do chuveiro(m3/s)	0,00012	0,00012	0,00012
Tempo de espera(min)	4,98	3,63	2,26

O dimensionamento da rede de água quente deve ser feito, de modo a se obter o menor tempo de espera possível sem comprometer os custos da instalação.

O caso 1 (projeto existente) apresentou o maior tempo de espera e, para amenizar o problema, incluiu-se na rede de distribuição de água quente um dispositivo de recirculação (bomba de ¼ cv e 16,7 litros por minuto), denominado de anel de retorno. Com isso obteve uma redução do tempo de espera para, aproximadamente, 1,5 minuto. Contudo, conforme a tabela anterior, pode-se obter tempos de espera menores sem o uso do dispositivo de retorno, se consideradas as propostas relativas ao dimensionamento discutidas neste trabalho.

### ANÁLISE ENERGÉTICA

Com relação à questão energética, apresenta-se uma análise comparativa simples do comportamento energético das instalações hidráulicas discutidas neste trabalho (casos 1, 2 e 3). Alguns resultados são apresentados na Tabela 9.

A principal perda energética em uma rede de distribuição de água quente decorre da transferência de calor através da superfície das tubulações componentes da rede.

**Tabela 9 - Análise energética para as três situações tratadas.**

	Caso1	Caso2	Caso3
Área superficial total (m2)	9,2	11,7	10,1
Área superficial considerada na perda de calor(m2)	9,2	7,8	6,3
Redução percentual (%) em relação ao caso 1	0,0	15,2	31,5
Perda de calor (W)	445,5	272,2	228,9
Perda de calor (kWh/mês)	320,8	196,0	164,8
Redução percentual (%) em relação ao caso 1	=	38,9	48,6

De maneira similar ao item anterior, observa-se, a partir da tabela 9, que a perda energética da instalação pode ser reduzida mediante dimensionamento mais adequado.

### CONCLUSÕES

Este trabalho tem como meta buscar a melhoria dos projetos hidráulicos de água quente, responsáveis pelos mais graves problemas em sistemas centrais de aquecimento de água, e, assim, contribuir para o aumento da eficiência e confiabilidade destes sistemas (principalmente dos aquecedores solares), visando sua maior difusão e, com isso, uma redução do pico de carga no horário de ponta do setor elétrico brasileiro.

Apresentou-se uma análise comparativa de dimensionamentos de instalações prediais de água quente segundo a Norma Brasileira NBR-7198 vigente. Foram apresentadas sugestões de modificações em alguns procedimentos estabelecidos na Norma bem como sugeridas configurações hidráulicas para a rede de distribuição de água quente, buscando-se minimizar o tempo de espera pela água quente e a perda de calor das tubulações.

Mostrou-se, superficialmente, o potencial de conservação de energia de um sistema hidráulico de água quente através de um dimensionamento adequado. Uma análise energética mais detalhada, particularmente das perdas térmicas, consitui continuação deste trabalho.

Espera-se que estas propostas de alterações nas referências para o dimensionamento de instalações de água quente levem a uma otimização dos projetos, propiciando maior conforto aos usuários sem comprometimento dos custos para as construtoras.

Foi feita uma parceria entre a CEMIG e o Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG com o intuito de prosseguir com este trabalho, visando-se aprimorar o projeto de instalações prediais de água quente, contemplando-se fatores como conservação energética (energia elétrica, térmica, água), conforto, manutenção e controle da instalação e custos associados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NBR 7198/1982 e 1992 - "Instalações Prediais de Água Quente.", Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Rio de Janeiro.

BORGES, R.S. e BORGES, W.L. - "Instalações Prediais de Água Quente com Aquecimento Solar.", Seminário: Aquecimento Solar de Água na Atualidade, CEMIG, Belo Horizonte, 1993.

VIANNA, M.R. - "Instalações Hidráulicas Prediais.", IEA Editora, Belo Horizonte, 1993.

SOUZA Jr., L. - "Dimensionamento de Instalações Prediais de Água Quente.", Prêmio Sociedade Mineira de Engenheiros de Ciência e Tecnologia. SMF. Belo Horizonte. 1996.