

Memória de Cálculo – Água Fria - Carioca Shopping pet e fun

1. Ensaio de Cargas e Vazões

Tabela 1: Vazões Unitárias e Demanda Simultânea (NBR 5626)

Ponto Hidrossanitário	Qtd.	Vazão Unitária (L/s)	Demanda Simultânea (L/s)
Ponto de Água Fria (AF)	4	0,15 (lavatório)	0,40
Ponto de Água Quente (AQ) ¹	3	0,10 (pré-aquecido)	0,25
Ponto de Ducha Manual (DM)	3	0,20 (ducha)	0,50
Total de Vazão Simultânea			1,15

Cálculo da Vazão Simultânea (fatores de simultaneidade – NBR 5626):

$$\text{Lavatórios: } 4 \times 0,15 \times 0,70 = 0,42 \approx 0,40 \text{ L/s}$$

$$\text{Água Quente (pré-aquecido): } 3 \times 0,10 \times 0,80 = 0,24 \approx 0,25 \text{ L/s}$$

$$\text{Duchas Manuais: } 3 \times 0,20 \times 0,80 = 0,48 \approx 0,50 \text{ L/s}$$

$$\text{Total Simultâneo: } 0,40 + 0,25 + 0,50 = 1,15 \text{ L/s}$$

2. Dimensionamento de Tubulações (NBR 5626)

2.1 Critérios de Projeto

- Velocidade de projeto recomendada: 0,50 a 2,00 m/s.
- Pressão mínima exigida no ponto mais desfavorável: 2 mca (equivalente a $\approx 0,20$ bar).
- Perda de carga admissível total: até 7 mca (preferível ≤ 5 mca).

2.2 Seleção Inicial de Diâmetros

2.2.1 Tubo Principal de Alimentação (antes do hidrômetro) Vazão simultânea total:

$$Q = 1,15 \text{ L/s} = 0,00115 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Adotar velocidade alvo $v \approx 1,00$ m/s. Então:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,00115}{1,00} = 0,00115 \text{ m}^2, \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00115}{\pi}} \approx 0,0383 \text{ m} \approx 38 \text{ mm}.$$

Escolher tubo comercial: $1\frac{1}{2}$ (DN 40), OD $\approx 48,3$ mm, parede Classe 15 (espessura $\approx 4,0$ mm).

2.2.2 Ramais para Lavatórios Vazão simultânea para lavatórios: $0,40$ L/s = $0,00040$ m³/s.

Adotar $v \approx 0,80$ m/s:

$$A = \frac{0,00040}{0,80} = 0,00050 \text{ m}^2, \quad D = \sqrt{\frac{4 \times 0,00050}{\pi}} \approx 0,0252 \text{ m}$$

Escolher $\frac{3}{4}$ (DN 20), OD $\approx 26,7$ mm, parede Classe 15.

2.2.3 Ramais para Água Quente (Alimentação AQ) Vazão simultânea AQ: 0,25 L/s = 0,00025 m³/s. Adotar $v \approx 0,80$ m/s:

$$A = \frac{0,00025}{0,80} = 0,0003125 \text{ m}^2, \quad D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0003125}{\pi}} \approx 0,0199 \text{ m} \approx 20 \text{ mm}.$$

Escolher $\frac{1}{2}$ (DN 15), OD $\approx 21,3$ mm, parede Classe 15 (uso CPVC ou PPR).

2.2.4 Ramais para Duchas Manuais Vazão simultânea DM: 0,50 L/s = 0,00050 m³/s. Adotar $v \approx 1,00$ m/s:

$$A = \frac{0,00050}{1,00} = 0,00050 \text{ m}^2, \quad D = \sqrt{\frac{4 \times 0,00050}{\pi}} \approx 0,0252 \text{ m} \approx 25 \text{ mm}.$$

Escolher $\frac{3}{4}$ (DN 20), OD $\approx 26,7$ mm, parede Classe 15.

Resumo dos Diâmetros Adotados:

- **Tubo Principal:** $1\frac{1}{2}$ (DN 40)
- **Ramais Lavatórios:** $\frac{3}{4}$ (DN 20)
- **Ramal Aquecedores (pré-aquecido):** $\frac{1}{2}$ (DN 15)
- **Ramais Duchas Manuais:** $\frac{3}{4}$ (DN 20)

3. Verificação de Perda de Carga (Hazen-Williams)

3.1 Fórmula de Hazen-Williams

Para tubulação de PVC novo, adotamos $C = 150$.

$$h_f = 10,67 \times \frac{L}{C^{1,852}} \times \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}}$$

- h_f = perda de carga (mca)
- L = comprimento do trecho (m)
- $C = 150$
- Q = vazão no trecho (m³/s)
- D = diâmetro interno (m)

3.2 Trecho Principal ($1\frac{1}{2}$ – DN 40)

$$Q = 1,15 \text{ L/s} = 0,00115 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$D = 0,038 \text{ m},$$

$$L = 15 \text{ m},$$

$$C^{1,852} \approx 150^{1,852} \approx 18920,$$

$$Q^{1,852} \approx (0,00115)^{1,852} \approx 4,85 \times 10^{-6},$$

$$D^{4,87} \approx (0,038)^{4,87} \approx 6,39 \times 10^{-8},$$

$$h_f = 10,67 \times \frac{15}{18920} \times \frac{4,85 \times 10^{-6}}{6,39 \times 10^{-8}} \approx 0,64 \text{ mca}.$$

Perda de Carga no Tubo Principal: $h_{f,principal} \approx 0,64$ mca

3.3 Ramais Secundários ($\frac{3}{4}$ - DN 20)

Ramal para Lavatórios ($Q = 0,40 \text{ L/s}$, $L = 3 \text{ m}$)

$$Q = 0,40 \text{ L/s} = 0,00040 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$D = 0,026 \text{ m},$$

$$L = 3 \text{ m},$$

$$C^{1,852} \approx 18\,920,$$

$$Q^{1,852} \approx (0,00040)^{1,852} \approx 1,54 \times 10^{-6},$$

$$D^{4,87} \approx (0,026)^{4,87} \approx 1,92 \times 10^{-8},$$

$$h_f = 10,67 \times \frac{3}{18\,920} \times \frac{1,54 \times 10^{-6}}{1,92 \times 10^{-8}} \approx 0,14 \text{ mca.}$$

Ramal para Ducha Manual ($Q = 0,50 \text{ L/s}$, $L = 4 \text{ m}$)

$$Q = 0,50 \text{ L/s} = 0,00050 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$D = 0,026 \text{ m},$$

$$L = 4 \text{ m},$$

$$C^{1,852} \approx 18\,920,$$

$$Q^{1,852} \approx (0,00050)^{1,852} \approx 2,50 \times 10^{-6},$$

$$D^{4,87} \approx 1,92 \times 10^{-8},$$

$$h_f = 10,67 \times \frac{4}{18\,920} \times \frac{2,50 \times 10^{-6}}{1,92 \times 10^{-8}} \approx 0,29 \text{ mca.}$$

Resumo Perdas de Carga (mca):

- Tubo Principal ($1\frac{1}{2}$ - DN 40, 15 m): 0,64 mca
- Ramal Lavatórios ($\frac{3}{4}$ - DN 20, 3 m): 0,14 mca
- Ramal Duchas ($\frac{3}{4}$ - DN 20, 4 m): 0,29 mca

4. Verificação de Pressão Disponível

4.1 Pressão Fornecida pelo Shopping Pressão mínima na coluna primária de água fria do Shopping: 5,00 mca.

4.2 Pressão Dinâmica no Ponto Mais Desfavorável

$$P_{\text{dinâmica, lavatório}} = P_{\text{fornecida}} - (h_{f, \text{principal}} + h_{f, \text{ramal lavatório}}) = 5,00 - (0,64 + 0,14) = 4,22 \text{ mca.}$$

$$P_{\text{dinâmica, ducha}} = P_{\text{fornecida}} - (h_{f, \text{principal}} + h_{f, \text{ramal ducha}}) = 5,00 - (0,64 + 0,29) = 4,07 \text{ mca.}$$

4.3 Pressão Mínima Exigida nos Pontos (NBR 5626)

- Lavatório mais alto: 2 mca (mínimo).
- Ducha Manual: 3 mca (mínimo para conforto).

Conclusão:

- Pressão disponível no lavatório: 4,22 mca > 2,00 mca (OK).
- Pressão disponível na ducha: 4,07 mca > 3,00 mca (OK).

5. Quadro Resumido de Dimensionamento e Perdas de Carga

Tabela 2: Resumo de Dimensionamento e Perdas de Carga

Trecho / Ramal	Diâmetro	Vazão (L/s)	Comprimento (m)	h_f (mca)
Tubo Principal (entrada → ramal)	1½ (DN 40)	1,15	15	0,64
Ramal Lavatórios	¾ (DN 20)	0,40	3	0,14
Ramal Ducha Manual	¾ (DN 20)	0,50	4	0,29

6. Conclusões Finais

- O diâmetro do tubo principal de 1 (DN 25) e os ramais de ¾ (DN 20) atendem à vazão simultânea de 1,15 L/s, mantendo velocidades ≤ 1 m/s e perdas de carga dentro de limites aceitáveis (< 5 mca).
- A pressão dinâmica disponível nos pontos mais desfavoráveis (4,22 mca no lavatório e 4,07 mca na ducha) está acima dos mínimos exigidos (2 mca e 3 mca, respectivamente).
- Realizar teste de estanqueidade hidrostática a 4 kgf/cm² por 24 h em toda a rede de água fria antes da entrega definitiva (conforme NBR 9650).

Memória de Cálculo – Esgoto Sanitário

0.1 1. Dimensionamento de Vazões de Esgoto (NBR 8160)

Tabela 3: Vazões Unitárias e Demanda Simultânea (NBR 8160)

Ponto Hidrossanitário	Qtd.	Vazão Unitária (L/s)	Demanda Bruta (L/s)
Lavatório	4	0,08	4 × 0,08 = 0,32
Pia de Tanque (banho de animais)	3	0,80	3 × 0,80 = 2,40
Ducha Manual	3	0,20	3 × 0,20 = 0,60
Total Demanda Bruta			3,32

Fator de Simultaneidade (NBR 8160, Tabela 4.5)

- Total de pontos = 4 (lavatórios) + 3 (pia de tanque) + 3 (duchas) = 10 pontos (ou unidades de contribuição).
- Fator adotado para 10 unidades de contribuição: $f_{sim} = 0,60$.

Cálculo da Vazão Simultânea:

$$Q_{sim} = Q_{bruta} \times f_{sim} = 3,32 \times 0,60 = 1,992 \text{ L/s} \approx 1,99 \text{ L/s.}$$

2. Dimensionamento de Diâmetros (NBR 8160)

2.1 Critérios de Projeto

- **Inclinação mínima:**
 - * Diâmetros $\leq 75\text{mm}$ $\rightarrow 2\%$ (2cm/m);
 - * Diâmetros $\geq 100\text{mm}$ $\rightarrow 1\%$ (1cm/m).
- **Velocidade mínima de auto-limpeza:** 0,6 m/s.
- **Velocidade máxima recomendada:** 3,0 m/s.

2.2 Seleção de Diâmetro para Ramal Coletor Principal

- Vazão simultânea calculada: $Q_{\text{sim}} = 1,99 \text{ L/s} = 0,00199 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Adotar inclinação de 1% (ramal $\geq 100\text{mm}$ para menor declividade).

Capacidade de Condução x Velocidade (aprox., NBR 8160)

- $\varnothing 80\text{mm}$ a 1% capacidade $\approx 1,80 \text{ L/s}$ $v \approx 0,74 \text{ m/s}$ (ligeiramente abaixo de 1,0 m/s).
- $\varnothing 100\text{mm}$ a 1% capacidade $\approx 3,00 \text{ L/s}$ $v \approx 0,71 \text{ m/s}$.

Como a vazão simultânea de 1,99 L/s excede a capacidade de $\varnothing 80\text{mm}$ (1,80 L/s), escolhe-se o diâmetro $\varnothing 100\text{mm}$ (DN 100) a 1%.

Verificação de Velocidade:

$$v = \frac{Q_{\text{sim}}}{A} = \frac{0,00199}{\pi \left(\frac{0,100}{2}\right)^2} \approx 0,25 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2) \approx 0,25 \frac{\text{m}^3/\text{s}}{0,00785 \text{ m}^2} \approx 0,32 \text{ m/s}.$$

Obs.: A seção interna útil de tubo de $\varnothing 100\text{mm}$ é $A = \pi \times (0,05)^2 \approx 0,00785 \text{ m}^2$. Assim, $v \approx 0,25/0,00785 \approx 0,32 \text{ m/s}$.

- No entanto, em tubulações de esgoto, adota-se velocidade de projeto considerando enchimento parcial (fluxo inferior à seção total).
- Usando tabelas normativas, sabe-se que $\varnothing 100\text{mm}$ a 1% produz $v \approx 0,71 \text{ m/s}$ para fluxo de 1,99 L/s (considerando preenchimento de cerca de 50% do diâmetro).
- Portanto, a velocidade efetiva $v_{\text{efetiva}} \geq 0,60 \text{ m/s}$, atendendo à auto-limpeza.

3. Verificação de Perda de Carga (Manning – Abordagem Alternativa)

Embora a NBR 8160 não exija cálculo detalhado de perda de carga em esgoto predial (basta satisfazer inclinação mínima), para fins de conferência:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \iff S = \left(\frac{nv}{R^{2/3}}\right)^2$$

– Coeficiente de Manning para PVC novo: $n = 0,011$.

– Raio hidráulico $R = \frac{A}{P_{\text{molhado}}}$ para enchimento de $\approx 50\%$:

$$D_{\text{efetivo}} = 0,50 \times 0,100 \text{ m} = 0,050 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad A \approx \frac{\pi D_{\text{efetivo}}^2}{4} = \frac{\pi (0,050)^2}{4} \approx 0,00196 \text{ m}^2,$$

$$P_{\text{molhado}} \approx \pi D_{\text{efetivo}} \approx \pi \times 0,050 \approx 0,157 \text{ m}, \quad R = \frac{0,00196}{0,157} \approx 0,0125 \text{ m}.$$

– Adotar velocidade de projeto $v \approx 0,70 \text{ m/s}$ ($0,60 \text{ m/s}$).

$$S = \left(\frac{0,011 \times 0,70}{(0,0125)^{2/3}} \right)^2 \approx \left(\frac{0,0077}{0,00252} \right)^2 \approx (3,06)^2 \approx 9,36 \Rightarrow S \approx 0,0936 \text{ (9,36 \%)}$$

Observação: $S = 9,36\%$ resultante refere-se a enchimento parcial ($\sim 50\%$ do diâmetro). Em projeto real, adota-se a inclinação menor normativa (1%) para garantir monotonia e evitar deposição de sólidos, já que a velocidade real em $\emptyset 100\text{mm}$ e 1% com enchimento intermediário é suficiente para auto-limpeza.

4. Quadro Resumido de Dimensionamento

Tabela 4: Resumo de Dimensionamento - Ramal Coletor de Esgoto

Trecho / Ramal	Diâmetro	Inclinação (%)	Vazão Simultânea
Ramal Coletor Principal (até caixa geral)	$\emptyset 100\text{mm}$ (DN 100)	1%	1,99

5. Conclusões Finais

- A vazão simultânea de esgoto, calculada em $1,99 \text{ L/s}$, é atendida por tubulação de $\emptyset 100\text{mm}$ a 1% , garantindo capacidade superior a $3,00 \text{ L/s}$ normativos e velocidade de auto-limpeza $\geq 0,60 \text{ m/s}$.
- A inclinação adotada de 1% (1cm/m) satisfaz o mínimo normativo para $\emptyset 100\text{mm}$ ($100\text{mm} \rightarrow 1\%$) e assegura fluxo uniforme sem depósitos de resíduos.
- Não é necessário considerar pressão em esgoto, apenas gravidade e inclinação permanente.
- Recomenda-se evitar curvas forçadas (usar joelhos 45°) e manter a tubulação ventilada conforme NBR 8160 para prevenir sifonamento.
- Todos os cálculos e tabelas devem ser incluídos no memorial descritivo, com referência à NBR 8160 e à metodologia utilizada.
- Emitir ART (CREA) para o responsável técnico pelo projeto de esgoto sanitário.