



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM E VALAS



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.1 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM – COLECTORES



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.1 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM - COLECTORES

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM BETÃO

CHAMANCULO B - DLHEMBULA (Rede Unitária)

Troço	Comprim. (m)	Diâmetro Nominal (m)	Espess. (m)	Diâmetro Exterior (m)	Recobrim.(m)		Largura da Vala (m)	Carga devido ao aterro (Wc) (kN/m)		Cargas rolantes (Wl) (kN/m)		Resist. de ensaio da tubagem (kN/m)		Resistência da tubagem (KN/m)	Classe
					Máximo (Hmáx.)	Mínimo (Hmín.)		Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.		
CHAMANCULO B - UNITÁRIO															
8-9	27.80	0.800	0.084	0.968	1.00	1.00	1.67	31.97	31.97	23.68	23.68	29.29	29.29	78.00	b.a. ASTM III
9-10	37.23	0.800	0.084	0.968	1.36	1.00	1.67	42.51	31.97	17.00	23.68	31.32	29.29	78.00	b.a. ASTM III
10-11	18.87	0.800	0.084	0.968	2.22	2.14	1.77	69.37	67.48	10.74	11.12	42.16	41.37	78.00	b.a. ASTM III

Peso volúmico solo = 20 kN/m³

Veículo Classe I - P = 100 kN/roda



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

MALANGA – RUA MAJOR GENERAL DOMINGOS FONDO (Rede Unitária)

Troço	Comprim. (m)	Diâmetro Nominal (m)	Espess. (m)	Diâmetro Exterior (m)	Recobrim.(m)		Largura da Vala (m)	Carga devido ao aterro (Wc) (kN/m)		Cargas rolantes (Wl) (kN/m)		Resist. de ensaio da tubagem (kN/m)		Resistência da tubagem (KN/m)	Classe
					Máximo (Hmáx.)	Mínimo (Hmín.)		Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.		
MALANGA SUL - UNITÁRIO															
1-2	22.29	0.600	0.075	0.750	2.06	1.02	1.45	51.70	27.95	9.33	17.25	32.12	23.79	59.00	b.a. ASTM II
2-3	34.72	0.600	0.075	0.750	1.02	1.02	1.45	27.95	27.95	17.25	17.25	23.79	23.79	59.00	b.a. ASTM II
3-4	28.67	0.600	0.075	0.750	1.09	1.02	1.45	29.69	27.95	16.44	17.25	24.28	23.79	59.00	b.a. ASTM III
4-5	60.00	0.600	0.075	0.750	1.02	1.02	1.45	27.95	27.95	17.25	17.25	23.79	23.79	59.00	b.a. ASTM III
5-6	47.50	0.600	0.075	0.750	1.02	1.02	1.45	27.95	27.95	17.25	17.25	23.79	23.79	59.00	b.a. ASTM III
6-7	49.27	0.600	0.075	0.750	1.02	1.02	1.45	27.95	27.95	17.25	17.25	23.79	23.79	59.00	b.a. ASTM III
7-8	8.92	0.600	0.075	0.750	1.23	1.02	1.45	33.11	27.95	14.99	17.25	25.32	23.79	59.00	b.a. ASTM III
MALANGA SUL - PLUVIAL															
8-P1	4.92	0.600	0.075	0.750	1.38	1.31	1.45	36.68	35.03	13.64	14.25	26.49	25.93	59.00	b.a. ASTM III

Peso volúmico solo = 20 kN/m³

Veículo Classe I - P = 100 kN/roda



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM POLIPIPILENO CORRUGADO (PPC) – DN250

MALANGA (Rede Unitária)

RECOBRIMENTO (2.15m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc
- Diâmetro nominal, $D_n=250$ mm
- Espessura média, $e=4.6682$ mm
- Raio médio, $R_m=116.525$ mm
- Peso específico de PP-B, $\gamma_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=2.15$ m
- Largura da vala, $B_1=0.75$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $\gamma_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c = 100 \text{ kN}$
- Distância entre rodas do veículo, $a = 2 \text{ m}$
- Distância entre eixos do veículo, $b = 1.5 \text{ m}$
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d = 0 \text{ kN}$
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1 = 0.13 \text{ m}$
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2 = 0.20 \text{ m}$
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1} = 2000 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2} = 1000 \text{ N/mm}^2$

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(lp) = 17.18636 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp) = 18.69142 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp) = 16.66071 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp) = 16.66071 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp) = 0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp) = 0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp) = 33.84707 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp) = 35.35213 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp) = 13.39148 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp) = 13.94276 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp) = 0.65017 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp) = 0.42626 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura).

Na parte superior

- Largo prazo: 3.85232 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 8.21375 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Largo prazo: 4.70145 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 10.00354 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Largo prazo: 3.43195 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 7.34739 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.4. Estabilidade (coeficientes de segurança ao esmagamento).

Devido às cargas do solo: (56)

- Largo prazo: 28.58786 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 54.78542 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção da água exterior: (58)

- Largo prazo: 367.40878 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 954.91644 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)

- Largo prazo: 26.52404 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 51.81281 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=250mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM POLIPIPILENO CORRUGADO (PPC) – DN315

CHAMANCULO A (Rede Doméstica)

RECOBRIMENTO MÍNIMO (1.00m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc
- Diâmetro nominal, $D_n=315$ mm
- Espessura média, $e=5.2282$ mm
- Raio médio, $R_m=144.543$ mm
- Peso específico de PP-B, $Y_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=1$ m
- Largura da vala, $B_1=0.82$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $Y_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c = 100 \text{ kN}$
- Distância entre rodas do veículo, $a = 2 \text{ m}$
- Distância entre eixos do veículo, $b = 1.5 \text{ m}$
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d = 0 \text{ kN}$
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1 = 0.13 \text{ m}$
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2 = 0.20 \text{ m}$
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1} = 2000 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2} = 1000 \text{ N/mm}^2$

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(l_p) = 13.07377 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp) = 13.91791 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp) = 0.09548 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp) = 0.09548 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp) = 0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp) = 0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp) = 13.16925 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp) = 14.01339 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp) = 12.51782 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp) = 11.88078 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp) = 0.21478 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp) = 0.15015 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4. Momento flector.

2.4.1. Devido às cargas verticais (M_{qvt}) (37)

- S: $M_{qvt}(lp) = 0.07181 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.07641 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qvt}(lp) = -0.07291 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = -0.07759 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qvt}(lp) = 0.07566 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.08051 \text{ kN m/m}$

2.4.2. Devido às cargas laterais (M_{qh}) (38)

- S: $M_{qh}(lp) = -0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.01681 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qh}(lp) = 0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = 0.01681 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qh}(lp) = -0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.01681 \text{ kN m/m}$

2.4.3. Devido à reacção horizontal (M_{qht}) (39)

- S: $M_{qht}(lp) = -0.04734 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.04493 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qht}(lp) = 0.0544 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = 0.05163 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qht}(lp) = -0.04734 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.04493 \text{ kN m/m}$

2.4.4. Devido ao peso do tubo (M_t) (40)

- S: $M_t(lp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$
- L: $M_t(lp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$
- B: $M_t(lp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$

2.4.5. Devido ao peso da água (M_a) (41)

- S: $M_a(lp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$
- L: $M_a(lp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$
- B: $M_a(lp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$

2.4.6. Devido à acção da água exterior (M_{pa}) (42)

- S: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.4.7. Momento flector total (M) (43)

- S: $M(lp) = 0.01323 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02079 \text{ kN m/m}$
- L: $M(lp) = -0.00823 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = -0.01623 \text{ kN m/m}$
- B: $M(lp) = 0.01933 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02714 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5. Forças axiais

2.5.1. Devido às cargas verticais (N_{qvt}) (45)

- S: $N_{qvt}(lp)=0.0514 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=0.05469 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qvt}(lp)=-1.90352 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=-2.02554 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qvt}(lp)=-0.0514 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=-0.05469 \text{ kN m/m}$

2.5.2. Devido às cargas laterais (N_{qh}) (46)

- S: $N_{qh}(lp)=-0.48028 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=-0.46506 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qh}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qh}(lp)=-0.48028 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=-0.46506 \text{ kN m/m}$

2.5.3. Devido à reacção horizontal (N_{qht}) (47)

- S: $N_{qht}(lp)=-1.044 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=-0.99087 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qht}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qht}(lp)=-1.044 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=-0.99087 \text{ kN m/m}$

2.5.4. Devido ao peso do tubo (N_t) (48)

- S: $N_t(lp)=0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=0.0017 \text{ kN m/m}$
- L: $N_t(lp)=-0.01068 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=-0.01068 \text{ kN m/m}$
- B: $N_t(lp)=-0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=-0.0017 \text{ kN m/m}$

2.5.5. Devido ao peso da água (N_a) (49)

- S: $N_a(lp)=0.13058 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.13058 \text{ kN m/m}$
- L: $N_a(lp)=0.04492 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.04492 \text{ kN m/m}$
- B: $N_a(lp)=0.28727 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.28727 \text{ kN m/m}$

2.5.6. Devido à acção da água exterior (N_{pa}) (50)

- S: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$

2.5.7. Força axial total (N) (44)

- S: $N(lp)=-1.34061 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.26896 \text{ kN m/m}$
- L: $N(lp)=-1.86929 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.9913 \text{ kN m/m}$
- B: $N(lp)=-1.29011 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.22505 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.6. Esforços tangenciais máximos. (51)

- S: Longo prazo: 0.2912 kN/mm² Curto prazo: 0.61788 kN/mm²
- L: Longo prazo: -0.02484 kN/mm² Curto prazo: 0.27471 kN/mm²
- B: Longo prazo: 0.55343 kN/mm² Curto prazo: 0.88907 kN/mm²

2.7. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura) (54)

Na parte superior:

- Longo prazo: 58.37863 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 63.11876 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Longo prazo: 684.30887 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 141.96919 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Longo prazo: 30.71756 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 43.86614 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.8. Estabilidade (Coeficientes de segurança ao esmagamento).

- Devido às cargas do solo: (56)
- Longo prazo: 82.78402 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 155.71915 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Devido à acção da água exterior: (58)
- Longo prazo: 349.62633 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 873.859 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)
- Longo prazo: 66.9352 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 132.16732 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=315mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

RECOBRIMENTO MÁXIMO (1.58m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc, Diâmetro nominal, $D_n=315$ mm
- Espessura média, $e=5.2282$ mm
- Raio médio, $R_m=144.543$ mm
- Peso específico de PP-B, $\gamma_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=1.58$ m
- Largura da vala, $B_1=0.82$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $\gamma_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c=100$ kN
- Distância entre rodas do veículo, $a=2$ m
- Distância entre eixos do veículo, $b=1.5$ m
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d=0$ kN
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1=0.13$ m
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2=0.20$ m
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1}=2000$ N/mm² $E_{f2}=1000$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(lp) = 17.61798 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp) = 18.83262 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp) = 0.09368 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp) = 0.09368 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp) = 0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp) = 0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp) = 17.71166 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp) = 18.9263 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp) = 16.74645 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp) = 16.00078 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp) = 0.28659 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp) = 0.20174 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)

2.4. Momento flector.

2.4.1. Devido às cargas verticais (M_{qvt}) (37)

- S: $M_{qvt}(lp) = 0.09658 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.1032 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qvt}(lp) = -0.09806 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = -0.10479 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qvt}(lp) = 0.10176 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.10874 \text{ kN m/m}$

2.4.2. Devido às cargas laterais (M_{qh}) (38)

- S: $M_{qh}(lp) = -0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.02309 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qh}(lp) = 0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = 0.02309 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qh}(lp) = -0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.02309 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4.3. Devido à reacção horizontal (Mqht) (39)

- S: $M_{qht}(lp) = -0.06333 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.06051 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qht}(lp) = 0.07277 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = 0.06953 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qht}(lp) = -0.06333 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.06051 \text{ kN m/m}$

2.4.4. Devido ao peso do tubo (Mt) (40)

- S: $M_t(lp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$
- L: $M_t(lp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$
- B: $M_t(lp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$

2.4.5. Devido ao peso da água (Ma) (41)

- S: $M_a(lp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$
- L: $M_a(lp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$
- B: $M_a(lp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$

2.4.6. Devido à acção da água exterior (Mpa) (42)

- S: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.4.7. Momento flector total (M) (43)

- S: $M(lp) = 0.01548 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02572 \text{ kN m/m}$
- L: $M(lp) = -0.00848 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = -0.01923 \text{ kN m/m}$
- B: $M(lp) = 0.02291 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.0335 \text{ kN m/m}$

2.5. Forças axiais

2.5.1. Devido às cargas verticais (Nqvt) (45)

- S: $N_{qvt}(lp) = 0.06912 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = 0.07386 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qvt}(lp) = -2.5601 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = -2.73566 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qvt}(lp) = -0.06912 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = -0.07386 \text{ kN m/m}$

2.5.2. Devido às cargas laterais (Nqh) (46)

- S: $N_{qh}(lp) = -0.66099 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = -0.63909 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qh}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qh}(lp) = -0.66099 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = -0.63909 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5.3. Devido à reacção horizontal (Nqht) (47)

- S: $N_{qht}(lp) = -1.39668 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = -1.33449 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qht}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qht}(lp) = -1.39668 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = -1.33449 \text{ kN m/m}$

2.5.4. Devido ao peso do tubo (Nt) (48)

- S: $N_t(lp) = 0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = 0.0017 \text{ kN m/m}$
- L: $N_t(lp) = -0.01068 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = -0.01068 \text{ kN m/m}$
- B: $N_t(lp) = -0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = -0.0017 \text{ kN m/m}$

2.5.5. Devido ao peso da água (Na) (49)

- S: $N_a(lp) = 0.13058 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.13058 \text{ kN m/m}$
- L: $N_a(lp) = 0.04492 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.04492 \text{ kN m/m}$
- B: $N_a(lp) = 0.28727 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.28727 \text{ kN m/m}$

2.5.6. Devido à acção da água exterior (Npa) (50)

- S: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.5.7. Força axial total (N) (44)

- S: $N(lp) = -1.85627 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -1.76743 \text{ kN m/m}$
- L: $N(lp) = -2.52586 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -2.70143 \text{ kN m/m}$
- B: $N(lp) = -1.84122 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -1.76187 \text{ kN m/m}$

2.6. Esforços tangenciais máximos. (51)

- S: Longo prazo: 0.28564 kN/mm^2 Curto prazo: 0.72621 kN/mm^2
- L: Longo prazo: -0.14061 kN/mm^2 Curto prazo: 0.26039 kN/mm^2
- B: Longo prazo: 0.59607 kN/mm^2 Curto prazo: 1.04954 kN/mm^2



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.7. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura) (54)

Na parte superior:

- Longo prazo: 59.51562 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 53.70312 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Longo prazo: 120.90042 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 149.77292 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Longo prazo: 28.51997 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 37.15915 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.8. Estabilidade (Coeficientes de segurança ao esmagamento).

Devido às cargas do solo: (56)

- Longo prazo: 61.55285 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 115.29737 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção da água exterior: (58)

- Longo prazo: 349.62633 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 873.859 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)

- Longo prazo: 52.33849 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 101.85816 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=315mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.2 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS DE DRENAGEM



ANEXO II.2 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS DE DRENAGEM

Índice

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Tipologia de Valas Consideradas em Projecto	2
2. DEMONSTRAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS	3
2.1 Vala Tipo 1	3
2.2 Vala Tipo 2	5
2.3 Vala tipo 3	6
2.4 Vala tipo 4	6
2.5 Vala tipo 5	8



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1. Introdução

1.1 TIPOLOGIA DE VALAS CONSIDERADAS EM PROJECTO

Tipologia de Vala	Dimensões (m)		Espessura Parede e Laje de Fundo (m)	Espessura das Lajetas da Cobertura (m)	Armaduras		Armaduras das lajetas de cobertura
	b	h(máx)	e	e1	Horizontal (Arh)	Vertical (Arv)	(Arc)
1	0.40	0.99	0.15	0.15	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
2	0.50	0.71	0.15	0.18	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
3	0.60	0.95	0.15	0.18	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
4	0.70	0.95	0.20	0.2	Ø10 af 0.25	Ø10 af 0.40 + Ø12 af 0.40	Ø10 af 0.10
5	0.90	1.72	0.20	0.2	Ø10 af 0.25	Ø10 af 0.40 + Ø12 af 0.40	Ø10 af 0.10
6	1.50	2.41	0.25	0.25	Ø10 af 0.20	Ø12 af 0.20	Ø10 af 0.10



2. Demonstração do Dimensionamento Estrutural das Valas

2.1 VALA TIPO 1

2.1.1 Dimensões

- Altura da vala interior máxima, $h=0,9$ m
- Largura da vala interior, $b=0,4$ m

2.1.2 Paredes Verticais

- $h=0,15$ m
- $d=0,11$ m

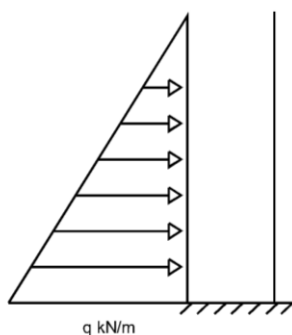
Ações

P.P do Terreno = 20 kN/m^3

Coefficiente de impulso sem repouso = $0,5$

Modelo de Cálculo

$q = 20 \times 0,5 \times 0,9 = 9 \text{ kN/m}$



$$M_{sd} = 1,5 \times 9 \times (0,9/2) \times (0,9/3) = 1,8 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 9 \times (0,9/2) = 6,1 \text{ kN/m}$$

$$\mu = 0,014$$

$$\omega = 0,014$$

$$A_s = 0,47 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 10//20$$

$$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6 - 0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.1.3 LAJETA

2.1.4 Dimensões

$b = 0,4 \text{ m}$

$l_x = 0,70 \text{ m}$

$h = 0,15 \text{ m}$

$d = 0,11 \text{ m}$

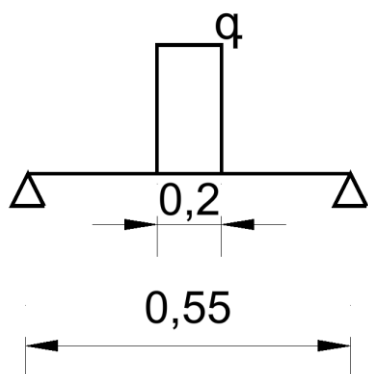
2.1.5 Ações

Sobrecarga = 10 kN/m^2

Rodado tipo I = 100 kN

P.P do betão 25 kN/m^3

2.1.6 Esforços



$q = 100 \text{ kN/m}$

$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,275 + (3,75 \times 0,55^2)/8 \times 1,5 = 20,8 \text{ kNm/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

2.1.7 Armaduras

Altura, $h = 0,15 \text{ m}$

Largura, $b = 0,11 \text{ m}$

$\mu = 0,00163$

$\omega = 0,098$

$A_s = 5,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\varnothing 10//.10$

$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6 - 0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

$V_{cd} > V_{sd}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.2 VALA TIPO 2

2.2.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=0,67$ m
- Largura da vala interior, $b=0,5$ m

2.2.2 Paredes Verticais

A altura da parede é inferior à Vala Tipo I e possui a mesma armadura e espessura de parede, estando verificada a segurança estrutural.

2.2.3 LAJETA

2.2.4 Dimensões

$$b_{\max} = 0,6 \text{ m}$$

$$l_x = 0,90 \text{ m}$$

$$h=0,15 \text{ m}$$

$$d=0,11 \text{ m}$$

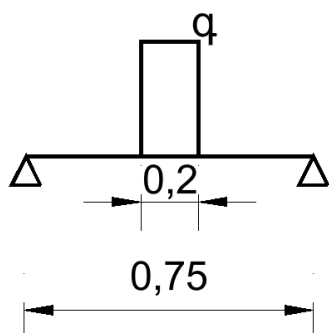
2.2.5 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão } 25 \text{ kN/m}^3$$

2.2.6 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,375 + (3,75 \times 0,9^2)/8 \times 1,5 = 28,7 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.2.7 Armaduras

Altura, $h=0,14$ m

Largura, $b=0,11$ m

$\mu = 0,086$ $\omega = 0,092$ $A_s = 6,2 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 10//.10$

$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6-0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

$V_{cd} > V_{sd}$

2.3 VALA TIPO 3

2.3.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=0,60$ m
- Largura da vala interior, $b=0,73$ m

2.3.2 Paredes Verticais

A altura da parede vertical 0,73m é inferior à altura da parede vertical tipo I (0,90) donde considera-se verificada a segurança estrutural.

2.3.3 Lajeta

Igual a vala Tipo 2

2.4 VALA TIPO 4

2.4.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=1,55$ m
- Largura da vala interior, $b=0,80$ m

2.4.2 Paredes Verticais

A altura da parede vertical é idêntica à Vala Tipo IV, a qual verifica a segurança

2.4.3 LAJETA

2.4.4 Dimensões

$b = 0,9$ m



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

$$l_x = 1,10 \text{ m}$$

$$h = 0,20 \text{ m}$$

$$d = 0,16 \text{ m}$$

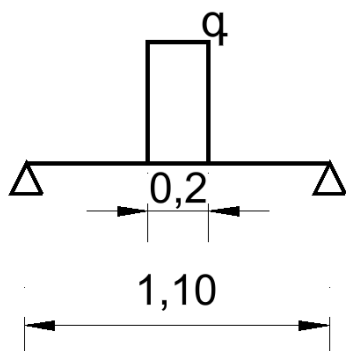
2.4.5 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão} = 25 \text{ kN/m}^3$$

2.4.6 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,55 + (3,75 \times 1,3^2)/8 \times 1,5 = 42,8 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 + 0,2 \times 20 + 1,3/2 \times 1,5 = 78,9 \text{ kN/m}$$

2.4.7 Armaduras

$$\text{Altura, } h = 0,16 \text{ m}$$

$$\mu = 0,097$$

$$\omega = 0,101$$

$$A_s = 7,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$5\varnothing 12 + 5\varnothing 10$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,16 \times (1,6 - 0,16) = 134,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 + 0,2 \times 20 + 1,3/2 \times 1,5 = 78,9 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5 VALA TIPO 5

2.5.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=2,28$ m
- Largura da vala interior, $b=1,50$ m

2.5.2 Paredes Verticais

Altura da parede, $h=0,25$

Largura da parede, $d=0,21$

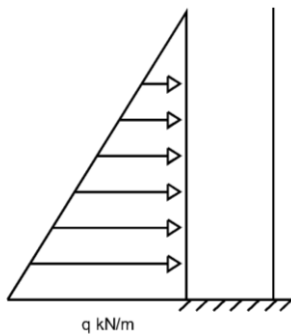
Ações

P.P do Terreno = 20kN/m^3

Coefficiente de impulso sem repouso = $0,5$

Modelo de Cálculo

$$q = 2,28 \times 20 \times 0,5 = 22,8 \text{ kN/m}$$



$$M_{sd} = 1,5 \times 22,8 \times (2,28 / 2) \times (2,28/3) = 29,6 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times (22,8 \times 2,28) / 2 = 38,9 \text{ kN/m}$$

2.5.3 Armaduras

$h=0,25$ m

$d=0,21$ m

$$\mu = 0,063 \quad \omega = 0,068 \quad A_s = 4,39 \text{ m}^2/\text{m} \quad \text{Ø}12//.20$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5.4 Lajeta

2.5.5 Dimensões

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$l_x = 1,75 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 0,21 \text{ m}$$

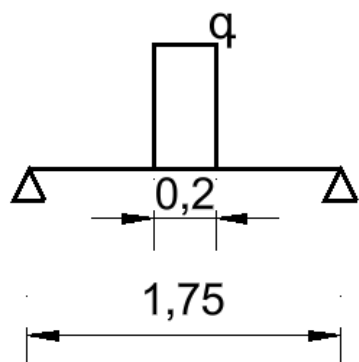
2.5.6 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão} = 25 \text{ kN/m}^3$$

2.5.7 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times (0,25 \times 25 \times 1,75^2)/8 + 1,5 \times 50 \times 0,875 = 69,2 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 0,25 \times 25 \times 1 + 1,5 \times 50 = 84,4 \text{ kN/m}$$

2.5.8 Armaduras

$$\text{Altura, } h = 0,21 \text{ m}$$

$$\mu = 0,093$$

$$\omega = 0,099$$

$$A_s = 10,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$10\varnothing 12$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,21 \times (1,6 - 0,21) = 170,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 0,25 \times 25 \times 1 + 1,5 \times 50 = 84,4 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$

