



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba - PR
www.curitiba.pr.gov.br

ANEXO III

DIRETRIZES BÁSICAS DO PROJETO

VOLUME IV - PROJETO DE ENGENHARIA E MATERIAL RODANTE

PROJETOS ARQUITETÔNICOS E DEMAIS PROJETOS TÉCNICOS PREDIAIS

PROJETO DE FUNDAÇÕES



SUMÁRIO

3.2.6.3. Projeto de Fundações	3
a) Metodologia	3
b) Documentos de referência	4
c) Normas de referência	5
d) Critérios de projeto	5
3.2.6.3.1. Memória Descritiva	6
a) Elevado	6
b) Estação Terminal CIC-Sul.....	6
c) Estação profunda – executada pelo método “cut and cover”	6
d) Estação profunda – executada pelo método “NATM”	7
3.2.6.3.2. Análise das Soluções Propostas no Projeto Básico	8
a) Elevado	8
b) Estação Terminal CIC-Sul.....	20
3.2.6.3.3. Considerações Finais	20



3.2.6.3. Projeto de Fundações

Este documento refere-se ao relatório de análise do projeto básico das fundações do Elevado e da estação terminal CIC-Sul da linha 4 do Metrô de Curitiba, bem como justifica as soluções adotadas para a elaboração do projeto básico das estações profundas (“cut and cover” e “NATM”).

A verificação dos projetos básicos tem por objetivo uma análise qualitativa e quantitativa do projeto, de maneira a dar suporte à modelagem do Projeto de Parceria Público-Privada do Metrô de Curitiba, ao contrário do breve memorial justificativo sobre o projeto básico das estações profundas, que descreve as soluções e métodos construtivos adotados.

a) Metodologia

Foi elaborado, para as estações profundas, um breve memorial descritivo para justificar a concepção estrutural do projeto básico destas estações.

A análise do projeto básico se deu de forma qualitativa e quantitativa, conforme descrita a seguir.

a.1) Análise qualitativa

Foi feita a análise crítica das estruturas propostas, avaliando a pertinência dos sistemas estruturais e construtivos adotados, das cargas adotadas e das dimensões das peças através do dimensionamento e verificação estrutural paralelos aos elaborados no projeto básico. Foram propostas eventuais mudanças a fim de gerar economia e agilidade construtiva, e/ou viabilizar trechos que eventualmente não atenderam às condições de segurança e que poderiam gerar reflexos significativos nos quantitativos, após a transição para a fase de projeto executivo. Não são apresentadas as memórias de cálculo por não ser o intuito deste relatório, porém,



onde o dimensionamento/verificação das peças indicou a necessidade da adoção de dimensões diferentes das adotadas, a mesma está brevemente justificada.

a.2) Análise quantitativa

Com base na análise qualitativa, foi elaborada a planilha de quantitativos contemplando os principais materiais e serviços necessários para a construção do elevado. A planilha está apresentada no formato padrão do projeto básico, porém também de forma desdobrada em subitens de acordo com as etapas construtivas, de forma a dar melhor suporte ao planejamento e orçamento da obra.

a.3) Memorial descritivo de elaboração do projeto básico – Estações profundas

Paralelamente à elaboração do projeto Arquitetônico, foi desenvolvido um Projeto Básico para as estações profundas. As justificativas para as soluções adotadas estão apresentadas neste item.

b) Documentos de referência

Os seguintes documentos foram utilizados na análise do projeto:

- DE-101EL_BEC1-001-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-002-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-003-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-004-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-005-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-006-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-007-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC1-008-00 de JUL/2010;
- DE-101EL_BEC2-001-00 de JUL/2010;



- DE-101EL_BEC2-002-00 de JUL/2010;
- DE-101ES_BEC2-001-00 de JUL/2010;
- DE-101ES_BEC2-002-00 de JUL/2010;
- DE-101ES_BEC2-003-00 de JUL/2010;
- DE-101ES_BEC2-004-00 de JUL/2010;
- DE-101ES_BEC2-005-00 de JUL/2010;
- RELATÓRIO_1_345-MC-101EL-BEC2-001-00-ELEVADO-SUPER de
15/06/2010;
- RELATÓRIO_1_345-MC-101ES-BEC2-001-00-ESTACAO INFRA E SUPER
de Maio de 2010.

c) Normas de referência

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7187 – Projeto de pontes em concreto armado e protendido;
- NBR 7189 – Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas.

d) Critérios de projeto

Concreto estrutural:

- f_{ck} : de acordo com o indicado no projeto básico;
- Peso específico: 2,5 tf/m³.

Armadura passiva:

- Aço CA-50 f_{yk} : 5 tf/cm²;



Armadura ativa (aderente):

- Aço CP-190 RB f_{ptk} : 19 tf/cm²/ f_{pyk} : 17,1 tf/cm².

Trem-tipo:

- TB-170 kN da NBR 7189, conforme o indicado no projeto básico.

3.2.6.3.1. Memória Descritiva

a) Elevado

O elevado tem extensão total de aproximadamente 2.160 m e é composto por 64 vãos, em geral modulados em 35 m de eixo a eixo de pilares, com exceção dos vãos entre P3 e P9, que são de aproximadamente 24 m devido à forte curvatura do traçado geométrico em planta, e dos vãos entre P36 e P38, que tem 30 m, possivelmente devido à interferências viárias.

Sua infraestrutura é composta por blocos típicos de 6 x 6 m em planta por 2 m de altura, coroando 4 estacas escavadas de 1,20 m de diâmetro. Em algumas linhas de apoio, devido à interferências ou à estação, os blocos apresentam geometria diferenciada.

b) Estação Terminal CIC-Sul

O projeto da infraestrutura, da estação elevada que fará a integração com o terminal CIC-Sul, adota a solução de blocos de coroamento apoiado sobre estacas escavadas de grandes diâmetros, variando entre 1.400 mm e 800 mm, dependendo da carga e geometria de cada pilar.

c) Estação profunda – executada pelo método “cut and cover”



A estação profunda, que será executada pelo método “cut and cover”, deverá ser escavada em duas, basicamente, em duas etapas:

A primeira etapa de escavação das estações será a execução de paredes de contenção do tipo “parede diafragma”. As paredes, que serão moldadas “in loco” formando um “anel” externo, criarão uma barreira vertical de concreto armado capaz de absorver o empuxo da terra contida, permitindo, assim, a retirada da terra de seu interior.

Após a retirada de toda a terra, será executado o “radier” que servirá como a fundação das estações. A solução foi adotada por conta da baixa carga nos pilares, da necessidade de uma laje muito espessa, que deverá ser resistente e pesada o suficiente para conter a subpressão no piso do último subsolo, e da boa capacidade de carga do solo neste nível.

Os desenhos do projeto básico, que ilustram a estrutura em questão, foram enviados juntamente com o presente relatório.

d) Estação profunda – executada pelo método “NATM”

O subsolo da estação será escavado normalmente, e serão feitas paredes de contenção em todo seu entorno. A ligação deste nível com o nível de embarque será feita através de uma escavação similar à feita na estação construída pelo método em “cut and cover”, na qual será executada uma parede diafragma em forma de um anel, no centro da estação, até uma certa profundidade.

A partir desta profundidade, o método de escavação será alterado para o método NATM, no qual se faz uma escavação parcial e, em seguida, se estabiliza o trecho de túnel recém-escavado com concreto projetado. Este processo é repetido até que o



túnel esteja completo. Além do concreto projetado, podem ser utilizados tirantes para dar mais capacidade de sustentação à parede.

A laje de piso do subsolo será apoiada diretamente sobre o terreno, formando um grande “radier”, que também irá apoiar as paredes de contenção.

3.2.6.3.2. Análise das Soluções Propostas no Projeto Básico

a) Elevado

A infraestrutura apresenta peças com dimensões compatíveis às solicitações a que estarão sujeitas. A carga máxima nas estacas do vão padrão de 35 m é da ordem de 660 tf, compatível com as estacas de 1,20 m de diâmetro, que deverão ser armadas com 26Ø20 mm para resistirem à flexo-compressão a que estarão sujeitas. A altura dos blocos também está coerente com a geometria do estaqueamento e posicionamento do pilar, porém, como blocos de pilares únicos circulares conduzem a taxas elevadas de consumo de armadura, os blocos poderão ter sua altura aumentada a fim de reduzir o consumo de armadura. Esta decisão só poderá ser tomada na fase de projeto executivo, uma vez que o aumento da altura dos blocos também implica em um maior volume de escavação em uma região não muito favorável.

O tipo de estaca adotado é, de fato, o mais compatível com as cargas atuantes, no entanto, pelo tipo do subsolo, pode apresentar ser necessária a perfuração a até grandes profundidades. Os desenhos do projeto não indicam o comprimento previsto para as estacas escavadas com lama bentonítica, porém, a análise da planilha de quantidades conclui que foi adotado um comprimento médio entre 10 m e 11 m.

A partir das sondagens disponíveis foi calculada a capacidade de carga das estacas pelos métodos de Aoki-Velloso, Antunes e Cabral, Decourt-Quaresma, e Alonso (cada



um com as devidas adaptações para o tipo de estaca em questão). Em nenhum perfil de sondagem nenhum método atingiu a carga de trabalho de 660 tf das estacas até a profundidade investigada, principalmente pela limitação da parcela de ponta deste tipo de estaca, imposta pela NBR 6122, portanto, o comprimento previsto para as estacas é insuficiente.

Não foram executadas sondagens rotativas para investigação além do impenetrável à percussão. Por extrapolação, estima-se que o comprimento médio necessário das estacas escavadas com lama bentonítica será superior a 30 m caso não haja rocha até esta profundidade. Caso haja rocha logo após a paralisação das sondagens, as estacas escavadas poderão ter sua ponta “pinada” em rocha, a fim de garantir a capacidade de carga necessária. A execução do embutimento em rocha poderá ser feito com trado especial ou perfuratriz Wirth, dependendo da profundidade dos furos e da dureza da rocha. Sondagens mistas deverão ser executadas sob todas as linhas de apoio durante a etapa de projeto executivo para definição do melhor partido de fundação e sua profundidade necessária.

Em função das grandes profundidades necessárias para as estacas escavadas com lama bentonítica, é conveniente o estudo de soluções alternativas. Uma das alternativas possíveis é a adoção de estacas raiz, porém, pelos preços praticados no mercado e pela quantidade de estacas que seria necessária, esta solução seria mais onerosa que a adotada.

A solução em tubulões também seria bastante interessante do ponto de vista estrutural e geotécnico, no entanto, pelos riscos envolvidos, não foi considerada. A solução em estacas pré-moldadas seria bastante favorável pelas características do subsolo, porém, pelo fato das estacas estarem sujeitas à grande variação de carga, inclusive com tração, concomitantes à elevados momentos de flexão, esta solução com as estacas de produção em linha também se mostrou problemática.



Durante a etapa de projeto executivo, é conveniente o estudo do melhor partido de fundações a partir de sondagens mistas e em conjunto com as firmas executoras, uma vez que estes itens tem peso significativo na planilha orçamentária e descontos ou soluções especiais (como estacas pré-fabricadas especificamente para esta obra) podem ser decisivos na escolha da melhor solução.

Como foram encontrados pontos onde o projeto mostrou-se insuficiente, foram levantados 3 cenários de quantitativos, a saber:

- Cenário 1 – quantitativos do projeto como foi apresentado;
- Cenário 2 – quantitativos com os ajustes propostos acima e as fundações com estacas escavadas sem a presença de rocha;
- Cenário 3 – quantitativos com os ajustes propostos acima e as fundações com estacas escavadas com a presença de rocha.

a.1) Memória de cálculo dos quantitativos do elevado – Projeto original – Cenário 1

- Escavação para blocos e reaterro/espalhamento

Será considerada uma escavação de 0,5 m além das dimensões dos blocos para as cavas dos blocos enterrados ou semienterrados, multiplicado pela altura média de escavação em cada classificação de material. As alturas de escavação foram obtidas diretamente dos desenhos, uma vez que o projeto não apresenta os níveis necessários para obtenção destas alturas.

A tabela a seguir resume o volume total de escavação para blocos e sapatas.



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba - PR
www.curitiba.pr.gov.br

	A _{escavação} (m ²)	h _{1a.cat.} (m)	h _{2a.cat.} (m)	h _{3a.cat.} (m)	V _{1a.cat.} (m ³)	V _{2a.cat.} (m ³)	V _{3a.cat.} (m ³)
P3	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P4	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P5	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P6	65,52	2,80	-	-	183,5	-	-
P7	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P8	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P9	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P10	49,00	2,80	-	-	137,2	-	-
P11	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P12	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P13	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P14	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P15	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P16	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P17	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P18	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P19	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P20	49,00	3,20	-	-	156,8	-	-
P21	49,00	3,70	-	-	181,3	-	-
P22	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P23	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P24	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P25	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P26	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P27	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P28	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P29	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P30	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P31	49,00	2,60	-	-	127,4	-	-



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba - PR
www.curitiba.pr.gov.br

P32	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P33	49,00	3,50	-	-	171,5	-	-
P34	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P35	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P36	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P37	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P38	-	-	-	-	-	-	-
P39	-	-	-	-	-	-	-
P40	-	-	-	-	-	-	-
P41	-	-	-	-	-	-	-
P42	-	-	-	-	-	-	-
P43	-	-	-	-	-	-	-
P44	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P45	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P46	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P47	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P48	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P49	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P50	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P51	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P52	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P53	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P54	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P55	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P56	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P57	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P58	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P59	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P60	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P61	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P62	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P63	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P64	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P65	49,00	3,00	-	-	147,0	-	-
P66	49,00	4,20	-	-	205,8	-	-
Encontro	28,60	1,20	-	-	34,3	-	-
					8695,0	0,0	0,0



- Estacas escavadas com lama bentonítica

Os comprimentos das estacas foram obtidos diretamente dos desenhos, uma vez que o projeto não está cotado, e a classificação dos materiais foi feita pelas sondagens disponíveis utilizando o seguinte critério:

- 1ª categoria – $N_{SPT} < 35$;
- 2ª categoria – $N_{SPT} \geq 35$;
- 3ª categoria – Rocha.

Os diâmetros das estacas estão indicados nos desenhos, sendo de 1,20 m em geral, com exceção das linhas de apoio que são comuns à estação e ao elevado, onde as estacas tem 1,40 m de diâmetro. As taxas de armadura utilizadas são referentes a 26 ϕ 20 mm e estribos de 10 mm a cada 20 cm, conforme o dimensionamento indicou, já contando emendas. Para contabilizar a armadura de engastamento no bloco, o aço foi calculado para uma estaca equivalente 1,40 m maior que a estaca projetada.

A tabela a seguir resume os comprimentos das estacas em cada categoria de solo.



	n _{estacas}	L _{1a cat.} (m)	L _{2a cat.} (m)	L _{Total} (m)	Ø _{estacas} (m)	Sondagens	Estacas			
							Concreto	Escavação em 1ª cat.	Escavação em 2ª cat.	Aço
P3	4	6,50	3,00	9,50	1,2	SP-139	43,0	29,4	13,6	3924
P4	4	6,50	3,00	9,50	1,2		43,0	29,4	13,6	3924
P5	4	6,50	3,50	10,00	1,2	SP-140	45,2	29,4	15,8	4104
P6	6	6,50	3,50	10,00	1,2		67,9	44,1	23,8	6156
P7	4	7,00	3,00	10,00	1,2	SP-141	45,2	31,7	13,6	4104
P8	4	7,00	3,50	10,50	1,2		47,5	31,7	15,8	4284
P9	4	7,00	3,50	10,50	1,2		47,5	31,7	15,8	4284
P10	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P11	4	8,00	3,00	11,00	1,2	SP-142	49,8	36,2	13,6	4464
P12	4	7,50	4,00	11,50	1,2		52,0	33,9	18,1	4644
P13	4	9,50	3,00	12,50	1,2	SP-143	56,5	43,0	13,6	5004
P14	4	10,00	3,00	13,00	1,2		58,8	45,2	13,6	5184
P15	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P16	4	5,50	4,00	9,50	1,2		43,0	24,9	18,1	3924
P17	4	3,00	5,00	8,00	1,2	SP-144	36,2	13,6	22,6	3384
P18	4	3,00	4,50	7,50	1,2		33,9	13,6	20,4	3204
P19	4	4,00	4,00	8,00	1,2		36,2	18,1	18,1	3384
P20	4	4,00	4,00	8,00	1,2	SP-145	36,2	18,1	18,1	3384
P21	4	4,00	4,00	8,00	1,2		36,2	18,1	18,1	3384
P22	4	6,50	3,00	9,50	1,2		43,0	29,4	13,6	3924
P23	4	7,00	3,00	10,00	1,2	SP-146	45,2	31,7	13,6	4104
P24	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P25	4	9,00	2,00	11,00	1,2	SP-147	49,8	40,7	9,0	4464
P26	4	9,00	2,00	11,00	1,2		49,8	40,7	9,0	4464
P27	4	9,00	2,00	11,00	1,2		49,8	40,7	9,0	4464
P28	4	6,50	4,00	10,50	1,2	SP-148	47,5	29,4	18,1	4284
P29	4	6,00	4,00	10,00	1,2		45,2	27,1	18,1	4104
P30	4	5,50	4,00	9,50	1,2		43,0	24,9	18,1	3924
P31	4	5,00	4,00	9,00	1,2	SP-149	40,7	22,6	18,1	3744
P32	4	5,00	3,00	8,00	1,2		36,2	22,6	13,6	3384
P33	4	4,50	4,00	8,50	1,2		38,5	20,4	18,1	3564
P34	4	5,50	4,00	9,50	1,2	SP-150	43,0	24,9	18,1	3924
P35	4	6,00	4,00	10,00	1,2		45,2	27,1	18,1	4104
P36	4	7,50	3,00	10,50	1,2		47,5	33,9	13,6	4284
P37	4	8,00	3,00	11,00	1,2	SP-151	49,8	36,2	13,6	4464
P38	4	4,50	3,00	7,50	1,4		46,2	27,7	18,5	3382
P39	4	6,00	2,00	8,00	1,4	SP-152	49,3	36,9	12,3	3572
P40	4	8,50		8,50	1,4	SP-153	52,3	52,3	0,0	3762
P41	4	12,00	3,50	15,50	1,4	SP-154	95,4	73,9	21,6	6422
P42	4	11,00	2,00	13,00	1,4		80,0	67,7	12,3	5472
P43	4	14,00		14,00	1,4	SP-155	86,2	86,2	0,0	5852
P44	4	12,50	1,00	13,50	1,2		61,1	56,5	4,5	5364
P45	4	12,00	2,00	14,00	1,2		63,3	54,3	9,0	5544
P46	4	9,50	2,00	11,50	1,2	SP-156	52,0	43,0	9,0	4644
P47	4	9,50	2,00	11,50	1,2		52,0	43,0	9,0	4644
P48	4	8,50	3,00	11,50	1,2		52,0	38,5	13,6	4644
P49	4	8,00	3,00	11,00	1,2	SP-157	49,8	36,2	13,6	4464
P50	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P51	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P52	4	8,00	3,00	11,00	1,2	SP-158	49,8	36,2	13,6	4464
P53	4	8,00	3,00	11,00	1,2		49,8	36,2	13,6	4464
P54	4	9,00	2,00	11,00	1,2		49,8	40,7	9,0	4464
P55	4	8,00	2,00	10,00	1,2	SP-159	45,2	36,2	9,0	4104
P56	4	8,00	2,50	10,50	1,2		47,5	36,2	11,3	4284
P57	4	10,50	1,00	11,50	1,2	SP-160	52,0	47,5	4,5	4644



P57	4	10,50	1,00	11,50	1,2	SP-160	52,0	47,5	4,5	4644
P58	4	11,00	1,00	12,00	1,2		54,3	49,8	4,5	4824
P59	4	10,00	1,00	11,00	1,2		49,8	45,2	4,5	4464
P60	4	6,00	4,00	10,00	1,2		45,2	27,1	18,1	4104
P61	4	5,00	4,00	9,00	1,2	SP-161	40,7	22,6	18,1	3744
P62	4	5,00	4,00	9,00	1,2		40,7	22,6	18,1	3744
P63	4	6,50	3,00	9,50	1,2		43,0	29,4	13,6	3924
P64	4	7,50	3,00	10,50	1,2	SP-162	47,5	33,9	13,6	4284
P65	4	7,50	4,00	11,50	1,2		52,0	33,9	18,1	4644
P66	4	6,00	4,00	10,00	1,2		45,2	27,1	18,1	4104
Encontro	2	10,50	4,00	14,50	1,2		32,8	23,8	9,0	2862
						Total	3.186	2.290	896	279.147

- Blocos

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para um bloco padrão (P3 a P5, P7 a P37 e P44 a P66):

$$V = 6,2 \times 6,2 \times 0,1 = 3,844 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para um bloco de P6:

$$V = 24,36 \times 0,1 = 2,436 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para um bloco de P38, P40, P41 e P43:

$$V = 7,2 \times 6,2 \times 0,1 = 4,464 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para um bloco de P39 e P42:

$$V = 3,20 \times 6,20 \times 0,1 = 1,984 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para o encontro:

$$V = 1,8 \times 10,2 \times 0,1 = 1,836 \text{ m}^3$$



- Volume total de concreto $f_{ck} \geq 10$ MPa para blocos:

$$V = 57 \times 3,844 + 2 \times 2,436 + 4 \times 4,464 + 4 \times 1,984 + 1,836 = 251,61 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco padrão (P3 a P5, P7 a P37 e P44 a P66):

$$V = 6,0 \times 6,0 \times 2,0 = 72,00 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco de P6:

$$V = 22,43 \times 2,0 = 44,86 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco de P38, P40, P41 e P43:

$$V = 7,0 \times 6,0 \times 2,0 = 84,00 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco de P39 e P42:

$$V = 3,00 \times 6,00 \times 2,0 = 36,00 \text{ m}^3$$

- Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para o encontro:

$$V \cong 1,6 \times 10,0 \times 2,85 + 0,3 \times 6,5 \times 10,0 \cong 65 \text{ m}^3$$

- Volume total de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para blocos:

$$V = 57 \times 72,00 + 2 \times 44,86 + 4 \times 84,00 + 4 \times 36,00 + 65 = 4738,72 \text{ m}^3$$



- Aço CA-50 para blocos:

$$P \cong 4738,72 \times 90 \cong 426.485 \text{ kg}$$

- Área de forma para um bloco padrão (P3 a P5, P7 a P37 e P44 a P66):

$$A = 6,0 \times 2,0 \times 4 = 48,00 \text{ m}^2$$

- Área de forma para um bloco de P6:

$$A = 18,92 \times 2,0 = 37,84 \text{ m}^2$$

- Área de forma para um bloco de P38, P40, P41 e P43:

$$A = (7,0 + 6,0) \times 2,0 \times 2 = 52,00 \text{ m}^2$$

- Área de forma para um bloco de P39 e P42:

$$A = (3,00 + 6,00) \times 2,0 \times 2 = 36,00 \text{ m}^2$$

- Área de forma para o encontro:

$$A \cong (1,6 + 10,0) \times 2,85 \times 2 + 0,3 \times (6,5 + 10,0) \times 2 \cong 76 \text{ m}^2$$

- Área de forma total para blocos:

$$A = 57 \times 48,00 + 2 \times 37,84 + 4 \times 52,00 + 4 \times 36,00 + 76 = 3.239,68 \text{ m}^2$$



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160
Fone: 3350-9022
80.510.140
São Francisco
Curitiba - PR
www.curitiba.pr.gov.br

a.3) Memória de cálculo dos quantitativos do elevado – Projeto ajustado – Cenário 3

O cenário 3 será semelhante ao cenário 2, no entanto considerando que logo abaixo da camada onde as sondagens à percussão foram interrompidas haverá rocha. No trecho em rocha, a estaca terá seu diâmetro reduzido, por questões executivas. Por falta de informações, será considerado que a possível rocha seja de baixa qualidade, conduzindo à quantitativos mais elevados.



Estacas Escavadas com Lama Bentonítica ou Perfuratriz Wirth

	n _{estacas}	L _{1a} cat. (m)	L _{2a} cat. (m)	L _{3a} cat. (m)	L _{total} (m)	Ø _{estacas} (m)	Sondagens	Estacas				Aço
								Concreto	Escavação em 1ª cat.	Escavação em 2ª cat.	Escavação em 3ª cat.	
P3	4	6,50	5,00	7,00	18,50	1,2	SP-139	74,0	29,4	22,6	22,0	7164
P4	4	6,50	8,00	7,00	21,50	1,2		87,6	29,4	36,2	22,0	8244
P5	4	6,50	8,00	7,00	21,50	1,2	SP-140	87,6	29,4	36,2	22,0	8244
P6	6	6,50	8,00	7,00	21,50	1,2		131,4	44,1	54,3	33,0	12366
P7	4	7,00	7,00	7,00	21,00	1,2	SP-141	85,3	31,7	31,7	22,0	8064
P8	4	7,00	7,00	7,00	21,00	1,2		85,3	31,7	31,7	22,0	8064
P9	4	7,00	7,00	7,00	21,00	1,2		85,3	31,7	31,7	22,0	8064
P10	4	8,00	8,50	7,00	23,50	1,2		96,6	36,2	38,5	22,0	8964
P11	4	8,00	8,50	7,00	23,50	1,2	SP-142	96,6	36,2	38,5	22,0	8964
P12	4	7,50	9,00	7,00	23,50	1,2		96,6	33,9	40,7	22,0	8964
P13	4	9,50	9,00	7,00	25,50	1,2	SP-143	105,7	43,0	40,7	22,0	9684
P14	4	10,00	8,00	7,00	25,00	1,2		103,4	45,2	36,2	22,0	9504
P15	4	8,00	10,00	7,00	25,00	1,2		103,4	36,2	45,2	22,0	9504
P16	4	5,50	7,00	7,00	19,50	1,2		78,5	24,9	31,7	22,0	7524
P17	4	3,00	9,00	7,00	19,00	1,2	SP-144	76,3	13,6	40,7	22,0	7344
P18	4	3,00	9,00	7,00	19,00	1,2		76,3	13,6	40,7	22,0	7344
P19	4	4,00	8,00	7,00	19,00	1,2		76,3	18,1	36,2	22,0	7344
P20	4	4,00	8,00	7,00	19,00	1,2	SP-145	76,3	18,1	36,2	22,0	7344
P21	4	4,00	8,00	7,00	19,00	1,2		76,3	18,1	36,2	22,0	7344
P22	4	6,50	8,50	7,00	22,00	1,2		89,8	29,4	38,5	22,0	8424
P23	4	7,00	8,00	7,00	22,00	1,2	SP-146	89,8	31,7	36,2	22,0	8424
P24	4	8,00	7,00	7,00	22,00	1,2		89,8	36,2	31,7	22,0	8424
P25	4	9,00	8,00	7,00	24,00	1,2	SP-147	98,9	40,7	36,2	22,0	9144
P26	4	9,00	8,00	7,00	24,00	1,2		98,9	40,7	36,2	22,0	9144
P27	4	9,00	8,00	7,00	24,00	1,2		98,9	40,7	36,2	22,0	9144
P28	4	6,50	11,00	7,00	24,50	1,2	SP-148	101,2	29,4	49,8	22,0	9324
P29	4	6,00	12,00	7,00	25,00	1,2		103,4	27,1	54,3	22,0	9504
P30	4	5,50	12,00	7,00	24,50	1,2		101,2	24,9	54,3	22,0	9324
P31	4	5,00	11,00	7,00	23,00	1,2	SP-149	94,4	22,6	49,8	22,0	8784
P32	4	5,00	11,00	7,00	23,00	1,2		94,4	22,6	49,8	22,0	8784
P33	4	4,50	14,00	7,00	25,50	1,2		105,7	20,4	63,3	22,0	9684
P34	4	5,50	13,00	7,00	25,50	1,2	SP-150	105,7	24,9	58,8	22,0	9684
P35	4	6,00	12,00	7,00	25,00	1,2		103,4	27,1	54,3	22,0	9504
P36	4	7,50	14,00	7,00	28,50	1,2		119,3	33,9	63,3	22,0	10764
P37	4	8,00	13,50	7,00	28,50	1,2	SP-151	119,3	36,2	61,1	22,0	10764
P38	4	4,50	13,50	7,00	25,00	1,4		142,5	27,7	83,1	31,7	10031
P39	4	6,00	6,00	7,00	19,00	1,4	SP-152	105,6	36,9	36,9	31,7	7752
P40	4	8,50	9,00	7,00	24,50	1,4	SP-153	139,4	52,3	55,4	31,7	9841
P41	4	12,00	8,00	7,00	27,00	1,4	SP-154	154,8	73,9	49,3	31,7	10791
P42	4	11,00	8,00	7,00	26,00	1,4		148,7	67,7	49,3	31,7	10411
P43	4	14,00	8,00	7,00	29,00	1,4	SP-155	167,1	86,2	49,3	31,7	11551
P44	4	12,50	8,00	7,00	27,50	1,2		114,7	56,5	36,2	22,0	10404
P45	4	12,00	8,00	7,00	27,00	1,2		112,5	54,3	36,2	22,0	10224
P46	4	9,50	8,00	7,00	24,50	1,2	SP-156	101,2	43,0	36,2	22,0	9324
P47	4	9,50	8,00	7,00	24,50	1,2		101,2	43,0	36,2	22,0	9324
P48	4	8,50	10,00	7,00	25,50	1,2		105,7	38,5	45,2	22,0	9684
P49	4	8,00	10,00	7,00	25,00	1,2	SP-157	103,4	36,2	45,2	22,0	9504
P50	4	8,00	10,00	7,00	25,00	1,2		103,4	36,2	45,2	22,0	9504
P51	4	8,00	6,00	7,00	21,00	1,2		85,3	36,2	27,1	22,0	8064
P52	4	8,00	6,00	7,00	21,00	1,2	SP-158	85,3	36,2	27,1	22,0	8064
P53	4	8,00	6,00	7,00	21,00	1,2		85,3	36,2	27,1	22,0	8064
P54	4	9,00	6,00	7,00	22,00	1,2		89,8	40,7	27,1	22,0	8424
P55	4	8,00	6,00	7,00	21,00	1,2	SP-159	85,3	36,2	27,1	22,0	8064
P56	4	8,00	6,00	7,00	21,00	1,2		85,3	36,2	27,1	22,0	8064
P57	4	10,50	22,00	7,00	39,50	1,2	SP-160	169,0	47,5	99,5	22,0	14724
P58	4	11,00	22,00	7,00	40,00	1,2		171,3	49,8	99,5	22,0	14904
P59	4	10,00	22,00	7,00	39,00	1,2		166,8	45,2	99,5	22,0	14544
P60	4	6,00	7,00	7,00	20,00	1,2		80,8	27,1	31,7	22,0	7704
P61	4	5,00	7,00	7,00	19,00	1,2	SP-161	76,3	22,6	31,7	22,0	7344
P62	4	5,00	7,00	7,00	19,00	1,2		76,3	22,6	31,7	22,0	7344
P63	4	6,50	20,00	7,00	33,50	1,2		141,9	29,4	90,5	22,0	12564
P64	4	7,50	20,00	7,00	34,50	1,2	SP-162	146,4	33,9	90,5	22,0	12924
P65	4	7,50	20,00	7,00	34,50	1,2		146,4	33,9	90,5	22,0	12924
P66	4	6,00	20,00	7,00	33,00	1,2		139,6	27,1	90,5	22,0	12384
Encontro	2	10,50	20,00	7,00	37,50	1,2		80,0	23,8	45,2	11,0	7002
Total								6.824,23	2.290,10	3.046,65	1.487,48	610.315



b) Estação Terminal CIC-Sul

Assim como no projeto do elevador, a infraestrutura apresenta peças com dimensões compatíveis às solicitações a que estarão sujeitas, e a altura dos blocos também está coerente com a geometria do estaqueamento e posicionamento do pilar.

Como a estação é integrada ao elevador, é interessante que tenha a mesma solução para a fundação, de forma a mobilizar o mesmo tipo de equipamentos para o canteiro de obras, bem como diminuir o risco de existir algum tipo de recalque diferencial. Além do fator de mobilização de equipamentos, esta solução também se mostra bastante adequada com relação às cargas presentes nos pilares da estação.

Os desenhos apresentados adiante no item 3.2.6.4.4 - Peças Gráficas, ilustram as alterações sugeridas.

3.2.6.3.3. Considerações Finais

O projeto básico de fundações do elevador apresenta soluções com peças de dimensões compatíveis e adequadas às solicitações a que estarão sujeitas. No entanto, a análise das planilhas de quantitativos indica que o levantamento inicial havia sido insuficiente em diversos itens, principalmente no comprimento total das estacas, o que foi ajustado e indicado nos diversos cenários apresentados.

O projeto básico de fundações da Estação do Terminal CIC-Sul também apresenta soluções coerentes que garantem a estabilidade da estrutura. Contudo, a utilização de uma concepção estrutural utilizando Laje Cogumelo (ou lajes planas protendidas, que podem ser estudadas para a o projeto executivo), nos trechos com estrutura modular e grandes vão, tornou a estrutura mais leve e com os esforços melhores distribuídos, o que possibilitou uma redução nos custos.



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160

Fone: 3350-9022

80.510.140

São Francisco

Curitiba - PR

www.curitiba.pr.gov.br

A solução para as fundações das estações profundas também podem ser feitas utilizando estacas escavadas ou até mesmo fundações diretas, mas foi idealizada como um Radier por conta da necessidade de uma laje espessa o suficiente para resistir à subpressão, causada pelo lençol freático.