

4º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

Impactos das decisões de arquitetura e engenharia civil nos custos das estações do metrô de São Paulo.

INTRODUÇÃO

A concepção de projetos metroviários requer constantes discussões técnicas que, alinhadas às necessidades da expansão da rede metroviária da cidade, resultem na realização de mais obras com custos menores, em implantações eficientes de estações, na utilização da tecnologia mais recente e na garantia da qualidade funcional e estética dos espaços necessários a uma estação de Metrô.

Tais discussões trazem questionamentos sobre como proporcionar ao usuário um meio de transportes eficiente e seguro, sem gastos excessivos. Entende-se que um estudo eficaz sobre redução de custos envolve a avaliação dos itens mais custosos do empreendimento, com base em dados históricos e condições vigentes de implantação.

O Metrô de São Paulo, com seus mais de 40 anos de experiência em construção e operação de linhas metroviárias, possui um rico histórico que permite avaliar as características dos projetos e sua evolução na linha do tempo. Este trabalho compila dados extraídos desta experiência, que são analisados com o objetivo de se constatarem, pautados na variação de

métodos construtivos predominantes, os itens que representam maior valor no orçamento de implantação de Metrô, traçando possibilidades de redução e observando oportunidades que o projeto, somado à pesquisa tecnológica, pode obter em seu processo de concepção.

Baseados nos últimos projetos feitos para a extensão da Linha 2-Verde em direção a Dutra, demonstra-se o quanto o custo de construção de uma estação de Metrô se deve aos elementos que se sobressaem e são vistos nas áreas públicas depois de entregues ou em perspectivas eletrônicas que simulam a aparência final da construção. É esperado, devido às imagens realistas das estações produzidas em fase de projeto, que haja a expectativa de se reduzirem os custos do empreendimento por meio da eliminação ou substituição de elementos de acabamento especificados para as áreas públicas, ou então pela exclusão de coberturas de vidro. A presente pesquisa permite avaliar o quão eficaz seriam essas medidas levando em consideração o quanto representam no custo total da obra.

A análise dos resultados da pesquisa traz as descrições dos itens mais representativos no custo dos empreendimentos, com considerações sobre possibilidades de otimização dos custos das estações de Metrô.

DIAGNÓSTICO

O projeto de uma estação de Metrô é resultado de uma avaliação multidisciplinar. A arquitetura define os espaços com o principal objetivo de comportar a demanda prevista para a estação, de forma a garantir a qualidade espacial, a segurança e o conforto do usuário. Tal dimensionamento é decorrente de cálculos que têm como base as capacidades

dos elementos de circulação vertical, das áreas de circulação horizontal (corredores, rampas, halls, áreas de acesso), e os níveis de serviço definidos por J. J. Fruin¹. Essas necessidades espaciais se adequam aos métodos construtivos estabelecidos pela geotecnia em conjunto com as estruturas. Por vezes, devido à necessidade de áreas de circulação, definições do sistema de ventilação principal e encaminhamento de cabos, por exemplo, o envoltório da estação em locais pontuais é revisto para que se garanta o atendimento ao programa levantado pela arquitetura.

A definição macro do projeto é, portanto, realizada conjuntamente pelas áreas atuantes de arquitetura e engenharia civil. Definidos os espaços, as áreas de acabamento, comunicação visual, hidráulica, paisagismo, elétrica e demais sistemas fornecem os elementos que integrarão o projeto completo.

Para realizar estudos de custos de empreendimentos metroviários, é necessário ter a visão sistêmica dos métodos construtivos de obras civis empregados nesta Companhia e sua evolução ao longo do tempo, na busca de novas tecnologias e novos produtos e adaptações às condições locais.

Considerando apenas as obras subterrâneas, as unidades construtivas “macros” de um empreendimento metroviário podem ser divididas em 3 grandes grupos de obras civis: Estações, Vias e Poços de Ventilação e Saídas de Emergência.

¹ Fruin, J. J. *“Pedestrian planning and design”*. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners (1971).



Figura 1 - Corte esquemático do Projeto Básico licitado da Estação Orfanato – método construtivo: poço de grandes dimensões centralizado em relação ao comprimento da plataforma e ao eixo do túnel de via, plataformas construídas em NATM



Figura 2 - Corte esquemático do Projeto Básico licitado da Estação Anália Franco – método construtivo: Vala a céu aberto (VCA)

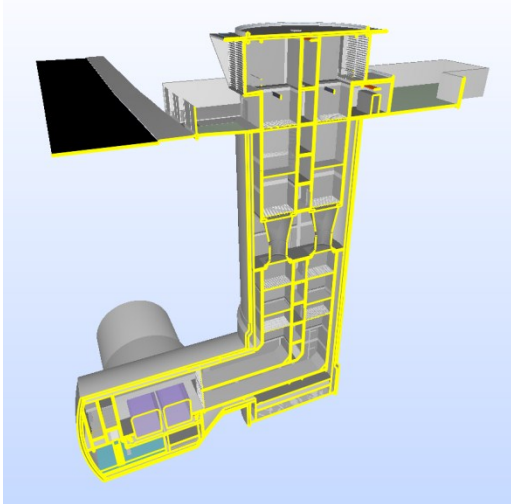


Figura 3 - Corte esquemático do VSE João Prioste – método construtivo: poço de pequenas dimensões deslocado do túnel de via; túnel de ligação construído em NATM.

Iniciando com as Vias Metroviárias, temos a distribuição de métodos construtivos de todas as vias implantadas (Linha 1, Linha 3, Linha 2- Trecho V. Madalena/V. Prudente, Linha 4- Trecho Luz/Pátio V. Sônia e Linha 5-Trecho Capão Redondo/Adolfo Pinheiro), e projetadas (Linhas 2-Trecho Vila Prudente/Dutra, Linha 4-Trecho Chácara do Jaquei/Largo do Taboão e Linha 6-Trecho S. Joaquim/Brasilândia), representada na Figura 4

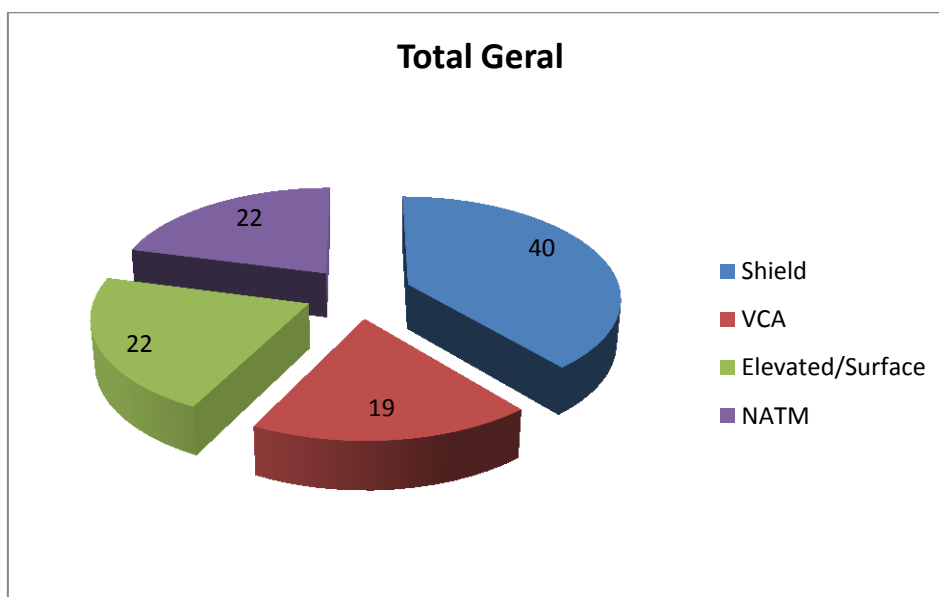


Figura 4 – Percentuais de Métodos Construtivos das vias metroviárias.

Tomando-se como base os últimos projetos elaborados pelo Metrô, ou seja, considerando a Linha 2-Trecho Vila Prudente/Dutra, Linha 4-Trecho V. Sônia/Largo do Taboão, Linha 5-Trecho Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin e Linha 6-Trecho São Joaquim/Brasilândia, a distribuição altera significativamente, conforme apresentada na Figura 5.

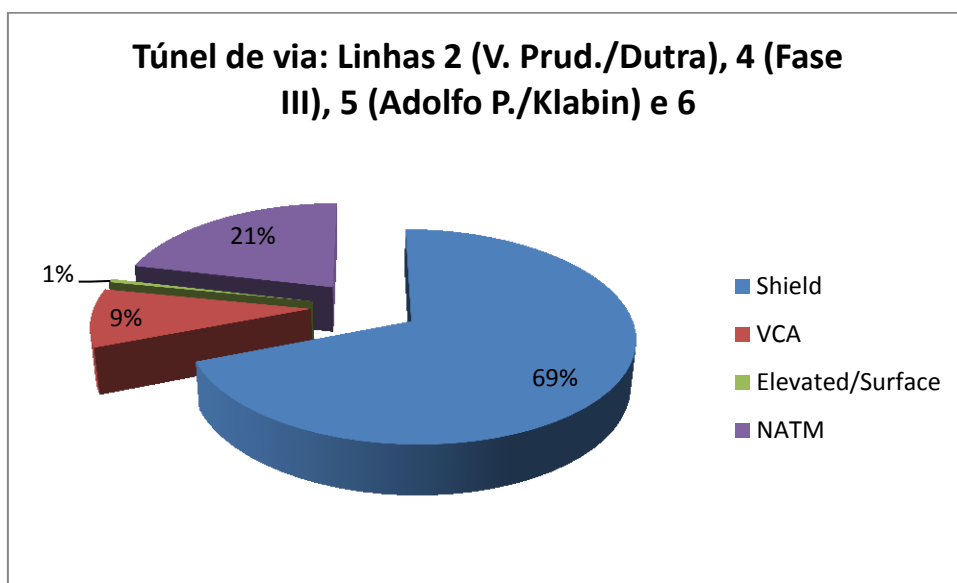


Figura 5 – Percentuais de Métodos Construtivos das vias metroviárias das Linhas 2 (Vila Prudente/Dutra), 4 (Fase III), 5 (Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin) e 6 (S. Joaquim/Brasilândia).

Notamos aumento significativo do emprego do método mecanizado por TBM (Tunnel Boring Machine), que é de 40% quando consideram todas as linhas em operação e as projetadas, conforme Figura 4, mas que nos últimos 10 anos sua adoção foi de 69 % nos trechos estudados.

Outra unidade construtiva de significativa importância tanto como de porte de obra como também de custos é a unidade de poços de saída de emergência e ventilação, que nos

projetos iniciais eram largamente executados por VCA (Vala a Céu Aberto) em seções retangulares e que foram alterados mais tarde para seções circulares com ou sem túneis de ligação com os túneis de via. Considerando também os últimos projetos, os mesmos dos estudos realizados para os túneis de via, a totalidade dos poços com finalidade exclusiva para VSE (Ventilação e Saída de Emergência) foram detalhados em poços circulares com ou sem túneis de ligação.

Desta forma, podemos considerar que os empregos dos métodos mecanizados para os túneis de via e poços circulares para as VSEs são tendências de projetos hoje e devem ser consideradas como potenciais soluções em condições normais. Evidentemente existem outras soluções e situações onde outros métodos podem ser mais favoráveis, mas o presente estudo faz referência aos métodos observados nos últimos projetos para as condições encontradas.

Outra unidade construtiva e de maior impacto em um empreendimento metroviário é sem dúvida a unidade Estação, onde as atividades estão concentradas, representa grande parcela do custo total e onde a arquitetura é de grande importância uma vez que define todo o espaço interno e funcionalidade de uma área destinada aos usuários de transporte de alta capacidade.

No presente trabalho, levamos em consideração apenas as estações subterrâneas e seus dados quantitativos e de custos para avaliações dos impactos das decisões técnicas nos custos finais destas estações.

O levantamento dos métodos construtivos mostrou a seguinte distribuição quando consideramos todas as estações subterrâneas da Linha 1, Linha 3, Linha 2-Trecho Vila Madalena/Vila Prudente e Linha 4-Trecho Luz/Vila Sônia, e projetadas para as Linhas 2-Trecho Orfanato/Dutra e Linha 6:

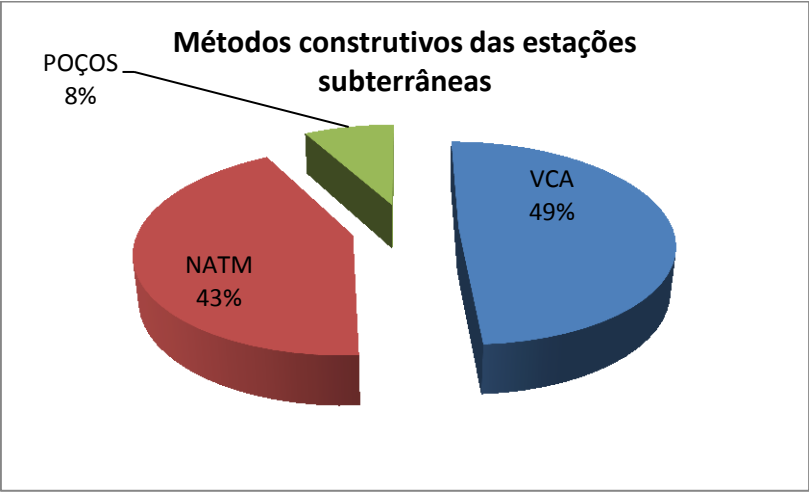


Figura 6: Métodos construtivos das estações subterrâneas das Linhas em operação e projetadas para as Linhas 2 e 6

Considerando os projetos na ordem cronológica, temos os métodos construtivos distribuídos da seguinte forma: (Figura 7)

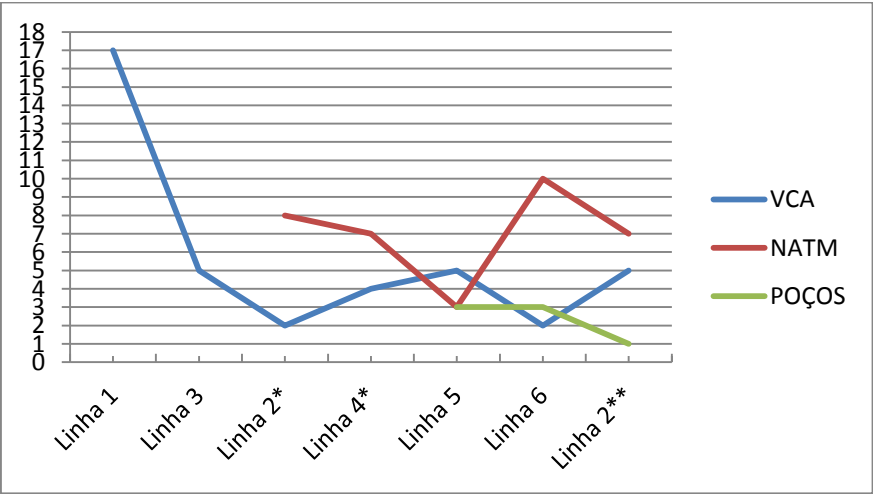


Figura 7: Métodos construtivos de estações subterrâneas, na sequência de projeto.

Obs.: Linha 2*: Trecho Vila Madalena/Vila Prudente; Linha 2**: Trecho Orfanato/Dutra;
Linha 4*: Trecho Luz/Vila Sônia.

Da figura com distribuição dos métodos construtivos na ordem cronológica, observamos os seguintes aspectos:

Aumento do método construtivo em NATM;

Consolidação do método por poços secantes;

Redução, mas ainda tem continuidade do emprego do método em VCA.

As justificativas quanto aos aspectos de aumento, consolidação ou continuidade dos métodos construtivos podem ser diversas, mas podemos citar algumas que consideramos preponderantes:

O aumento do método em NATM na ordem cronológica acompanha o aumento da profundidade média das estações, como veremos adiante. Com as linhas cruzando regiões onde a topografia tem grandes variações, e com limitação de rampa da via permanente, as estações tendem a ter grandes profundidades quando cruzam com os espigões.

O método totalmente em poços secantes teve utilização inicial na estação Adolfo Pinheiro da Linha 5, mas a estação Vila Prudente foi implantada com 2 poços em parte do corpo da estação e restante em NATM, e na estação Luz a execução foi com 3 poços e NATM. A partir da estação Adolfo Pinheiro, iniciou-se o projeto com a totalidade do comprimento da estação em poços secantes. Solução que tem vantagens em relação a VCA devido a não utilização de apoios de contenção como tirantes e contar com o revestimento

predominantemente à compressão, mas tem a desvantagem de ocupar uma área maior que a estação em VCA e alternância na execução de múltiplos poços, que deve ser detalhadamente analisado quanto ao cronograma.

O método em VCA (Vala a Céu Aberto), é empregado nas estações desde a primeira linha, e ainda bastante utilizado, sendo comum nas obras de qualquer porte.

A distribuição das profundidades médias das estações pode ser observada na Figura 8

Trecho implantado/em implantação/contratado			
Linha	Estações do trecho	Sequência	Prof. Média (m)
1	Jabaquara/Tiradentes e Tucuruvi/Jardim S.P	1	17,48
3	Sé/Marechal	2	19,36
2	V. Madalena/V. Prudente	3	22,00
4	Luz/V. Sônia	4	30,15
5	Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin	5	31,42
6	Brasilândia/S. Joaquim	6 (?)	40,74
2	V. Prudente/Dutra	7 (?)	38,90

Figura 8: Profundidade média das estações, na sequência de implantação

O custo do empreendimento de uma linha do Metrô pode variar em função de diversos aspectos, como inserção urbana, topografia local, condição geológico-geotécnica, profundidade das estações e ventilações, entre outros fatores. Podemos dizer que cada Linha tem sua particularidade, seus riscos e complexidades daquele empreendimento.

Mas, para fazer estudo mais detalhado de custos, tomamos como base o projeto da Linha 2 entre a estação Vila Prudente (exclusive) até estação Dutra. Grande parcela dos estudos aqui apresentados foi baseado no projeto dessa linha.

O projeto básico da Linha 2-Verde, concluído em 2013, é constituído por 13 estações (no presente estudo, constam 12 estações que são empreendimentos contratados. A Ponte Grande não foi considerada), sendo 5 em VCA, 6 em poço central com plataformas em NATM e 1 em poços secantes; 14 poços de ventilação e saída de emergência e um pátio de manutenção e estacionamento de trens.

As estimativas percentuais de custos mostram as seguintes distribuições, com base no orçamento estimado do Metrô, com as planilhas de quantidades da licitação:

Linha 2- Trecho V. Prudente/Dutra		% de custo de obra	
Obra provisória	Suporte provisório	27	37
	Escavação	10	
Obra permanente	Estrutura permanente	26	42
	TBM	16	
Demais		21	21

Figura 9: Percentuais de custos de obras civis da Linha 2 - trecho V. Prudente/Dutra

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o presente trabalho, consideramos 4 tipos de estudos com foco nas decisões de arquitetura e de engenharia civil com implicações nos custos do empreendimento, mais especificamente nos custos das estações:

Premissas de projeto arquitetônico;

Curva ABC;

Fator tempo;

Gestão de Riscos.

3.1. Premissas de projeto arquitetônico

Premissas de projeto:

Salas Técnicas e demais instalações na vala ou na superfície

As salas técnicas, operacionais e demais instalações na superfície, conforme já descrito anteriormente, não representa parcela significativa de custos, mas em algumas situações podemos avaliar a possibilidade de implantar na própria VCA da estação, uma vez que a vala será executada, independentemente da existência ou não das STs. É necessário, neste caso, projetar a laje para instalação das STs e considerar os custos do concreto armado, que conforme já observado, têm valor significativo. Mas o resultado de custo será mais vantajoso para a retirada das STs da superfície e inserção no Corpo da Estação. Essa opção pode reduzir também as desapropriações ou aumentar o canteiro de obras. A desvantagem, que deve ser analisada, é o cronograma de implantação, que sendo uma edificação independente pode ser executada concomitante com outras obras.

No método VCA quase sempre há área suficiente para acomodar todas as salas técnicas e operacionais necessárias ao funcionamento da estação. Nos demais métodos construtivos, a premissa predominante é locar as salas técnicas na superfície, de maneira a diminuir a área escavada. Em situações urbanas excepcionais, devido ao alto valor dos imóveis ou a restrições de cunho histórico e paisagístico, opta-se por acomodar todas as salas em escavações extras no subsolo, como, por exemplo, no trecho da linha 2 sob a Av. Paulista

Implantação / inserção urbana

As áreas definidas de desapropriação para construção de estações de Metrô são resultado de alguns fatores principais:

- área necessária para se viabilizar o empreendimento: quando a estação é em VCA, o comprimento da escavação será igual ao comprimento da plataforma, 136m; quando a estação é em poço central com plataformas escavadas em NATM, o diâmetro interno do poço projetado nas linhas mais recentes fica em torno de 40m, sem considerar a vala necessária próxima à superfície para que se garanta o atendimento ao programa de necessidades da estação. Trata-se de dimensões significativas em tecidos urbanos consolidados como o de São Paulo.
- a malha urbana consolidada nas regiões de implantação de Metrô: um dos grandes objetivos do projeto é viabilizar a construção com o menor impacto possível nas condições locais de forma a garantir a continuidade da circulação de veículos e pessoas na superfície

durante a obra. Sempre que possível, é ideal que se construa ao longo dos eixos das grandes vias para se minimizarem as áreas desapropriadas. Na implantação da Linha 1-Azul no início da década de 70, por exemplo, todo o trecho de túneis de via e estações entre o Liberdade-Jabaquara foi feito em vala a céu. Avalia-se que a solução é hoje em dia é inviável.



Figura 10 - Obras da Linha 1 – Túnel de via executado pelo método construtivo VCA; Av. Jabaquara esquina com Rua Carneiro da Cunha

- Necessidade de canteiro de obra

As áreas desapropriadas não se limitam à projeção da área escavada, sendo necessárias áreas de circulação de máquinas e equipamentos ao redor das escavações e áreas para a instalação dos escritórios, vestiários e depósitos de apoio à construção.

Aberturas para o exterior / conforto ambiental

O conforto térmico das estações é uma premissa para a concepção de projetos. As aberturas projetadas para o exterior visam as entradas de luz e ar naturais. Para a última, é necessária uma área mínima de 120m². As aberturas não constituem escavações adicionais. São sempre aproveitadas as áreas residuais da escavação de qualquer um dos métodos construtivos adotados. A tomada de ar natural da estação faz parte do sistema de ventilação dos túneis de via, sendo necessária para renovação e troca do ar de todo o sistema metroviário.

3.2. Curva ABC

Considerando que a Linha 2, no trecho em estudo, compõe-se de todos os métodos construtivos acima referenciados, foram elaborados gráficos de curva ABC para avaliar quais são os preços unitários significativos e analisar os quantitativos correspondentes, visando estudo de redução de custos.

Apresentamos a seguir, os gráficos de curva ABC das estações desta Linha, separados por métodos construtivos: NATM, VCA e Poços secantes múltiplos:

Os gráficos das Figuras 11, 13, 15 e 17 indicam Curva ABC com os preços unitários e globais mais significativos do orçamento estimado, até atingir 85% do custo das estações consideradas.

Os gráficos das Figuras 12, 14, 16 e 18 indicam os preços com diversos serviços agrupados, para obtenção de 100% do custo.

Estações em NATM:

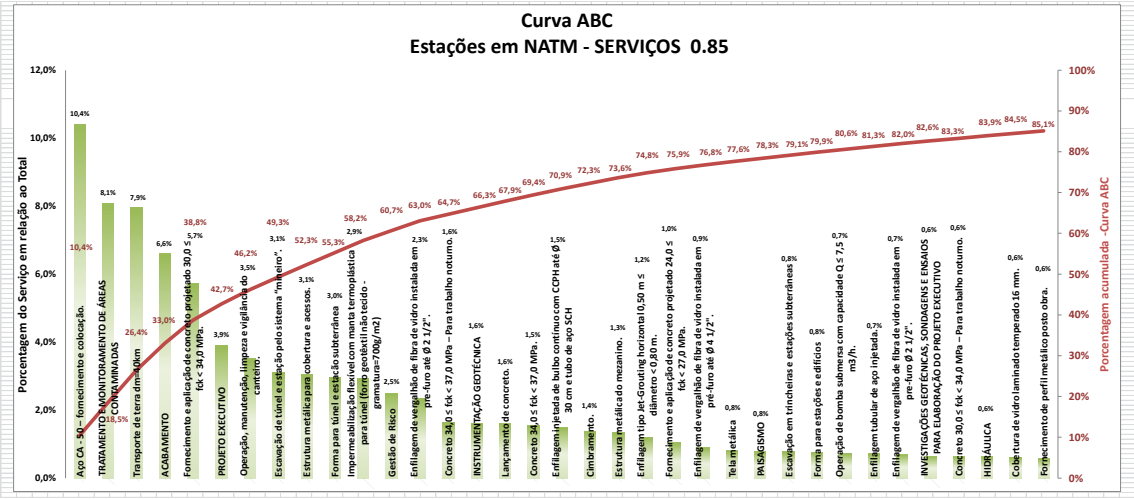


Figura 11: Curva ABC com estações em NATM e preços unitários e globais

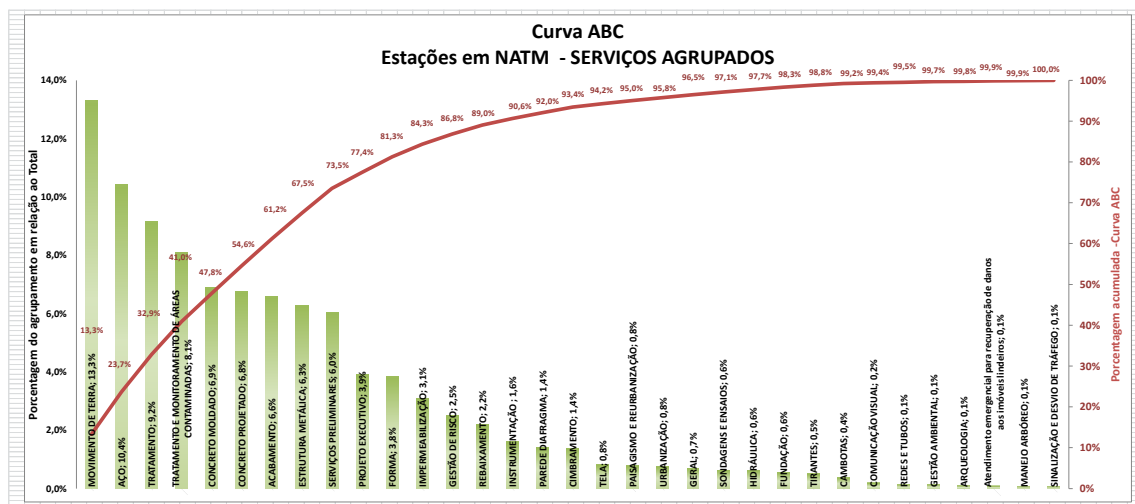


Figura 12: Curva ABC com estações em NATM e preços de diversos serviços agrupados

Estações em VCA:

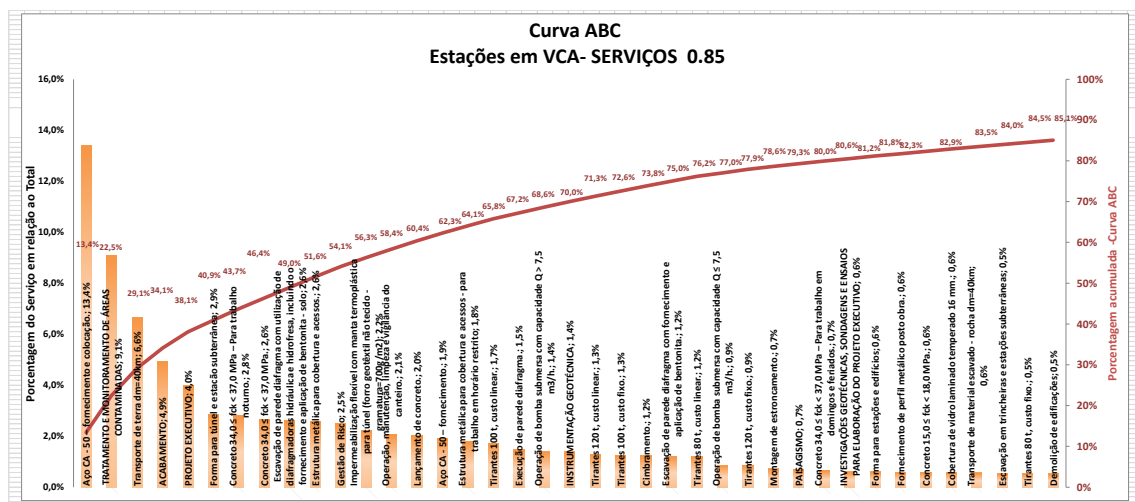


Figura 13: Curva ABC com estações em VCA e preços unitários e globais

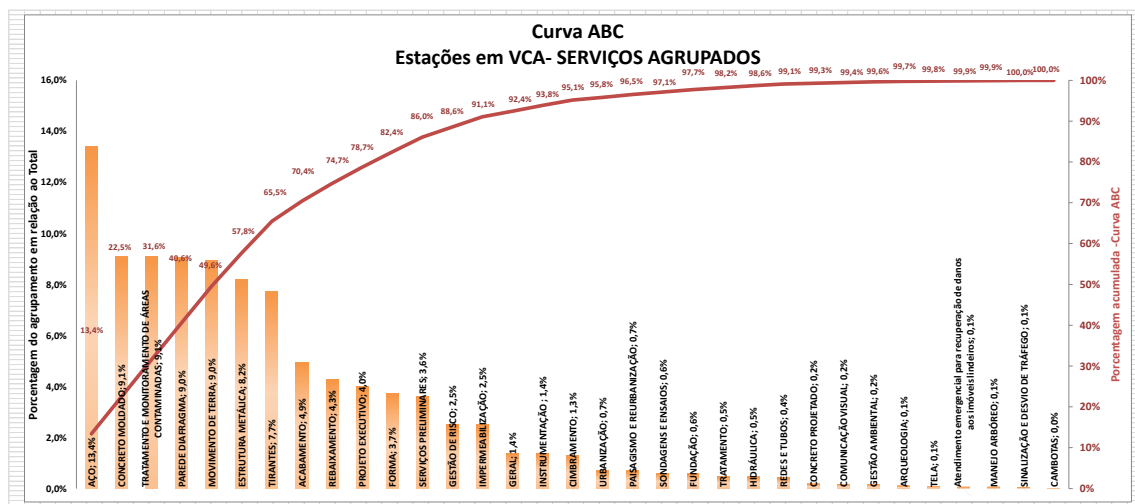


Figura 14: Curva ABC com estações em VCA e preços de diversos serviços agrupados

Estação em poços múltiplos:

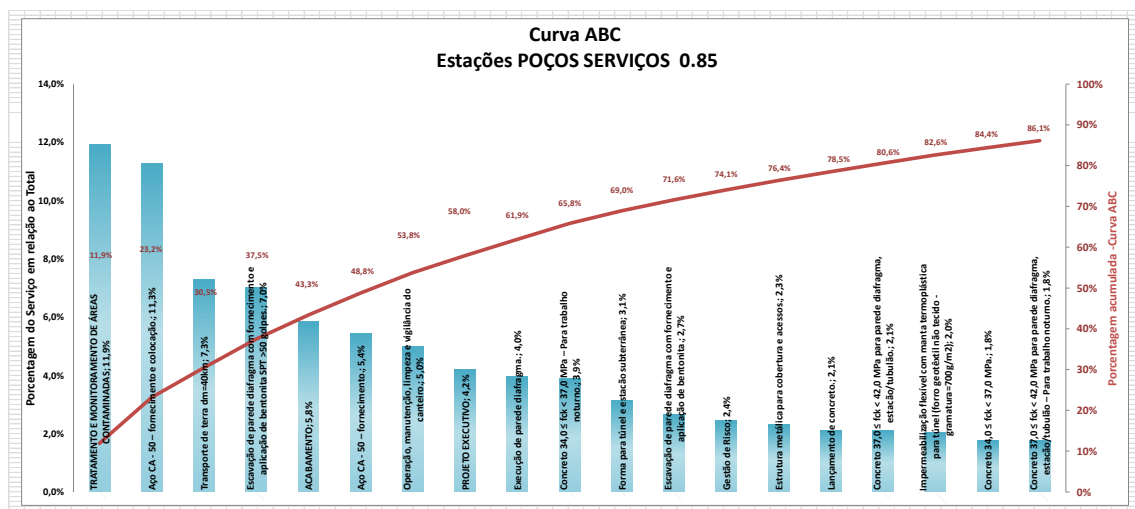


Figura 15: Curva ABC com estação em poços múltiplos e preços unitários e globais

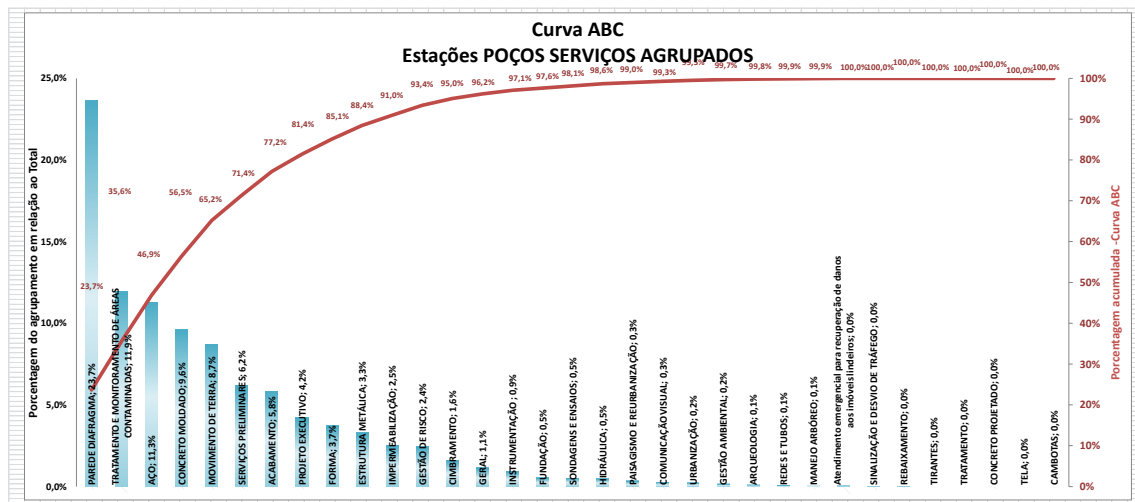


Figura 16: Curva ABC com estação em poços múltiplos e preços de diversos serviços agrupados

Estações com todos os métodos construtivos

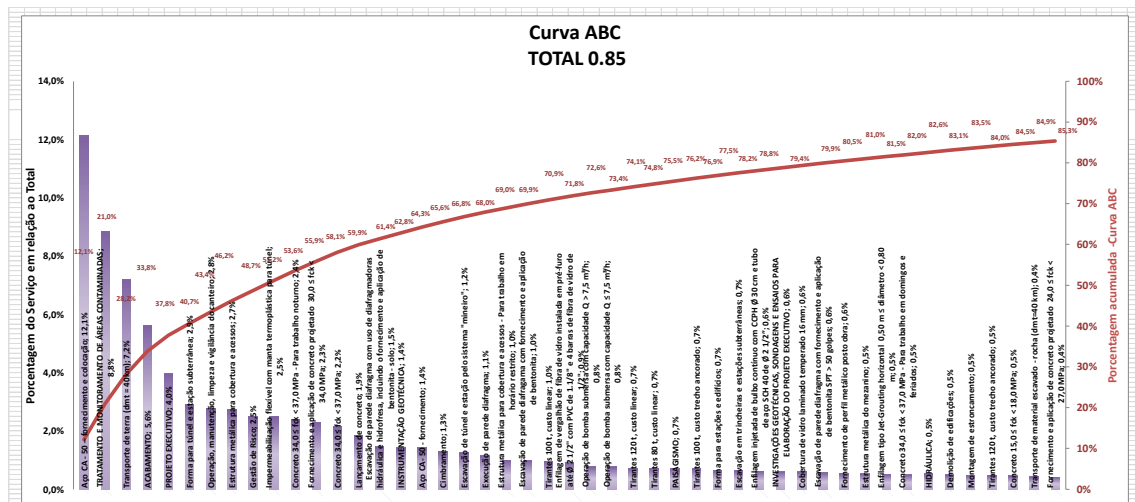


Figura 17: Curva ABC de estações com todos os métodos construtivos e preços unitários globais

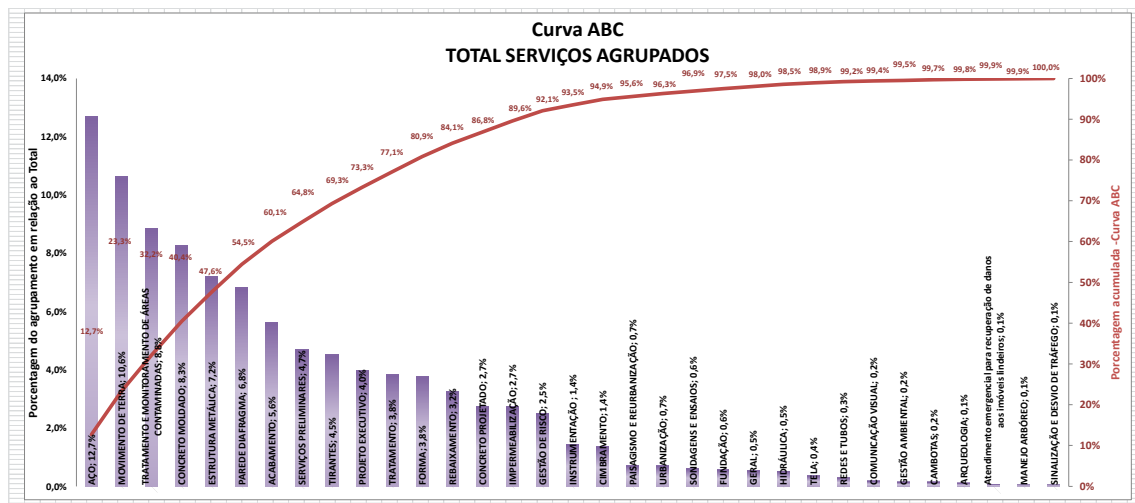


Figura 18: Curva ABC de estações com todos os métodos construtivos e preços de diversos serviços agrupados

Para realizar um estudo mais detalhado, escolhermos o método em VCA para análise de quantitativos considerados significativos, para avaliar seus impactos e consequente variações nos custos.

A Figura 19 apresenta a curva ABC do método em VCA com os preços de serviços agrupados “macros” como concreto armado (concreto, aço, impermeabilização, forma e cimbramento) que representa toda estrutura definitiva de uma estação; de concreto projetado (concreto projetado, tela e cambotas) e de contenção (parede diafragma e tirantes).

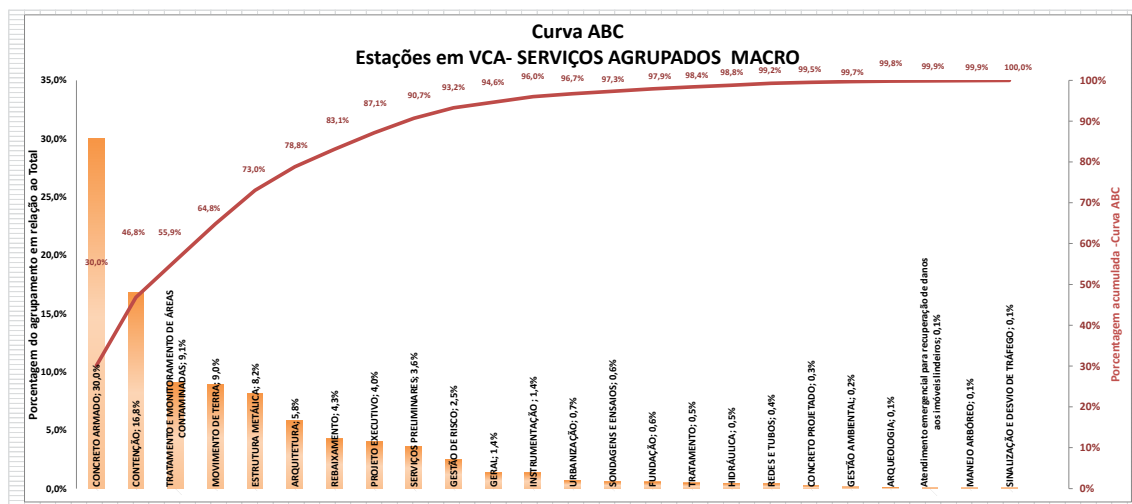


Figura 19: Curva ABC das estações em VCA e preços de diversos serviços agrupados, como serviços de concreto armado, de concreto projetado e de contenção.

Para obter o orçamento estimado de uma estação em VCA, é necessário considerar quase 400 itens de planilhas de quantidades representados apenas pela obra bruta. Os outros itens como acabamento e hidráulica, entre outros foram considerados como um item, em função da forma global de pagamento. Mesmo assim, podemos observar que em torno de 10% do total destes itens são significativos em valores para ter um orçamento de aproximadamente 85% do total do valor de uma estação.

Com a curva ABC podemos visualizar os itens mais significativos, portanto passíveis de atuação, que destacamos alguns a seguir. Porém, lembramos que os estudos realizados a seguir são válidos sempre dentro de determinadas condições, parâmetros e prazos adotados.

Concreto armado:

Em uma estação em VCA o custo de concreto armado é o mais significativo dos itens agrupados, representando em torno de 30%. O volume de concreto armado, composto por itens como fornecimento de concreto, lançamento, fornecimento e colocação de aço, fornecimento e instalação de forma e cimbramento, além da impermeabilização, está diretamente ligado ao volume de escavação. Como o comprimento e a largura da vala estão definidos em função do comprimento do material rodante e da largura da plataforma, a única geometria possível de alteração é na profundidade. A redução na profundidade implica em significativa redução nos custos de uma estação em VCA, mas as implicações decorrentes desta premissa devem ser bem analisadas. Neste aspecto, os túneis de via que chegam à estação devem ter condições adequadas em termos estruturais, inserção ao meio local e de riscos, pois uma atuação na mitigação de riscos pode elevar os custos dos túneis, com resultado final pouco favorável ou até mesmo desfavorável no custo total. Depende das condições locais para implantação de qualquer solução.

Contenção da vala:

A contenção da vala, composta no projeto com a parede diafragma e tirantes, representa a segunda parcela significativa de custos de uma estação, com 17%. E por razões acima descritas no item referente ao concreto armado, o parâmetro variável é a profundidade da vala, e neste caso, a variação na altura tem grande variação nos custos da estrutura de

contenção. Em um estudo com essa consideração, observamos que os custos resultantes da contenção do maciço composto de parede diafragma e tirantes em função da profundidade não é uma variação proporcional (Figura 20).

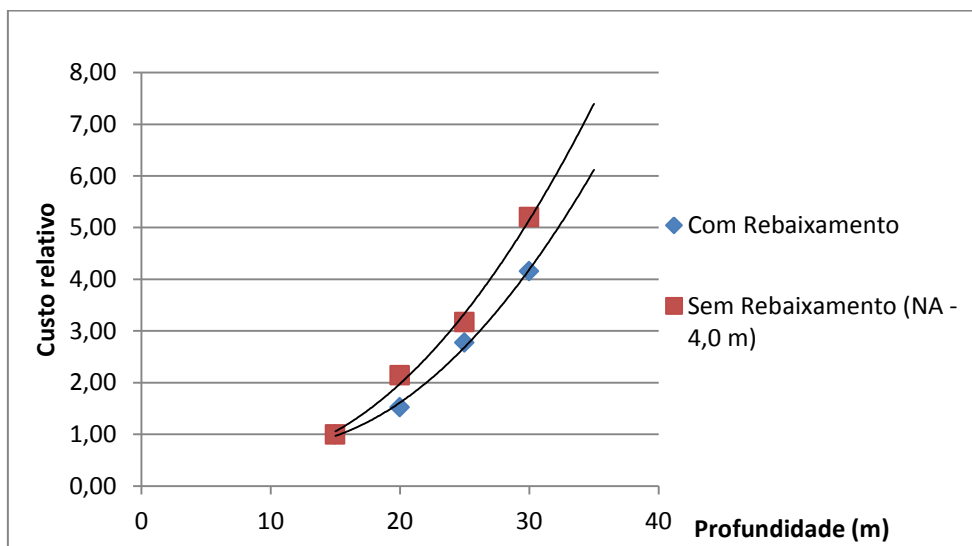


Figura 20: Custos relativos da parede diafragma e tirantes em função da profundidade da vala

Considerando o custo de contenção da vala de 15m de profundidade como base, observamos que para as valas com profundidades de 20, 25 e 30m, as variações em custos das contenções representam 2, 3 e 5 vezes quando considerados sem rebaixamento do nível d'água. Os custos dos tirantes são muito significativos nesses aumentos de custos não lineares em função da profundidade. Com rebaixamento ativado, o custo da estrutura de contenção reduz devido ao menor empuxo atuante, mas neste caso deve considerar o acréscimo dos custos devido ao rebaixamento, que também é significativo.

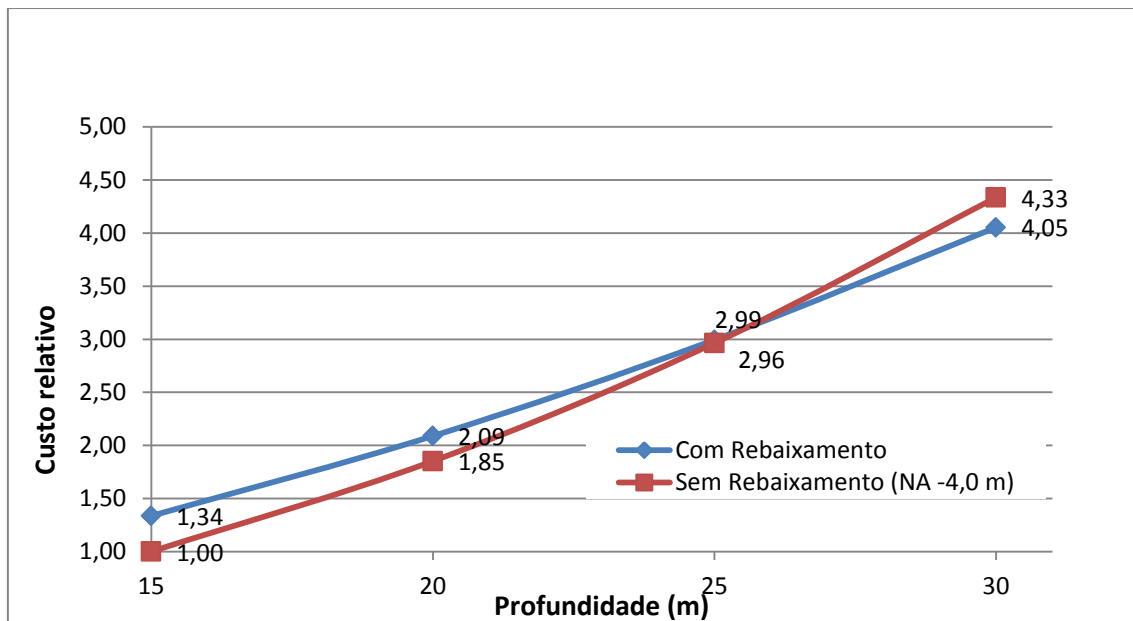


Figura 21: Custo relativo da escavação, contenção e rebaixamento da vala em função das profundidades variáveis.

O estudo de rebaixamento do lençol freático por poços profundos mostrou que a partir de uma determinada profundidade, o emprego deste sistema é compensador se considerados os custos de escavação, contenção e rebaixamento. Ou seja, mesmo com custo adicional do sistema de rebaixamento, o alívio do carregamento na parede de contenção traduz em redução do custo total dos itens em questão.

Comparando os custos de obra provisória (movimento de terra, contenção e rebaixamento), das valas (VCA) com os dos poços múltiplos secantes, observamos que os poços múltiplos

quando profundos, resulta em valores inferiores ao da vala. A escavação de poços múltiplos é maior que a de uma vala retangular, mas os custos dos tirantes das valas profundas superam proporcionalmente este custo, e resulta em vantagem de custos para os poços secantes, considerando apenas os itens envolvidos da fase provisória. Os estroncamentos dos poços não foram considerados nesse estudo, por considerar que são estruturas definitivas executadas antecipadamente.

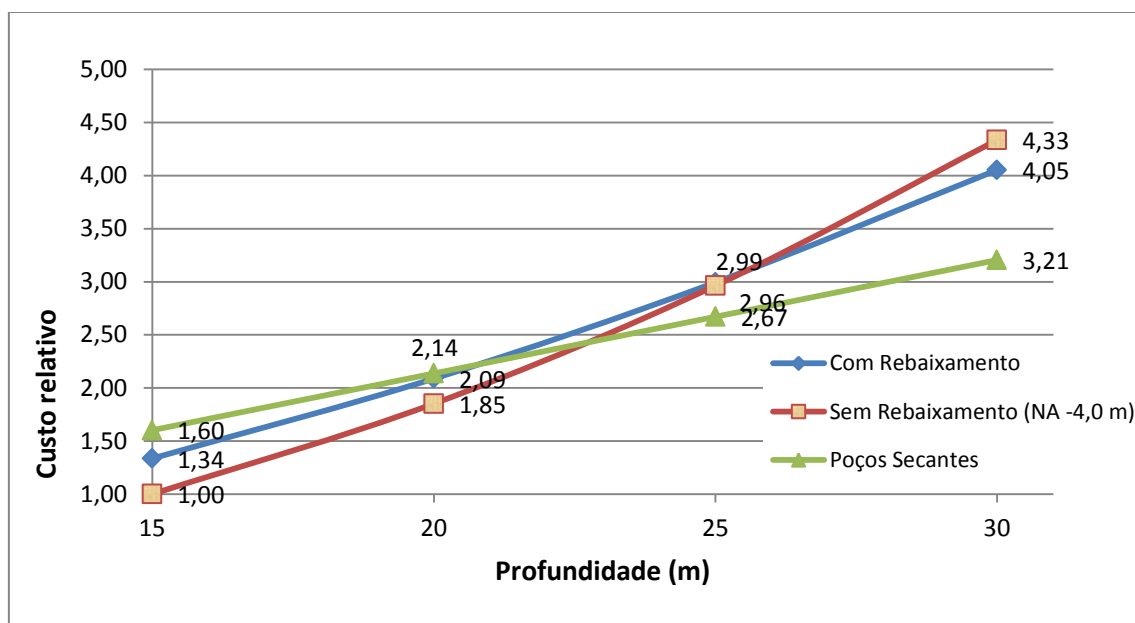


Figura 22: Custo relativo considerando escavação, contenção e rebaixamento para valas e poços secantes

Custos relativos de rebaixamento:

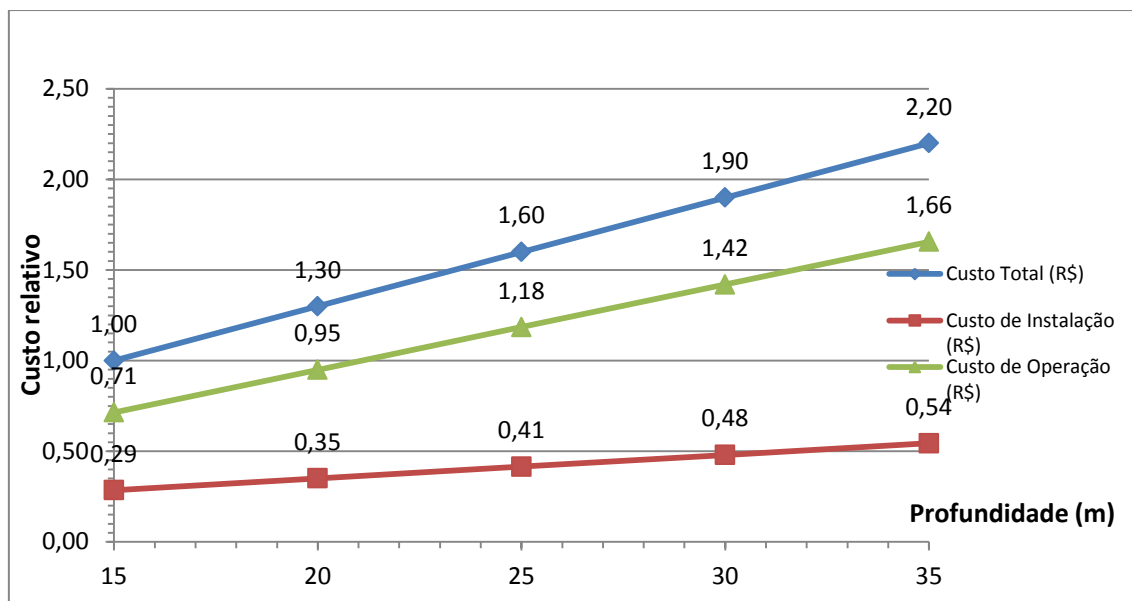


Figura 23: Custo relativo de rebaixamento de uma vala (VCA) em profundidades variáveis

Na estimativa de custos do rebaixamento para diversas profundidades, consideramos como referência, o valor unitário para o custo total de uma vala de 15m. Foram considerados prazos maiores para as valas mais profundas, necessários para implantação, com o objetivo de demonstrar as variações dos custos com a profundidade.

Aço

Entre os preços unitários quantificados para orçamento, o item fornecimento e colocação de aço aparece como o mais significativo para uma estação em VCA. A redução do aço, isoladamente é difícil de obter, uma vez que faz parte do dimensionamento estrutural e a quantificação é decorrente deste cálculo. Existem, porém, diferentes formas de cálculo, uns

mais detalhados e com uso de softwares diferentes, distribuições diferentes de aço, que podem resultar em pequenas variações de peso de aço para uma determinada peça, mas que no total pode ser significativo, mais pelo elevado custo do aço do que pela grande variação na quantidade. Portanto, o dimensionamento estrutural deve ser realizado com premissas bem definidas e máximo de refinamento para otimização na quantidade de aço. E essa possível otimização pode ser decorrente de outros fatores, como padronização e modelo de contratação, por exemplo.

Em Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas, 3ª edição, elaborado pela área técnica do Tribunal de Contas da União, há referência de que a margem de erro de projeto básico é de 10 a 15%. Caso utilize este número de 15% como erro nos custos percentuais de aço, o custo adicional para uma estação em VCA só devido ao aço será de aproximadamente 2%, o que demonstra que o custo do aço é muito significativo.

Para obtenção de maior precisão no quantitativo de aço, está previsto no MAN-10-201 - Elaboração e Fornecimento da Documentação Técnica de Engenharia Civil, Arquitetura, Via Permanente e Desapropriações - o dimensionamento estrutural e indicação de armaduras na fase de Projeto Básico, conforme conteúdo previsto:

“Campo 1: Cortes em que se representam os esquemas de armação típicos das principais peças estruturais, tais como: revestimento secundário, laje de fundo, pilares e vigas

importantes. Devem ser indicados diâmetro, posição e espaçamento de barras longitudinais e estribos, na escala 1:100”

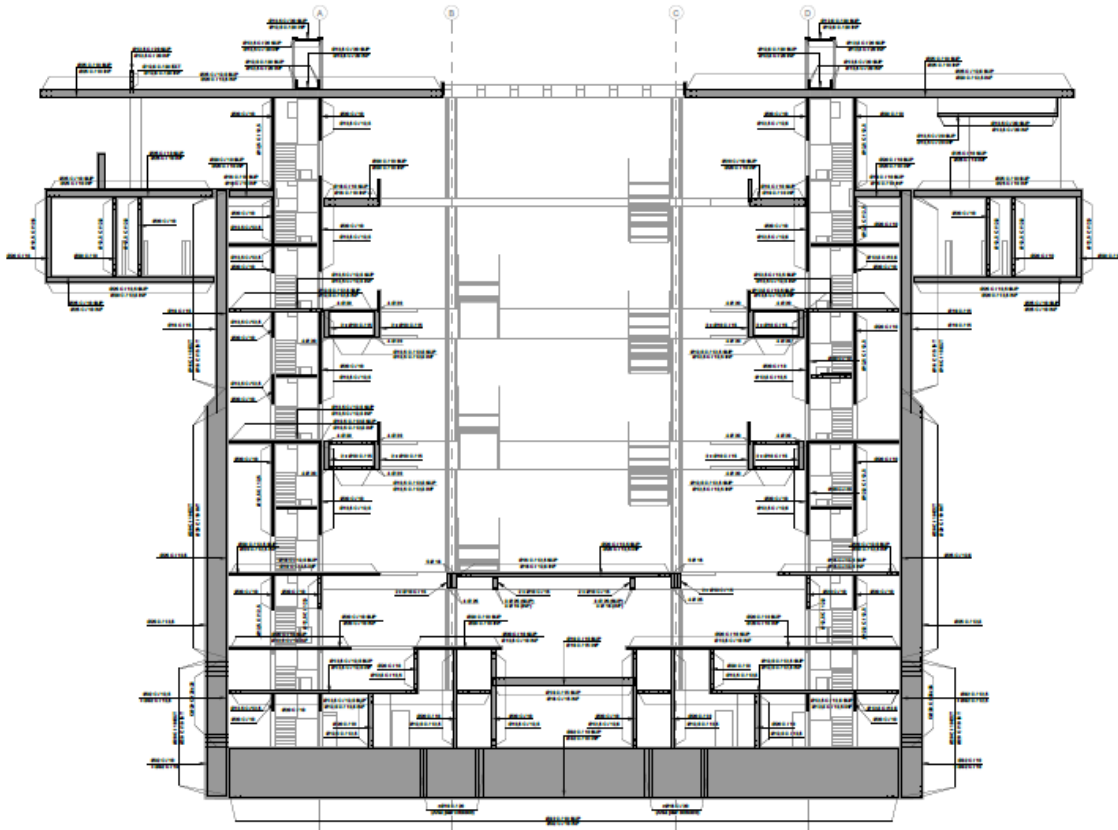


Figura 24: Seção transversal de uma estação, com armadura típica em projeto básico

Tratamento e Monitoramento de áreas contaminadas:

A existência do passivo ambiental pode implicar em adequações do método construtivo, como implantação de sistemas de contenção para não haver movimentação da pluma de

contaminação, por exemplo. Assim, é de grande importância a localização da obra e escolha de áreas a serem desapropriadas.

Acabamento e coberturas de vidro:

Nas curvas ABC representadas nas figuras 8 a 16 observa-se a participação do custo dos elementos de acabamento no montante final. Fica em torno dos 5,5%. Neste grupo estão incluídos os custos de comunicação visual e paisagismo. Nota-se que o esforço para eliminação ou substituição de elementos de acabamento não representará uma redução significativa no valor total da obra. A cobertura de vidro também aparece em alguns dos gráficos, indicando um custo de 0,6% do custo total do empreendimento. Sua supressão penalizaria o conforto do usuário ao se limitarem as aberturas para iluminação e ventilação naturais e representaria pouca economia financeira.

3.3. Fator Tempo

Canteiro de obra, Instrumentação e Rebaixamento:

Os custos como Canteiros, Instrumentação e Rebaixamento são compostos de custo fixo, que é a instalação, e de custos variáveis em função do tempo, como manutenção, leitura/interpretação e operação, respectivamente. Portanto, o cronograma de implantação é de grande importância não só pelo atendimento às datas marco, mas também para não incorrer em custos adicionais devido aos atrasos.

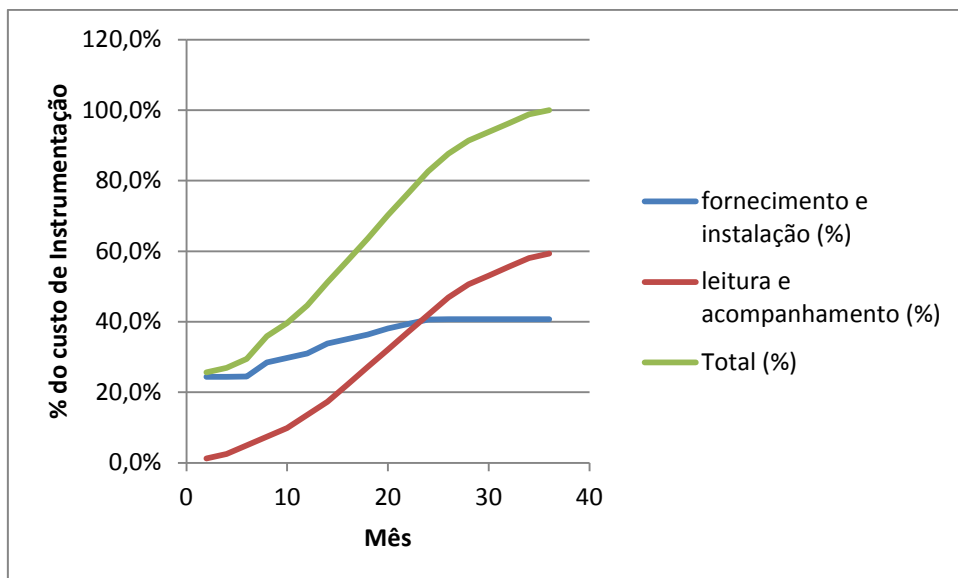


Figura 25: Percentual de custo da Instrumentação x Tempo, de uma estação típica

Rebaixamento:

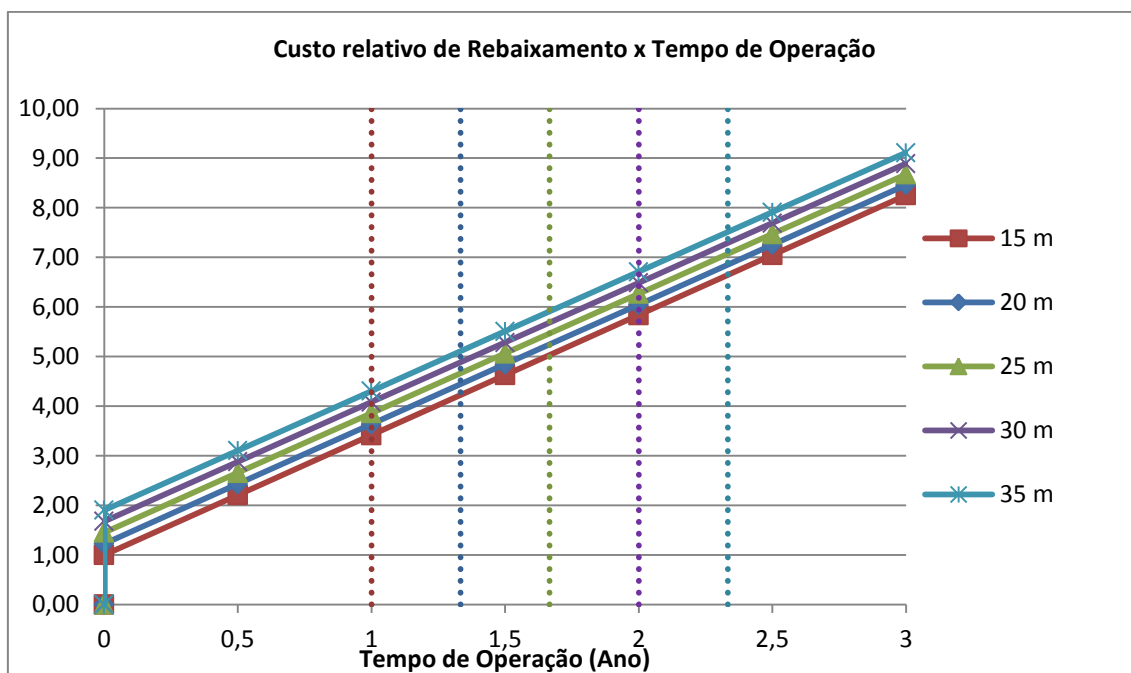


Figura 26: Custo relativo de rebaixamento x tempo, para diversas profundidades da vala

O custo de operação, manutenção, limpeza e vigilância de canteiro de obras representa também valor significativo no custo do empreendimento, e a forma de pagamento é mensal.

A estimativa de custo para rebaixamento, para canteiro de obras, assim como para a instrumentação requer uma estimativa prévia de prazo de execução para a avaliação de custos.

Desta forma, na fase de elaboração do projeto básico deve ter uma avaliação detalhada do cronograma do empreendimento, uma vez que as planilhas de quantidades e os custos de alguns serviços dependem diretamente desta informação.

3.4. Gestão de Riscos

Todo projeto tem imprevistos, que devem ser mitigados por meio de gestão de riscos. Neste estudo, referente ao projeto, podemos citar risco geológico, itens de novos preços, variações de quantidades durante a implantação, entre outros, que podem representar parcela significativa de custos.

Considerando que Risco é o resultante da probabilidade de ocorrência x impacto, observamos que cada vez mais estamos inseridos nos riscos, conforme ilustrado na Figura 27, com aumento das edificações sobre os túneis de via. É uma situação que requer análises mais detalhadas de implicações de obras metroviárias nas edificações da área de influência, avaliação das fundações dessas edificações, e análise de ruídos e vibrações, entre outros. A pesquisa indicada na figura abaixo considerou os empreendimentos implantados e projetados, e também neste caso, os índices crescem de acordo com a ordem cronológica de projeto.

Linha	Trecho subterrâneo	Ext. Total da Linha (km)	Ext. de túnel sob áreas edificadas	% edificada sobre Total
1	Jabaquara/Tiradentes e Tucuruvi/Jardim S.P.	20,20	1,05	5%
3	Sé/Marechal	22,00	1,32	6%
2	V. Madalena/V. Prudente	14,70	2,59	18%
4	Luz/V. Sônia	12,80	2,46	19%
5	Adolfo Pinheiro/Chácara Klabin	11,50	3,10	27%
6	Brasilândia/S. Joaquim	15,90	8,44	53%
2	V. Prudente/Dutra	14,4	6,13	43%

Figura 27: Edificações sobre os túneis de via

Importância das investigações geológico/geotécnica: Dados básicos para o desenvolvimento do projeto:

Para o desenvolvimento de projeto, é de fundamental importância, a obtenção de todos os dados básicos, que são compostos pela topografia, mapeamento de redes de interferências e principalmente as investigações geológicas. O nível de investigação pode definir o nível de projeto, e conseqüentemente, a precisão dos quantitativos e correspondentes custos de um empreendimento. Mas são serviços que requer tempo para execução, ensaios e interpretação para servir de base para a elaboração do projeto que deve mitigar riscos geológicos de difícil mensuração, mas pode representar altos custos em casos de ocorrências. Portanto, a seleção das contratadas para execução desse tipo de serviço e planejamento adequado para a elaboração de projeto com todos os dados disponibilizados são essenciais para o sucesso do projeto.

A Literatura Internacional recomenda em relação às sondagens:

Segundo U.S. National Committee on Tunelling Technology (USNC/TT) (1984): “Para melhores resultados globais em túneis urbanos, a quantidade de sondagens ou furos exploratórios deve atingir um índice de 1,5 m de perfuração/metro linear de túnel

Segundo : ITA (International Tunnelling Association) Strategy for Site Investigation of Tunnelling Projects ITA Working Group 2 ITA REPORT n°15 / MAY 2015, a relação entre comprimento total de sondagens/ comprimento do túnel x Porcentagens de mudanças de projeto, indicam seu ponto ótimo na relação 1,5 m de sondagens para cada metro de túneis, relação esta para o total de sondagens executadas em todas a s fases do projeto , incluindo o executivo (figura 28)

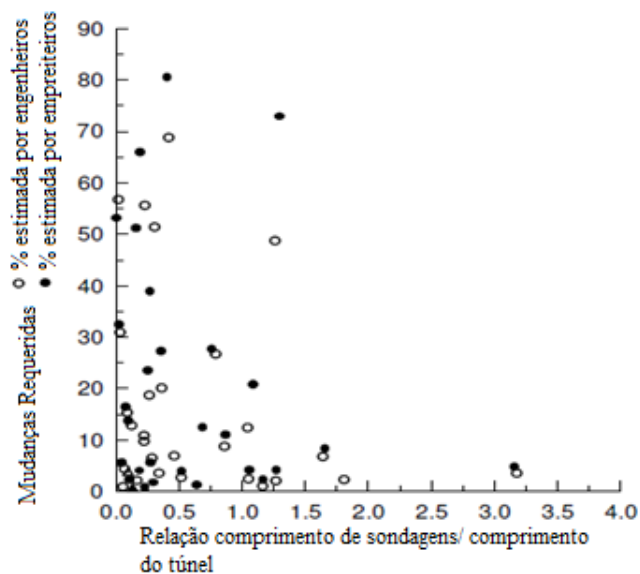


Figura 28 Relação comprimento total de sondagens/comprimento do túnel x porcentagens de mudanças no projeto observadas no mundo (ITA 2015 WG-2)traduzido

itens de preços novos:

Apesar de ter grande quantidade de itens planilhados para orçamento, não é possível quantificar a totalidade dos itens. Se considerarmos itens de quantidades de obra bruta de uma estação, em torno de 400 itens, e somarmos os itens de preços que resultaram em total de acabamento, comunicação visual, paisagismo, tratamento e monitoramento de áreas contaminadas, hidráulica e serviços preliminares, a quantidade total resulta em torno de 1.200 itens, mesmo sem considerar outros itens como instrumentação e sondagens. Para reduzir o número de novos serviços, a alternativa é realizar maior detalhamento na fase do projeto para licitação. Isso pode ser viabilizado por meio de padronização, que exige estudo prévio minucioso, e levar em consideração todos os fatores envolvidos, desde processo executivo até detalhes que podem fazer diferença nos custos e também no cronograma de implantação. O modelo em BIM pode ajudar e ser uma ferramenta imprescindível para elaboração de projeto e de elaboração de planilha de quantidades com maior precisão.

variações de quantidades durante a implantação:

Durante a implantação de obra, podem ocorrer variações quantitativas por diversos fatores, como disponibilização de maiores informações nesta fase de desenvolvimento de projeto, ocorrência de fatores supervenientes, etc. A mitigação desse tipo de problema pode ser por meio de maiores detalhamentos no projeto de licitação, ou emprego de ferramentas com maior precisão, como BIM e padronização onde possível, mas deve-se também analisar a forma de contratação e principalmente forma de pagamento. Podemos citar como exemplo,

que na experiência em forma de pagamento global, obtivemos uma variação próxima de zero nos quantitativos efetivamente executados de volume de concreto e no peso de aço, em relação aos quantitativos disponibilizados na licitação. A Lei 13.303 admite o regime de preço global, quando for possível definir previamente no projeto básico, com boa margem de precisão, as quantidades dos serviços a serem posteriormente executados na fase contratual. Portanto, em casos como a estrutura definitiva que é possível estimar quantidade com nível elevado de precisão para a licitação, fica como proposta a adoção da forma de pagamento global.

Custo de intervenção

O projeto deve ser desenvolvido para ter o mínimo de intervenção durante as fases de execução e manutenção, uma vez que os custos das adequações futuras são muito significativos, conforme representado no gráfico da Figura 29.

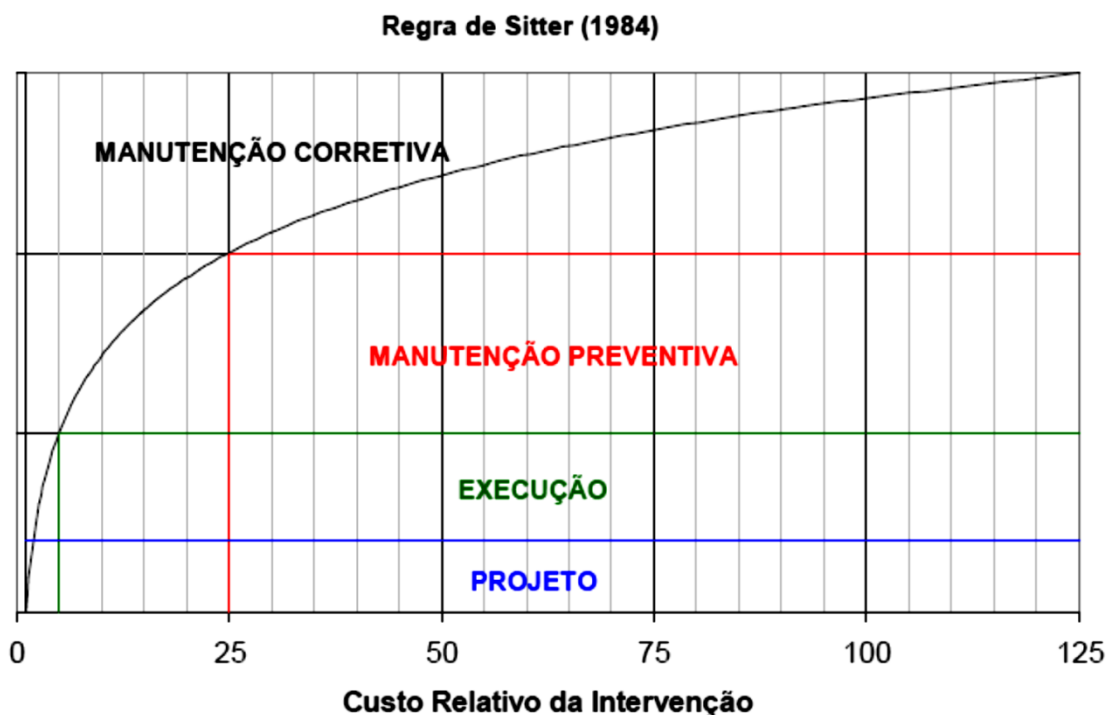


Figura 29: Custo de intervenção

CONCLUSÕES

Não é possível comparar o projeto atual com o do passado, tendo em vista que os requisitos de implantação mudaram. Existem novas exigências ambientais, o traçado das novas linhas percorrem vales e espigões da cidade, o que gera estações mais profundas, a inserção urbana em um tecido urbano consolidado traz novos desafios de implantação, as grandes demandas exigem espaços amplos nas estações, em especial nas de integração;

É possível se obterem resultados menos custosos por meio da padronização de soluções bem estudadas. Para tanto o uso do processo BIM colabora com os estudos ao proporcionar

maior precisão nas definições de projeto, mais detalhamento, mais informações contidas e maior integração entre as disciplinas de projeto;

A definição do método construtivo deve ser bem analisado, com todos os dados disponíveis, uma vez que é determinante para os custos e cronograma do empreendimento;

O projeto deve ser desenvolvido com dados básicos em quantidades suficientes, para evitar retrabalho ou mudança de projeto;

Os itens de preços significativos representam aproximadamente 10% do total dos itens das planilhas, e devem ter cuidados adicionais nas avaliações destes quantitativos;

O regime de contratação e formas de pagamento são fatores importantes para a gestão de um empreendimento;

O preço do concreto armado é o mais significativo dos custos envolvidos. Portanto, a nova orientação do projeto básico de elaborar desenhos de armação esquemática com a indicação de bitola e espaçamento nas estruturas deve ser uma providência adequada para obter maior precisão no quantitativo.

Maior detalhamento de projeto para licitação implica em menor probabilidade de ocorrência de risco na implantação de obra, uma vez que necessariamente exige maior aprofundamento no dimensionamento e resolução prévia de interfaces nas questões de projeto.

O cronograma de obra deve ser factível e bem definido já na fase de projeto para licitação, uma vez que alguns itens de preços dependem dos prazos estimados;

Os custos das contenções das estações em VCA variam bastante com a profundidade, em grande parte devido aos tirantes. Portanto, os poços secantes, se possível implantar, podem ser mais competitivos em termos de custos para valas mais profundas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas,
3ª edição - Tribunal de Contas da União

Projeto Básico da Linha 2, trecho Vila Prudente (exclusive)/Dutra

Fruin, J. J. "Pedestrian planning and design". New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners (1971).