

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GUSTAVO AUGUSTO TROMBELI

CONTENÇÃO COM PERFIS DE AÇO: COMPARAÇÃO ENTRE O
SISTEMA TRADICIONAL E O SISTEMA COM PRÉ-MOLDADO DE
CONCRETO

São Paulo

2008

GUSTAVO AUGUSTO TROMBELI

CONTENÇÃO COM PERFIS DE AÇO: COMPARAÇÃO ENTRE O
SISTEMA TRADICIONAL E O SISTEMA COM PRÉ-MOLDADO DE
CONCRETO

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista MBA
em Tecnologia e Gestão na Produção de
Edifícios.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

São Paulo

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Trombela, Gustavo Augusto

Contenção com perfis de aço: Comparação entre o sistema tradicional e o sistema com pré-moldado de concreto / G. A. Trombela, 2008. 68 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão de na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Construção civil – São Paulo (SP) 2. Projeto simultâneo 3. Coordenação I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia àqueles que, cada um a seu tempo e a seu modo, me incentivaram a aprofundar meus estudos.

- Meus pais, Ormino J. Trombeli e Maria Inez P. Trombeli, que sempre me ensinaram a importância dos estudos.
- Minha esposa, Cláudia Trombeli, de quem tenho roubado horas preciosas em favor de meu aperfeiçoamento profissional.
- Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, orientador, pela paciência, comprometimento e dedicação.

Deixo aqui, por meio desta monografia, um forte abraço a todos, que me foram tão queridos e importantes.

RESUMO

Este trabalho discute soluções construtivas diferentes para a contenção de vizinhos. Num primeiro momento discorre-se sobre conceitos relativos aos serviços.

São então apresentadas duas opções para cortinas de contenção, ambas utilizando a cravação de perfil de aço; porém com duas opções de preenchimento entre perfis distintos, sendo elas: o sistema tradicional em pranchamento de madeira com concreto armado moldado *in loco* e o sistema de pré-moldado de concreto duplo.

A definição de aspectos a serem avaliados para auxiliar na escolha da alternativa mais interessante precede a descrição de dois estudos de caso que servem de base para o debate quanto à opção pelo sistema tradicional ou o alternativo com pré-moldados de concreto.

ABSTRACT

This work discusses building solutions of retaining wall to restrain the neighboring areas. In the beginning, it will be explained working production concepts.

Afterwards, it will be introduced two options of retaining wall, both using nailing soil system of I-pile flanges. Nonetheless, two different options of panelling are shown: the traditional system with horizontal wooden planks sheeting (lagging) with reinforced concrete molded *in loco* and the system with pre-cast concrete as slender elements.

Lastly, the conclusion of aspects to be appraised, in order to help choosing the best alternative, comes first the description of two cases that founded on arguments for the traditional system or for pre-cast concrete.

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Bate estaca utilizado para cravar os perfis de aço	17
Foto 2 - Cortina com as pranchas de madeira já colocados	18
Foto 3 – Pré-moldados de concreto	20
Foto 4 – Perfil metálico já cravado e abertura intercalada dos cachimbos para a colocação dos pré-moldados no trecho 3	32
Foto 5 – Trecho 3 já concluído a colocação das peças e início do trecho 1 com o acerto manual de terra	34
Foto 6 - Cortina pronta para a concretagem com os ferros verticais já colocados	35
Foto 7 – Concretagem da cortina	35
Foto 8 - Descarregamento manualmente	37
Foto 9 - Local do material armazenado	37
Foto 10 - Concretagem com mangote de 3 polegadas	37
Foto 11 - Lançamento do concreto com bomba lança	37
Foto 12 - Escavação do talude remanescente no 2 ss	38
Foto 13 - Escavação manual e plaqueamento no 2 ss	38
Foto 14 - Em destaque a prancha de madeira com 4 m e a preparação da pasta de cimento	48
Foto 15 - Atirantamento da cortina com as pranchas de madeira já colocadas	48
Foto 16 - Trecho já concretado e ainda com os gancho soldados nos perfis	50
Foto 17 - Estocagem das pranchas de madeira	51
Foto 18 - Concretagem da cortina junto com a laje da periferia	53
Foto 19 – Cortina concretada	57
Foto 20 – Cortina com emboço, pronto para pintura	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma feito a partir da lustração: Etapas Associadas à Origem – Ubiraci E. I.Souza 2005 TGP	13
Figura 2 - Projeto estrutural com cortina	14
Figura 3 - Cortina sem ancoragem mostrando os reforços – Machado et al. 2003	15
Figura 4 - Fluxograma de produção geral do sistema de contenção	27
Figura 5 - Ilustração de lançamento do empreendimento	29
Figura 6 – Planta do subsolo onde estão em destaque as cortinas executadas ..	30
Figura 7 – Fluxograma de produção do sistema com pré-moldado	39
Figura 8 - Ilustração de lançamento do empreendimento	45
Figura 9 – Planta de fundações onde estão em destaque as cortinas executadas	46
Figura 10 - Fluxograma de produção do sistema Tradicional	54
Figura 11 – Planta de fundações com o perímetro de cravação das estaca	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do Diário de obra em relação ao efetivo de mão-de-obra	40
Tabela 2 - Custo total com a cravação do perfil mais o pré-moldado concreto	43
Tabela 3 - Custo só do pré-moldado concretado (Mat. + M.O.)	43
Tabela 4 - Resumo dos custos	43
Tabela 5 - Dados do Diário de obra em relação ao efetivo de mão-de-obra	55
Tabela 6 - Custo do pranchamento de madeira + concretagem + emboço de massa (Mat. + M.O.)	57
Tabela 7 - Escolha de um sistema, através da análise dos Aspectos x Peso	60
Tabela 8 - Aplicação pratica da planilha - Aspectos x Peso	62
Tabela 9 - Avaliação de resultados para 1 m ² de contenção	63

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de Fotos

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Metodologia	12
2	OBRAS DE CONTENÇÕES RACIONALIZADAS	13
2.1	Racionalização na construção de edifícios	13
2.2	Descrição geral sobre uma cortina de contenção de solo	14
2.3	Cravação das estacas metálicas	16
2.4	Sistema Tradicional	17
2.5	Sistema com Pré-Moldado de Concreto	19
3	ASPECTOS A SEREM CONTEMPLADOS NA ESCOLHA.....	22
3.1	Demanda de mão de obra	22
3.2	Questão ambiental	23
3.3	Industrialização dos sistemas construtivos	24
3.4	Espaço em canteiro	26
3.5	Produção	27
4	ESTUDO DE CASO	29
4.1	Estudo de caso em uma obra com o sistema de Pré-moldado	29
4.1.1	Etapas de produção	30
4.1.2	Método construtivo	31
4.1.3	Condições do canteiro de obra	36
4.1.4	Fluxograma de produção	38
4.1.5	Produtividade	40
4.1.6	Custos	43

4.1.7	Vantagens	44
4.1.8	Desvantagens	44
4.2	Estudo de caso em uma obra com o sistema Tradicional	44
4.2.1	Etapas de produção	45
4.2.2	Método construtivo	47
4.2.3	Condições do canteiro de obra	50
4.2.4	Fluxograma de produção	53
4.2.5	Produtividade	54
4.2.6	Custos	56
4.2.7	Vantagem	58
4.2.8	Desvantagens	58
5	COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE CONTENÇÃO E REPOSIÇÃO DE FERRAMANTAS PARA AVALIAÇÃO.....	59
5.1	Utilização da tabela	59
5.2	Aplicação da tabela em uma obra	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	65
8	BIBLIOGRAFIA	67

1 INTRODUÇÃO

Existe uma riqueza em trabalhos acadêmicos lidando com a construção de edifícios, no que se refere ao estudo dos andares tipo e fachadas; não se nota, no entanto, a mesma riqueza para abordar as demais partes do edifício. Esta constatação serve de motivação para a idéia de desenvolver um tema voltado para a etapa da fundação que é uma das etapas mais importantes de uma obra, em particular no que diz respeito às contenções de vizinho.

Hoje a execução das contenções tornou-se um fator muito importante para o processo construtivo das obras com subsolos, pois um projeto bem elaborado significa redução de custos e de etapas construtivas. Uma nova técnica com a utilização de pré-moldados de concreto é aplicada com sucesso nesses últimos cinco anos e tem demonstrado a racionalidade do sistema.

As principais vantagens na utilização do sistema com pré-moldados de concreto estão na otimização do subsistema e implantação de um sistema industrializado que é incorporado na obra; além de eliminar a utilização das pranchas de madeira que ficam perdidas por trás da cortina após a concretagem.

Com esse trabalho este autor tem a oportunidade de organizar e aplicar os seus conhecimentos e de outros profissionais, na utilização dos dois subsistemas: o tradicional e o pré-moldado de concreto. A serem discutidos, para subsidiar os gestores sobre vantagens e desvantagens das 2 opções de contenção. Focando a racionalização e a industrialização de cada sistema, pretende-se munir de dados e informações os profissionais para tomarem a decisão mais eficaz para a obra.

1.1 Objetivo

Apresentar uma análise comparativa entre os dois sistemas de contenção de solo quanto a aspectos considerados relevantes na gestão da produção (atividades demandadas, técnicas envolvidas, custos, interação com o restante do processo construtivo, produtividade da mão-de-obra, consumo de materiais, influências quanto à questão ambiental dentre outros).

Sendo ambos os sistemas com a utilização de Perfil de Aço “I” cravados com a utilização de um bate-estaca com martelo ou mesa vibratória. São distintos, nos dois sistemas, a execução e material que são utilizados para o preenchimento dos vazios entre os perfis, sendo: o *Sistema Tradicional* com pranchamento de madeira para uma posterior concretagem *in-loco*; e o outro é o *Sistema de Pranchamento com Pré-moldado de Concreto*

1.2 Justificativa

Nos últimos anos, segundo constatação do autor, na cidade de São Paulo a execução de contenções de solos com o sistema Tradicional está passando por uma transição para a utilização do sistema de placas de pré-moldado duplo de concreto.

Essa é uma ocasião oportuna para organizar informações, relativas as 2 alternativas, para obras de edifícios, de maneira a munir os gestores com informações que possam auxiliar a tomada de decisão quanto à escolha da solução a adotar para uma certa obra .

1.3 Metodologia

Com base em um levantamento prévio de informações (advindas de pesquisa bibliográfica e entrevistas com especialistas), procura-se entender, sob um ponto de vista mais analítico, tanto a execução de contenções com os 2 sistemas em estudo quanto discutir aspectos a serem analisados para sua comparação do ponto de vista do gestor da obra.

O passo seguinte diz respeito a preparar um estudo de campo para o levantamento das informações que servirão à comparação das alternativas sendo avaliadas. Serão estudadas duas obras já executadas, sendo uma obra com cada sistema.

A análise final baseia-se nas informações obtidas nos levantamentos e processamentos dos dados coletados.

2 OBRAS DE CONTENÇÕES RACIONALIZADAS

2.1 Racionalização na construção de edifícios

Apesar de a construção de edifícios se caracterizar pela produção de “produtos únicos”, é importante buscar inovações quanto a componentes, subsistemas e processos que possam ser usados amplamente. No mercado brasileiro, verifica-se uma grande semelhança entre os canteiros de obra, quase todos baseados na mesma organização de mão-de-obra e bastante limitados quanto à variabilidade das soluções técnicas adotadas. Uma inovação para ter sucesso, deve ao menos reconhecer a complexidade do contexto onde será implantada (Figura 1).



Figura 1 - Fluxograma feito a partir da lustração: Etapas Associadas à Origem – Ubiraci E. I.Souza 2005 TGP.

A racionalização da construção envolve conceitos bastante abrangentes, que vão além da aplicação de medidas de otimização das fases dos empreendimentos da construção civil. Vários autores procuraram conceituar a racionalização construtiva. Trigo (1978) entende este conceito como "o conjunto de ações tendentes ao aumento de rendimento do setor em conjunto e de cada uma das tarefas a realizar em particular". Para esse mesmo autor a racionalização pressupõe a organização, a planificação, a verificação e as técnicas adequadas à melhoria da qualidade e ao acréscimo de produtividade. Já Sabbatini (1989) apresenta a racionalização construtiva como "ferramenta" da industrialização e define: "racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases".

Segundo Franco (1996) “o conceito de racionalização construtiva não pode ser encarado unicamente como a melhoria ou alteração de determinados procedimentos construtivos. A racionalização de um empreendimento implica na aplicação dos princípios de racionalização de uma forma mais ampla, que abrange todos os recursos envolvidos: dos materiais aos tecnológicos e temporais, além de se aplicar a todas as fases, do planejamento e projeto à execução das obras”. Nas citações fica em destaque a busca e utilização de recursos que resultarão em otimizar o desempenho no uso dos recursos aplicados.

2.2 Descrição geral sobre uma cortina de contenção de solo

A realização de uma obra de fundações quase sempre envolve estruturas de contenção. É freqüente a criação de subsolos para estacionamentos em edifícios urbanos.

A construção das contenções é muito importante para o processo construtivo das obras com subsolos (Figura 2), pois um projeto bem elaborado significa redução de custos e de etapas construtivas.

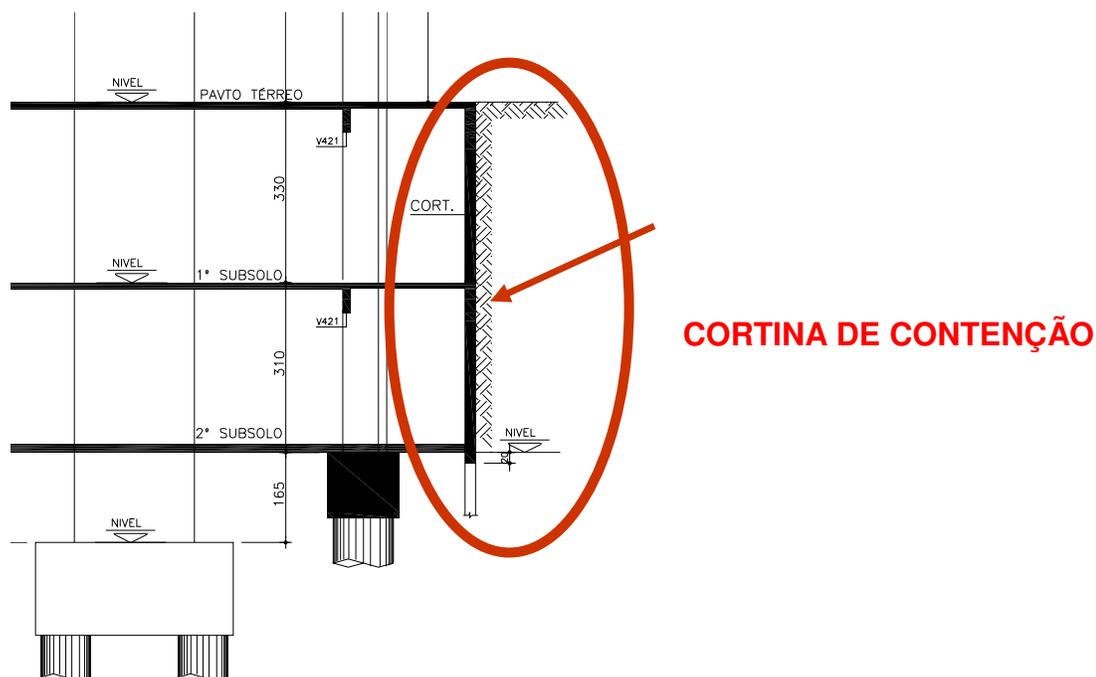


Figura 2 - Projeto estrutural com cortina.

“A contenção é feita pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos, que apresentam rigidez distinta daquela do terreno que conterá. O carregamento da estrutura pelo terreno gera deslocamento que, por sua vez, altera o carregamento, num processo iterativo” Fundações Teoria e Prática 1998 cap.: 13.

Os esforços que a cortina é submetida podem ser verificada na Figura 3.

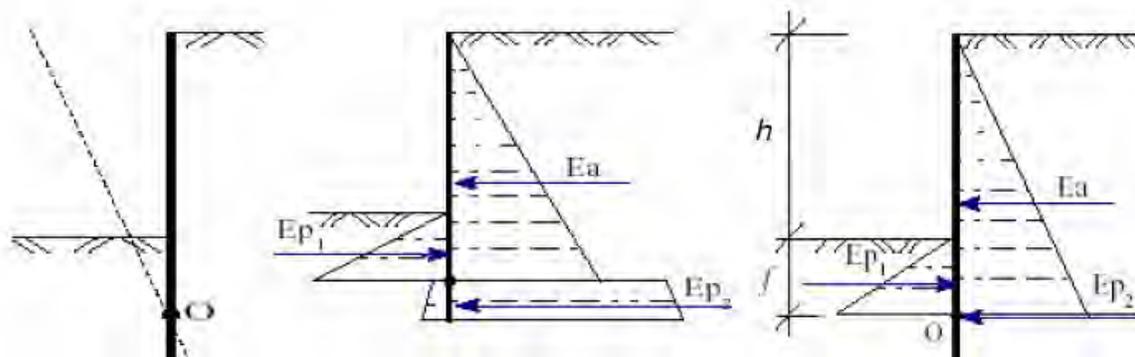


Figura 3 - Cortina sem ancoragem mostrando os reforços – Machado et al. 2003.

O desempenho de uma contenção depende não somente do sistema de contenção em si, ma também das características do terreno, das condições do lençol, das construções vizinhas, do espaço disponível para a sua implantação e enfim, de inúmeros fatores que variam muito de uma situação para outra, o que torna difícil apontar vantagens e limitações de cada um dos tipos, de forma genérica, sem levar em consideração as condições particulares de cada caso.

Da mesma forma, a análise de custo de um sistema de contenção não pode se restringir somente ao seu custo direto de implantação, mas devem levar em consideração os custos indiretos; por exemplo, dependendo do acesso da obra, os custos de implantação dos equipamentos podem inviabilizar um sistema.

Outro fator determinante na escolha de um sistema de contenção é o prazo de execução de cada sistema e o cronograma estipulado para a obra; dependendo do empreendimento, pode ser mais importante o prazo do que o custo, para que seja possível viabilizar a obra e atingir o retorno pretendido para os incorporadores e para construtora.

Objetivamente nesse trabalho, será estabelecida uma abordagem comparativa de dois sistemas bem semelhantes, sendo ambos com a utilização de Perfil de Aço “I” cravados com a utilização de um bate-estaca com martelo ou mesa vibratória. São distintos, nos dois sistemas, a execução e material que são utilizados para o preenchimento dos vazios entre os perfis, sendo: o *Sistema Tradicional* com pranchamento de madeira para uma posterior concretagem *in-loco*; e o outro é o *Sistema de Pranchamento com Pré-moldado de Concreto*.

2.3 Cravação das estacas metálicas

Quase sempre a utilização de contenção com a utilização de perfil metálico é possível quando o nível d'água está abaixo do nível a ser escavado e o solo tenha as propriedades necessárias para que se possa escavar o terreno na vertical (a prumo), entre os perfis, para colocação do pranchamento em madeira ou do pré-moldado, se mantendo estável pelo tempo necessário, sem riscos de deslocamento. Esta é usualmente uma característica de solos compostos de siltes e argila.

A especificação do calculista, em relação à opção pelo sistema tradicional ou pelo pré-moldado de concreto, não altera as especificações de projeto em relação ao perfil metálico. Algumas características de projeto são mantidas, como:

- a) seção do perfil que pode ser “I” ou “H”;
- b) o espaçamento de cravação entre perfis que variam de 1,50 a 2,50m. Esse espaçamento é estabelecido através dos empuxos que a cortina irá receber ou pela sobrecarga que a cortina será submetida, podendo ter função estrutural;
- c) a ficha de cravação é a mesma (comprimento do perfil que fica cravado abaixo da cota de fundo da escavação);
- d) o projetista pode exigir uma ficha mínima e a nega (que consiste em uma seqüência de golpes com o martelo do bate estaca e verificação do

comprimento cravado. Por exemplo: o perfil não poderá ser cravado mais de 1 cm na seqüência de dez golpes com altura de 1m para um martelo de 850kg);



Foto 1 - Bate estaca utilizado para cravar os perfis de aço.

- e) não há diferença nos equipamentos a serem utilizados. Em ambos os sistemas são utilizados bate-estacas (Foto 1), com torres de 12 metros e martelos de 850 kg;

2.4 Sistema Tradicional

A execução de uma cortina com a utilização de prancha de madeira para conter o solo escavado e posterior preenchimento dos vazios entre os perfis de aço com a utilização de concreto armado, é denominado aqui como Sistema Tradicional.

Após a cravação dos perfis de aço, é iniciada a escavação do solo. Para isso há necessidade de uma contenção do solo nas delimitações do terreno onde

são cravados os perfis. Inicialmente é feita a escavação mecânica até próximo aos perfis cravados, e posteriormente, é feita a escavação manual entre os perfis em vãos alternados, para possibilitar a colocação das pranchas de madeira por de trás do perfil (Foto 2) em tempo hábil para que o solo se mantenha estável.



Foto 2 - Cortina com as pranchas de madeira já colocados.

Dessa forma as cargas de empuxos, que serão absorvidas pela cortina, serão recebidas pelas pranchas e transferidas para o perfil.

A prancha de madeira utilizada pode ser: de madeira serrada com dimensões que variam de 4 a 7 cm na espessura e largura de 20 a 30 cm ou troncos de Eucalipto com diâmetro de 5 a 10 cm.

Essa contenção em madeira tem duas funções: a primeira é a de conter o solo e a segunda a de servir como forma para a concretagem, que é uma etapa subsequente. Vale ressaltar que o prancheamento com madeira é uma contenção provisória e que precisa da estrutura de concreto armado para ser definitiva. Assim deve-se ter alguns cuidados caso haja uma demora na execução da concretagem.

Conforme o andamento da obra as cortinas são concretadas em conjunto ou separadamente dos elementos estruturais da obra, como lajes, vigas ou pilares. Para isso algumas etapas devem ser seguidas:

- a) soldar nos perfis de aço os ganchos para travar a forma;
- b) lançar a armadura no vão entre os perfis;
- c) fechar com forma de madeira ou metálica a face externa do perfil, utilizando os ganchos soldados no perfil para travamento;
- d) lançar e adensar o concreto com resistência de 25 a 40 MPa e brita 1-2;
- e) desformar e cortar os ganchos;

A etapa final de acabamento da cortina pode ser definida conforme as exigências do empreendimento, pois o concreto pode ficar aparente ou fazer o emboço de massa sobre o mesmo.

2.5 Sistema com Pré-Moldado de Concreto

Esse tipo de contenção utiliza um painel pré-moldado de concreto. O painel é uma placa dupla, um elemento pré-moldado tipo laje treliça, com face externa e interna (Foto 7.3). É uma peça de fácil manuseio, que dispensa a utilização de equipamentos.

As duas faces com espessura de 3 cm, são ligadas por uma armação estribada (treliçada), formando uma peça única. O vão entre essas placas, que varia de 7 a 27 cm, é preenchido com concreto especial (20 MPa, bombeável, com pedrisco e “slump” 20 +/- 2). Essa peça é instalada entre os perfis metálicos previamente cravados, constituindo a cortina. As principais funções da placa dupla são:



Foto 3 – Pré-moldados de concreto.

- a) conter o terreno em contato com a placa externa (mesma função da prancha de madeira). A eliminação da madeira, além do caráter ecológico, evita futuras pragas como cupins. A placa dupla é dimensionada para suportar os empuxos de terra da contenção;
- b) a face interna da placa dupla serve de fôrma e já é a cortina acabada. Após a montagem das peças no vão entre perfis, o vazio interno é preenchido com concreto. A placa dupla é dimensionada para suportar o empuxo do concreto que preenche o seu interior, não sendo necessário nenhum tipo de escoramento durante a concretagem;

Nessa etapa inicial, a altura escavada deve atingir a cota da primeira laje do subsolo.

A montagem prossegue até concluir-se todo o perímetro da obra. Uma armação vertical é colocada entre os painéis duplos, conforme orientação do

projetista estrutural, em função dos esforços decorrentes do empuxo de terra. Segue-se, então, a concretagem do interior das placas no primeiro trecho.

Analogamente, a escavação avança até a cota da próxima laje, com simultânea montagem das placas duplas e colocação da armação. Após a montagem de um trecho pré-determinado ou o perímetro total da obra, a concretagem é feita pelo vão da laje superior. A fundação da obra pode ser executada e ainda há possibilidade de concretagem do piso do subsolo inferior. A estrutura pode ser iniciada e as lajes dos subsolos e do térreo travarão as cortinas.

Para que haja um bom desempenho na utilização do sistema de pré-moldado duplo de concreto, alguns cuidados devem ser tomados:

- a) não deixar vazios por trás das placas duplas. Preencher com solo compactado, solo-cimento ou sub-muramento;
- b) solicitar ao calculista o dimensionamento da armação da placa dupla e da armação vertical a ser distribuída no interior das peças;
- c) utilizar uma viga de coroamento na laje do térreo quando a laje for descarregar uma carga elevada na cortina;
- d) cuidado na colocação das placas, mantendo as juntas niveladas para garantir a qualidade visual final do pré-moldado;
- e) se necessário, utilizar manta geotêxtil para drenagem;
- f) a qualidade das placas deve ser levada em conta quando as cortinas não forem revestidas; de preferência utilizar placas com acabamentos chanfrados (canto com 45°) e superfície da placa bem acabada;

3 ASPECTOS A SEREM CONTEMPLADOS NA ESCOLHA

Com base no conhecimento adquirido sobre o tema, proveniente do conhecimento pessoal prévio do autor, quanto dos levantamentos, da revisão bibliográfica, do curso, conversa com especialistas, propõe-se a observação de 10 aspectos para se comparar os 2 sistemas de contenção em estudo nesta monografia, são elas:

- a) demanda de mão de obra;
- b) questão ambiental;
- c) industrialização dos sistemas construtivos;
- d) espaço em canteiro;
- e) produção;
- f) disponibilidade de recursos;
- g) domínio das técnicas utilizadas;
- h) prazo;
- i) custo;
- j) qualidade de acabamento final;

Com a abordagem desses itens, neste capítulo o autor pretende reunir algumas informações que facilitem a análise dos dois sistemas de contenção. Os aspectos analisados são importantes por tratarem de assuntos tanto de cunho social, técnicos e financeiras, no âmbito dos recursos demandados e obtenção dos resultados idealizados.

3.1 Demanda de mão de obra

Para a utilização de novos sistemas na obra, vários aspectos são avaliados para viabilizar a sua utilização. Um aspecto muito importante que implica em custo e produtividade, é a necessidade da mão-de-obra qualificada no canteiro de obra.

Nos dias de hoje a construção civil no Brasil está super aquecida com uma demanda por mão-de-obra qualificada (como engenheiros, mestres, carpinteiros, armadores, etc.), superior à que está disponível no mercado.

Com a perspectiva de crescimento contínuo para os próximos anos, as obras cada vez mais buscam opções e soluções que amenizem os problemas acarretados pela demanda de mão-de-obra. E uma das soluções possíveis, e que faz parte do cenário deste trabalho, é analisar um sistema de execução de cortina que apresente um elevado nível de industrialização no seu processo em relação ao sistema Tradicional, pois com a utilização das placas de pré-moldado de concreto ocorre a eliminação de algumas etapas, o que representa uma Razão Unitária de Produção (RUP) total menor.

Algumas etapas construtivas podem ser eliminadas na utilização do pré-moldado de concreto; conforme comentado a seguir:

- a) descarta-se a necessidade de pranchamento em madeira, que serviria de contenção e forma de fundo;
- b) elimina-se a execução de concretagem *in-loco* com a utilização de forma, escoramento e armadura pesada;
- c) não há necessidade de se fazer o emboço para acabamento final, pois as placas já são acabadas;

Com a eliminação desses itens citados, conseqüentemente diminui o volume de materiais e serviços no canteiro, acarretando em uma gradativa redução na utilização de mão-de-obra para receber, transportar e controlar os materiais na obra.

3.2 Questão ambiental

A fiscalização e as exigências em relação à questão ambiental na construção estão cada dia mais intensas. A questão da sustentabilidade de uma

obra implica na adequação e busca de sub-sistemas que apresentem aspectos positivos nessa questão.

Conforme a publicação na revista *Habitare* de Agosto de 2005, a construção civil é “Responsável por 15% do Produto Interno Bruto (PIB) e geradora de aproximadamente 4 milhões de empregos diretos e 16 milhões no total; a construção civil também consome 2/3 da madeira extraída no país. A perda e o desperdício também alimentam a produção do entulho”.

Nesse trabalho ficará evidenciado que o sistema tradicional utiliza um volume muito maior de madeira em relação ao sistema com pré-moldado de concreto. E essa utilização é necessária em duas etapas do sistema tradicional:

- a) a prancha de madeira utilizada para a contenção é colocada entre o perfil e o solo para contenção, ficando perdida após a concretagem;
- b) para execução da concretagem é necessária a utilização de forma de madeira para o fechamento na frente do perfil;

Já no sistema com pré-moldado de concreto, a utilização da madeira não ocorre em nenhuma das duas etapas, pois a própria placa tem a função de conter o solo e já serve de forma para o concreto.

Além da questão do uso da madeira e geração de entulhos um fator importante a ser observado é o surgimento de pragas, como: cupins, larvas, traças etc., quando a prancha de madeira, que fica perdida entre a cortina de concreto e o solo, entra em decomposição.

3.3 Industrialização dos sistemas construtivos

A maioria dos empreendimentos de edifícios brasileiros é baseada em um leque restrito de tecnologias e sistemas construtivos.

Conforme a análise de Amorim (1996), apesar de a construção de edifícios se caracterizar pela produção de “produtos únicos”, o que pode levar a crer em uma grande flexibilidade para introdução de inovações, no mercado brasileiro,

verifica-se uma grande semelhança entre os canteiros de obra, quase todos baseados na mesma organização de mão-de-obra e bastante limitados quanto à variabilidade das soluções técnicas adotadas: é evidente, por exemplo, a predominância do concreto armado moldado *in loco*.

Assim, as inovações tecnológicas e construtivas seguem na linha da racionalização das construções a partir da base técnica instalada.

Isto se explica pela instabilidade do mercado que desestimula grandes investimentos e mudanças radicais na base técnica do setor (Farah, 1992; Cardoso, 1993).

Nesse contexto as alternativas de modernização baseadas na industrialização (postura taylorista) da construção não se viabilizaram como uma solução válida para a realidade do setor de edificações e, de fato, a principal tendência de modernização surge pela busca de novas formas de racionalização das construções tradicionais (Cardoso, 1996).

As inovações que levam à racionalização estão ligadas aos materiais e componentes de construção e aos métodos construtivos.

A inovação tecnológica na construção de edifícios está em parte atrelada ao desenvolvimento de novos produtos pelas indústrias fornecedoras.

Entretanto, como pondera Farah (1992): “Embora o centro dinâmico do processo de mudança esteja situado, em boa parte dos casos, na indústria de materiais e componentes, as inovações não devem ser vistas como mera imposição dos fabricantes, como algo estranho à lógica do processo de construção. Pelo contrário, as ‘necessidades’ da atividade de construção é que definem, em última instância, a viabilidade de determinada inovação.”

No tocante à introdução de inovações tecnológicas nos métodos construtivos, ganham força nos canteiros de obras nacionais o sistema de cortina com pré-moldado duplo de concreto.

No caso do lançamento de novos materiais e componentes de construção, a concepção e o projeto do empreendimento têm um papel indutor limitado uma vez que, ao contrário de outras indústrias, os novos materiais surgem,

normalmente, da conveniência dos grandes fornecedores e não da demanda de um novo empreendimento.

Por outro lado, apesar de ter origem na indústria de fornecedores, os novos materiais e componentes intervêm no processo construtivo, eliminando ou modificando práticas de trabalho consolidadas. E a introdução de novos materiais e componentes, nos canteiros, é comumente acompanhada da ocorrência de falhas e patologias causadas pela má utilização de novos produtos ou pelo não seguimento de suas especificações de uso.

Assim, cabe aos projetos a opção pela utilização dos novos materiais e, principalmente, o detalhamento e a especificação da maneira de empregá-los e das soluções das interfaces desses novos materiais e componentes com o sistema construtivo.

Conforme ressalta Barros (1996), “o projeto constitui a porta de entrada para que novas tecnologias sejam efetivadas nos canteiros de obras (...) uma vez que permite incorporar, logo no início do processo de produção, as inovações oriundas dos setores de materiais, de componentes, de equipamentos e de desenvolvimento tecnológico”.

Assim a julgar uma nova alternativa construtiva, um parâmetro que deve ser observado é o que diz respeito à expectativa de que sua introdução poderá elevar o grau de industrialização do próprio processo de produção.

3.4 Espaço em canteiro

Ao se fazer o projeto executivo e o projeto para produção de uma obra, freqüentemente depara-se com as diversas possibilidades que se tem de optar com relação aos vários cenários que se pode ter na obra, em diversas atividades.

A escolha por um determinado subsistema terá uma série de implicações quanto ao processo produtivo, sendo seus efeitos refletidos na organização da produção, na produtividade do transporte e na produtividade de aplicação do material.

Na análise dos resultados entre os dois subsistemas em comparação, o uso do pré-moldado apresentará uma grande variação de volume de material e mobilização de mão-de-obra para a produção, alterando as condições de trabalho no canteiro. Assim quanto mais exíguo for o espaço no canteiro, mais interessante esta opção se torna.

3.5 Produção

A partir da elaboração e compatibilização dos projetos as metas e objetivos da obra devem ser traçados, definindo o nível de tecnologia, racionalização e industrialização dos subsistemas a serem utilizados, pois são relevantes para obter os resultados no final da obra.

A sistematização dos projetos dos canteiros de obra para a produção de edifícios é essencial para a racionalização e o aumento da produtividade da construção, já que constitui instrumento para a melhoria da eficiência global das obras. Busca-se assim estabelecer, fazendo-se uso de ferramentas já utilizadas em outros setores industriais, parâmetros para a organização do processo de produção dos edifícios em todos os subsistemas. Portanto, todas as etapas de

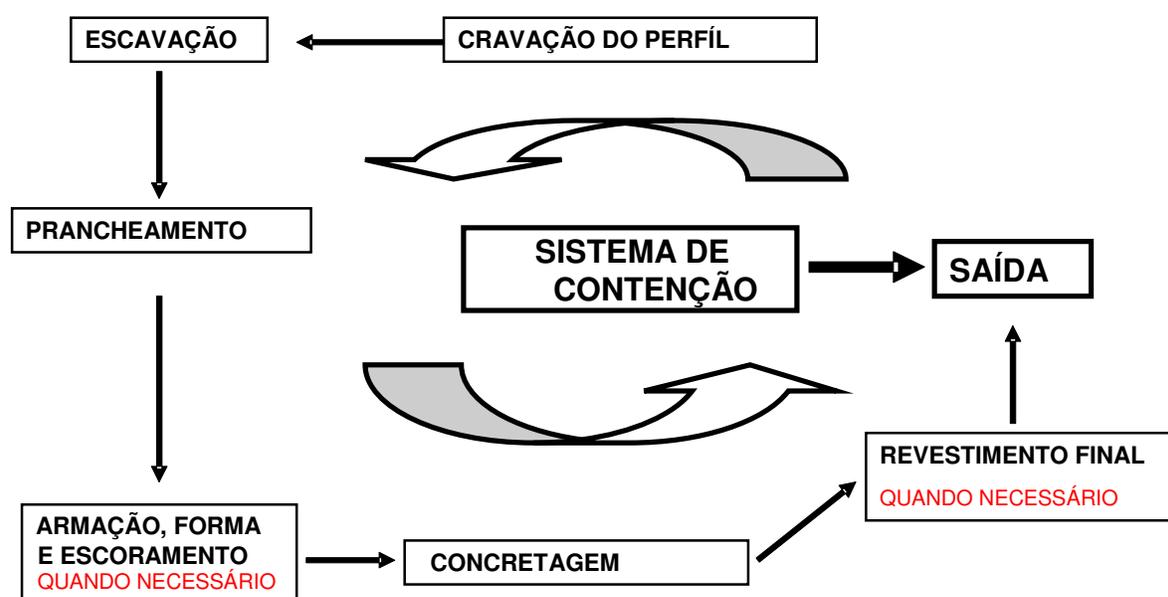


Figura 4 - Fluxograma de produção geral do sistema de contenção.

produção devem ser analisadas quanto à introdução de uma determinada postura construtiva (Figura 4).

Em cada subsistema que abrange todo o fluxograma de produção é fundamental serem definidos alguns itens:

- a) disponibilidade de recursos – material, mão de obra e equipamento;
- b) domínio das técnicas a serem utilizadas;
- c) prazo de execução compatível com o cronograma;
- d) custo e qualidade final;
- e) qualidade de acabamento final (sendo compatível ao empreendimento);

Esses itens são fundamentais para se obterem os resultados esperados e se ter a produção compatível com as exigências de um empreendimento, sempre sendo fiel ao produto final que será entregue ao cliente final.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Estudo de caso em uma obra com o sistema de Pré-moldado

O sistema de cortina em pré-moldado de concreto analisado nesse estudo de caso é referente a uma obra de 4 edifícios residenciais em São Paulo (Figura 5), sita à Av. Lacerda Franco, 576, Cambuci.

A obra está sendo executada pela Construtora Plano & Plano Construções e Empreendimentos Ltda, o projeto de fundações é da Associação Consultrix S/C Ltda e o projeto de estrutura da Pedreira de Freitas Ltda.



Figura 5 - Ilustração de lançamento do empreendimento;

A construção está sendo realizada em um terreno com área de 13000 m² e a projeção dos subsolos é de 5800 m². Nessa obra, em particular, a escavação não está na da divisa com os vizinhos. É uma condição favorável de trabalho quando comparado com a maioria das obras nas grandes cidades.

O empreendimento contém de dois ou três subsolos com área total de garagem de 12.500,00m², onde estão sendo executados dois sistemas de contenção.

Nos trechos onde a escavação foi feita além da cortina está sendo executada cortina em concreto armado com a utilização de forma metálica nas duas faces (esse caso ocorre na projeção das quatro torres e está incorporada à estrutura dos prédios).

Nos trechos onde a escavação foi feita no limite do subsolo está sendo executada a contenção com pré-moldado de concreto duplo entre perfis de aço cravado com bate estaca. Este será o sistema a ser analisado nesse estudo de caso.

4.1.1 Etapas de produção

O levantamento das áreas de contenção foi dividido em sete trechos, para possibilitar o levantamento de dados para análise da contenção executada.

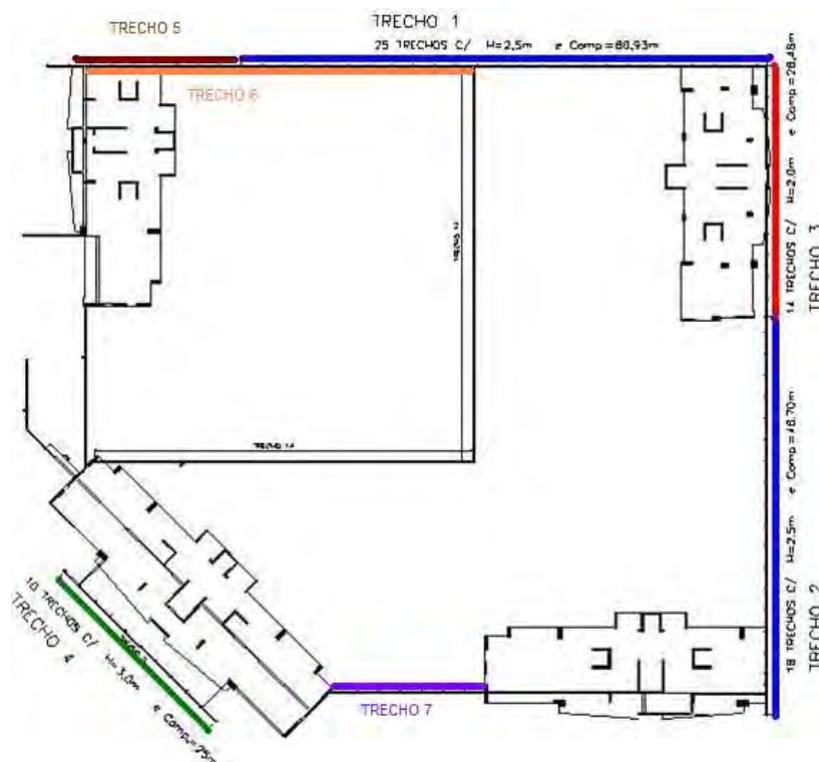


Figura 6 – Planta do subsolo onde estão em destaque as cortinas executadas

Essa divisão em trechos foi feita conforme a possibilidade de execução das cortinas (Figura 6).

Descreve-se a seguir, tais trechos:

- a) **trecho 1 e 2** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
43 módulos com H=2,5m e comp.=107,63m – Área=268,75m²;
- b) **trecho 3** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 1,2 à 2,5m)
14 módulos com H=2,5m e comp.=26,48m – Área=66,02m²;
- c) **trecho 4** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
10 módulos com H=3,0m e comp.=25,00m – Área=75,00m²;
- d) **trecho 5** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
7 módulos com H=3,0m e comp.=17,50m – Área= 52,50m²;
- e) **trecho 3** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 1,2 à 2,5m)
14 módulos com H=3,0m e comp.=26,48m – Área=79,50 m²;
- f) **trecho 2** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
43 módulos com H=3,0m e comp.=107,63m – Área=322,89 m²;
- g) **trecho 6** - Nível do 3º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
18 módulos com H=2,8m e comp.=45,00m – Área=126,00 m²;
- h) **trecho 7** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
3 módulos com H=2,5m e comp.=7,50m – Área=18,75 m²;
- i) **trecho 7** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 2,5m)
3 módulos com H=3,0m e comp.=7,50m – Área=22,5 m²;

ÁREA TOTAL DE CORTINA = 1.150,66m²

4.1.2 Método construtivo

A obra foi iniciada com a cravação dos perfis em aço “I” de 10”, com a utilização de um bate estaca. A cravação foi feita na cota do térreo e a profundidade em média foi de 12 m nos trechos onde há 2 subsolos e 18 m onde

há três subsolos. Nessa condições as fichas de cravação foram respectivamente 6 e 9 metros.

Em seguida foi feita a escavação até o nível do segundo subsolo, deixando taludes recobrimdo os perfis (Foto 4) com uma inclinação de 1 para 3. Nessa obra não está sendo utilizado nenhum tipo de ancoragem (tirantes); dessa forma, a altura útil máxima de contenção do perfil sem haver travamento é de 3,5 m de altura, sendo sua definição decorrente dos empuxos a que a contenção será solicitada.



Foto 4 – Perfil metálico já cravado e abertura intercalada dos cachimbos para a colocação dos pré-moldados no trecho 3;

A não utilização de ancoragem com tirantes foi uma diretriz de projeto adotado para otimizar os custos e por ser viável a retirada da terra do talude remanescente com máquina de médio porte e o carregamento dos caminhões dentro do canteiro, no mesmo nível da escavação do talude.

Por se tratar de uma obra com volume de escavação muito alto e uma grande área de trabalho foi possível avançar a escavação já na primeira etapa até o segundo subsolo.

As escavações dos cachimbos foram feitas em duas etapas:

- a) com a utilização da escavadeira foram feitas as aberturas dos cachimbos e nivelamento da berma do talude no nível do primeiro subsolo entre os perfis de aço;
- b) a escavação entre os perfis foi concluída manualmente pela a empresa que executou o plaqueamento e se utilizaram como ferramenta enxada, pá e vanga. Essa escavação é feita acompanhando o alinhamento da alma do perfil que está em contato com o solo (lado de trás do perfil);

Posteriormente é iniciada a colocação do pré-moldado de concreto. Manualmente as placa são transportadas até o local por duas pessoas (cada placa pesa em torno de 70 a 85 Kg), onde é posicionada entre os perfis e apoiadas nas abas da frente, a colocação é feita uma de cada vez e o preenchimento de terra entre a placa e o solo escavado é feito com o próprio solo retirado, que é lançado com a utilização de uma pá. Esse solo é apicoado com um soquete manual para compactação, evitando-se que fiquem espaços vazios e solo desagregado entre as placas e o terreno. Ao término da compactação, a próxima placa é colocada e o processo é repetido sucessivamente (observe-se que, em alguns casos, é recomendada a utilização de solo-cimento para o preenchimento por de trás das placas, para haver maior resistência à compressão e, principalmente, por haver possibilidade de erosão desse material).

A colocação das placas é feita uma sobre a outra, conforme o processo descrito acima, completando-se sempre os trechos entre dois perfis, na altura do pé direito do pavimento correspondente. Em alguns trechos foi possível otimizar o serviço, pois não foi intercalada a abertura dos cachimbos (Foto 5), já que o solo apresentava condições estáveis e não havia vizinhos (apenas nos trechos onde havia muitas árvores próximas às escavações dos cachimbos a execução destes foi intercalada, por motivo de segurança).



Foto 5 – Trecho 3 já concluído a colocação das peças e início do trecho 1 com o acerto manual de terra.

Após a conclusão do plaqueamento de 47 trechos, foi lançado à armadura auxiliar, que consiste em barras de 10 mm lançadas a cada 20 cm na direção horizontal e o comprimento é a altura útil das placas mais 30 cm de transpasse nas partes superior e inferior do trecho (Foto 6), para servirem de espera para a laje na parte superior ou inferior do trecho plaqueado.

No local onde a laje encontra a cortina fica engastada é necessário deixar um espaço entre as placas, correspondente à espessura da laje, interrompendo, nesse local, a colocação dos pré-moldados.

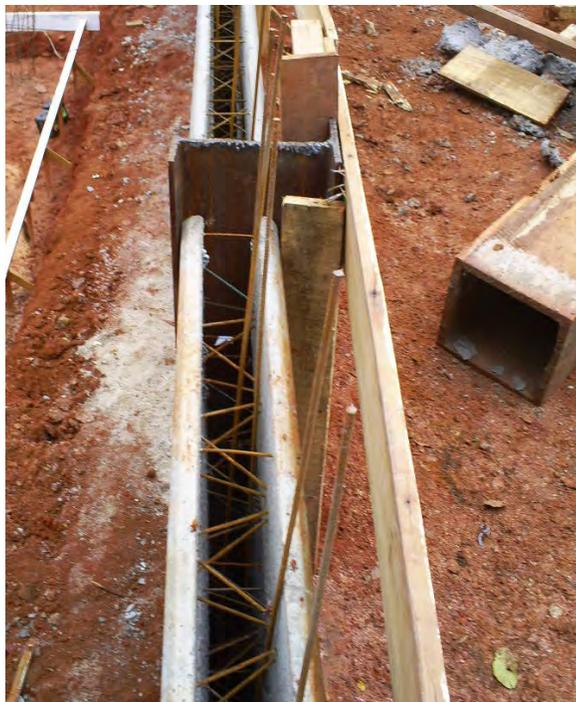


Foto 6 – Cortina pronta para a concretagem com os ferros verticais já colocados;

Posteriormente é feita a concretagem de preenchimento do pré-moldado duplo de concreto (Foto 7), com a utilização de concreto usinado bombeado, com fck 20 MPa, brita 0 e “slump” 20 +/- 2, sendo um concreto auto-adensável.



Foto 7 – Concretagem da cortina;

A principal vantagem desse sistema é a industrialização do processo através dos pré-moldados de concreto, pois torna a produção uma montagem da obra.

O aspecto final da cortina também foi considerado: a paginação das placas garante um excelente resultado estético, sendo desnecessária a execução de emboço, bastando apenas pintura como acabamento final; porém, para que haja qualidade no produto final, é fundamental que as placas estejam todas niveladas e que não sejam danificadas, durante os transportes e na colocação.

4.1.3 Condições do canteiro de obra

O recebimento dos materiais na fase de execução das cortinas com Pré-moldados, foi feita dentro do canteiro, pois havia condições de os caminhões entrarem na obra e descarregarem próximos do local de utilização dos materiais.

Para a execução desse sistema de contenção foram utilizados basicamente três materiais:

- a) placa pré-moldada de concreto;
- b) barra de aço de 10mm;
- c) concreto usinado bombeável;

Para se analisar o planejamento do canteiro de obras para o recebimento dos três materiais, alguns aspectos foram observados:

- a) placa pré-moldada de concreto – A entrega do material geralmente é feita com caminhão de carroceria aberta com dois eixos (Foto 8), transportando em média 60m²; o descarregamento é feito por dois serventes e o estoque ocupa um espaço no canteiro em média de 5,5 m², fazendo-se pilhas de 11 peças (Foto 9).



Foto 8 - Descarregamento manualmente.



Foto 9 - Local do material armazenado.

- b) barra de aço de 10mm – Ao considerar-se como parâmetro uma entrega de pré-moldados com 60m² por caminhão, são necessárias 30 barras de aço de 10 mm, para serem incorporadas na cortina como armação auxiliar, o que corresponde a 222 Kg sendo que para otimizar o serviço, o aço já pode ser entregue cortado, facilitando a entrega;
- c) concreto usinado bombeável – Para o preenchimento e aumento da resistência do pré-moldado é necessário executar a concretagem do vazio entre as placas e para isso, é utilizado concreto usinado bombeável. Por se tratar de um concreto com brita 0 e “slump” 20+/- 2 cm foi utilizado sempre bomba com mangote de 3 polegadas (Foto 10 e Foto 11), facilitando-se o manuseio e melhorando a produtividade;



Foto 10 - Concretagem com mangote de 3 polegadas.



Foto 11 - Lançamento do concreto com bomba lança.

Nesse sistema um fator que dever ser considerado como ponderante é a execução sem a utilização de madeira, pois o próprio pré-moldado serve de forma para a concretagem e a própria placa substitui a utilização das pranchas de madeira que são utilizadas no sistema tradicional, conseqüentemente reduzindo o volume de material no canteiro e o trabalho de recebimento e controle dos materiais.

Após a concretagem da laje do 1 subsolo, a retirada do talude é executada com a utilização de uma máquina pá-carregadeira de esteira (Foto 12), possibilitando o início do pranchamento do 2 subsolo (Foto 13).



Foto 12 - Escavação do talude remanescente no 2 subsolo.



Foto 13 - Escavação manual e plaqueamento no 2 subsolo.

4.1.4 Fluxograma de produção

Analisando o fluxograma de produção é possível verificar que, no sistema de pré-moldado, tem-se menos subsistemas envolvidos e, conseqüentemente, menos: fornecedor, material e mão-de-obra (Figura 7). Basicamente foram eliminados os seguintes subsistemas em relação ao sistema tradicional, conforme a seguir:

- a) prancha de madeira, que é substituída pela placa de pré-moldado de concreto;
- b) a própria placa dupla serve como forma para a concretagem da cortina, dessa forma elimina-se a utilização da forma de madeira e cimbramentos;
- c) a placa já tem a face plana e acabada, que dispensa a execução do chapisco e emboço em massa;

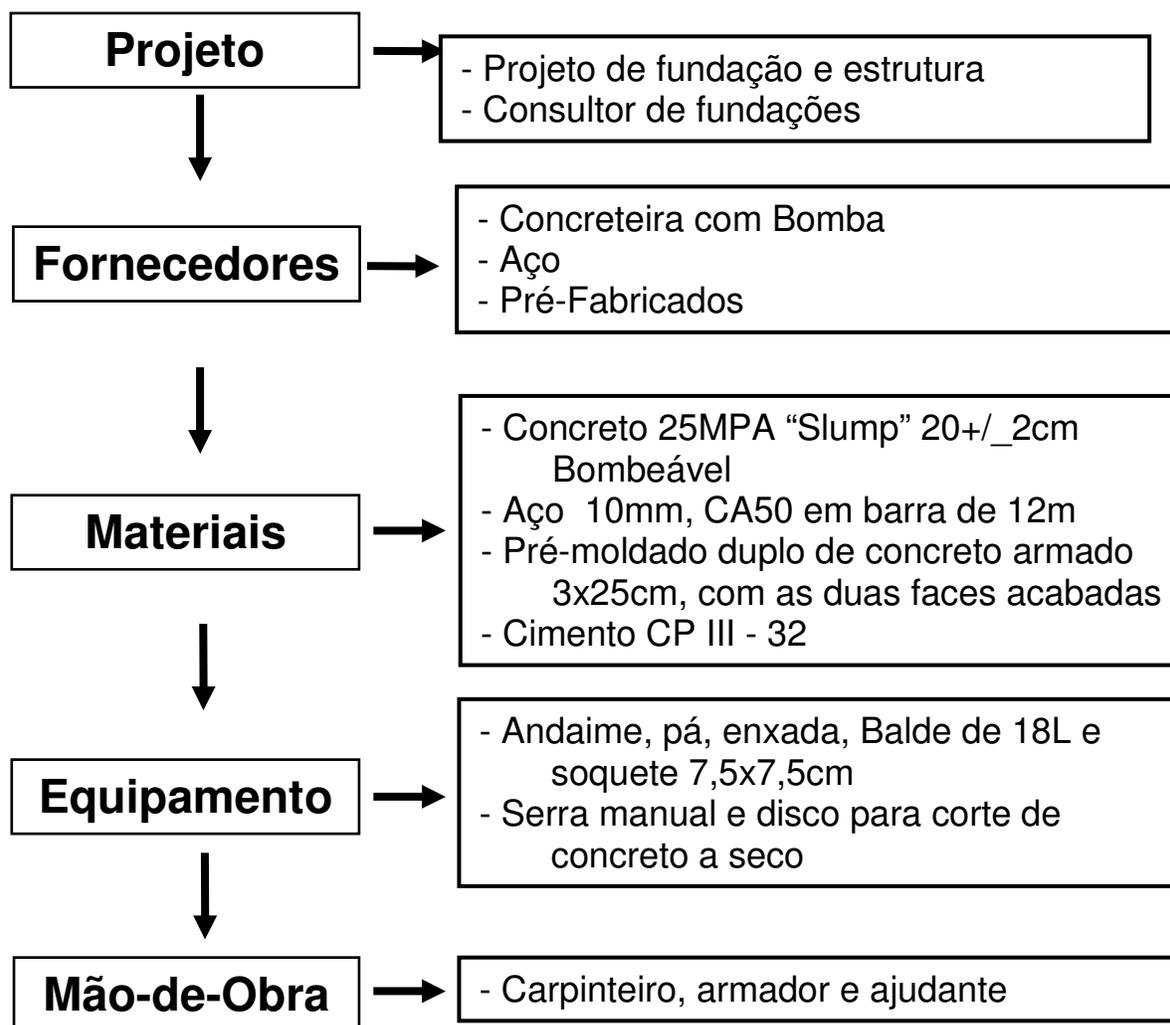


Figura 7 – Fluxograma de produção do sistema com pré-moldado.

4.1.5 Produtividade

A forma possível de se obter a produtividade dessa obra é pelo levantamento dos dados no Diário de Obra, pois a obra não realizou um acompanhamento de produtividade diária da execução das cortinas.

Dessa forma foram, obtidos os dados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados do Diário de obra em relação ao efetivo de mão-de-obra.

Data	Funcionários			OBS
	Encarregado	Oficial	Ajudante	
27/6/2006	1	2	1	-
28/6/2006	1	1	1	-
29/6/2006	1	2	1	-
30/6/2006	1	2	1	-
1/7/2006	1	1	1	-
3/7/2006	1	2	1	-
4/7/2006	1	1	1	-
5/7/2006	1	2	1	-
6/7/2006	1	2	1	-
7/7/2006	1	2	1	-
10/7/2006	1	1	1	-
11/7/2006	1	2	1	-
12/7/2006	1	2	1	-
13/7/2006	1	1	1	-
14/7/2006	1	2	1	-
17/7/2006	1	1	1	-
18/7/2006	1	2	1	-
19/7/2006	1	2	1	-
20/7/2006	1	1	-	não frente liberada
21/7/2006	1	1	-	não frente liberada
24/7/2006	1	1	-1	-
25/7/2006	1	1	1	-
26/7/2006	1	2	2	-
27/7/2006	1	2	1	-
28/7/2006	1	2	2	-
1/8/2006	1	2		-
-	-	-	-	-
23/11/2006	-	2	-	-
24/11/2006	-	2	1	-
27/11/2006	-	2	1	-
28/11/2006	-	2	1	-
29/11/2006	-	2	1	-
30/11/2006	-	2	1	-
1/12/2006	-	2	1	-

4/12/2006	-	2	1	-
5/12/2006	-	2	1	-
6/12/2006	-	2	1	Concretagem
-	-	-	-	-
13/12/2006	1	-	-	-
14/12/2006	1	-	-	-
8/1/2007	-	4	-	-
9/1/2007	-	1	1	-
10/1/2007	-	2	1	-
11/1/2007	-	2	1	-
12/1/2007	-	2	1	-
15/1/2007	-	2	1	-
16/1/2007	-	2	1	-
17/1/2007	-	2	2	Concretagem
-	-	-	-	-
23/3/2007	-	2	1	-
26/3/2007	-	2	1	-
27/3/2007	-	2	1	-
29/3/2007	-	2	1	-
30/3/2007	-	2	1	-
2/4/2007	-	2	1	-
3/4/2007	-	2	1	-
4/4/2007	-	2	1	-
5/4/2007	-	2	1	-
9/4/2007	-	1	1	-
10/4/2007	-	2	2	-
11/4/2007	-	3	2	-
12/4/2007	-	-	1	-
13/4/2007	-	-	1	-
23/4/2007	-	1	1	-
24/4/2007	-	1	1	-
25/4/2007	-	1	1	-
26/4/2007	-	1	1	-
14/5/2007	-	2	2	-
15/5/2007	-	2	2	-
16/5/2007	-	2	2	-
17/5/2007	-	2	1	-
18/5/2007	-	2	2	-
21/5/2007	-	2	2	-
22/5/2007	-	2	2	-
23/5/2007	-	2	4	Concretagem
--	-	-	-	-
14/6/2007	-	2	1	-
15/6/2007	-	2	1	-
18/6/2007	-	2	2	-
19/6/2007	-	2	2	-
20/6/2007	-	2	1	-
22/6/2007	-	2	1	-
25/6/2007	-	2	1	-

26/6/2007	-	1	1	-
29/6/2007	-	2	1	-
2/7/2007	-	1	1	-
3/7/2007	-	2	1	-
5/7/2007	-	1	3	Concretagem
-	-	-	-	-
13/8/2007	-	1	1	-
14/8/2007	-	1	1	-
17/8/2007	-	2	1	-
20/8/2007	-	2	2	-
21/8/2007	-	2	2	-
22/8/2007	-	2	2	-
23/8/2007	-	2	2	-
24/8/2007	-	1	2	-
27/8/2007	-	1	2	-
28/8/2007	-	1	2	-
29/8/2007	-	1	2	-
30/8/2007	-	1	2	-
3/9/2007	-	1	2	-
4/9/2007	-	2	2	-
5/9/2007	-	2	2	-
6/9/2007	-	2	2	Concretagem
26 dias	28	168	124	-

- **Oficial**

Tempo trabalhado 168H x 8h = 1344 Hh

Produção = 1.150,66m²

A equação (1) apresenta a RUP dos oficiais.

- $RUP \text{ cum.} = 1344 \text{ Hh} / 1.150,66\text{m}^2$ (1)
- **RUP cum. = 1,17 Hh/m²**

A Razão Unitária de Produção (RUP) obtida é para o ciclo completo (escavação manual para preparar o talude, colocação do pré-moldado, compactação do solo, colocação da armadura e a concretagem), nos três subsolos.

Com os resultados obtidos com esse sistema pode-se observar que a demanda de mão-de-obra no canteiro é baixa, sendo favorável a alguns itens importantes avaliados nesse trabalho. Por exemplo, tem-se: a racionalização do sistema devido a sua facilidade de montagem na obra e o maior nível de

industrialização se comparado com o sistema tradicional, além de ser uma opção favorável de utilização quando se busca uma alternativa para a atual escassez de mão-de-obra, como carpinteiros e armadores.

4.1.6 Custos

Os valores levantados para se analisarem os custos foram obtidos através dos custos unitários de contrato fechado com os fornecedores, conforme mostradas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Custo total com a cravação do perfil mais o pré-moldado concretado:

Itens	Unid.	Quant.	Valor unit.	sub-total
Perfil metálico (com 2,5m e comp. 12m)	unid.	70	2.561,28	179.289,60
Pré-moldado (material) – perda de 4%	m ²	1.196,70	46,00	55.048,20
Pré-moldado (mão-de-obra)	m ²	1.150,66	39,00	44.875,74
Concreto 20MPa – “Slump” 20 +/- 2 cm Bombeável - perda de 4%	m ³	83,76	181,83	15.230,08
Aço com diâmetro de 10mm	Kg	4.717,70	2,80	13.209,68
TOTAL PARA 1.150,66m² EXECUTADOS				307.653,30

Base: agosto/2006 (obra: La Dolce Vita Aclimação / Construto)

Tabela 3 - Custo só do pré-moldado concretado (Mat. + M.O.):

Itens	Unid.	Quant.	Valor unit.	sub-total
Pré-moldado 25x250cm (material)	m ²	1.196,70	46,00	55.048,20
Pré-moldado (mão de obra)	m ²	1.150,66	39,00	44.875,74
Concreto 20MPa – “Slump” 20 +/- 2 cm Bombeável	m ³	83,76	181,83	15.230,08
Aço com diâmetro de 10mm	Kg	4.717,70	2,80	13.209,68
TOTAL PARA 1.150,66m² EXECUTADOS				128.363,70

Base: agosto/2006 (obra: La Dolce Vita Aclimação / Constr

Tabela 4 - Resumo dos custos:

Custo por m² (perfil + pré moldado)	R\$267,37
Custo por m² do sistema com Pré-moldado de concreto	R\$111,55

Base: agosto/2006 (obra: La Dolce Vita Aclimação / Construtora: Plano & Plano)

4.1.7 Vantagens

Este autor considerou existentes as seguintes vantagens:

- a) alta produtividade;
- b) redução de serviços durante as etapas construtivas;
- c) não precisa forma de madeira e escoramentos para a concretagem;
- d) dispensa a execução de revestimentos para acabamento final (chapisco industrializado + emboço em massa);
- e) industrialização do sistema;

4.1.8 Desvantagens

Analogamente, detectou-se a restrição a empuxos muito elevados, como sendo uma desvantagem.

4.2 Estudo de caso em uma obra com o sistema Tradicional

O sistema Tradicional com prancheamento em madeira e concretagem *in loco* analisado nesse estudo de caso é referente à obra de um edifício residencial em São Paulo (Figura 8), sita à Rua Inhambu, esquina com a Rua Inajaroba, no bairro Vila Nova Conceição.

A construtora é a Plano & Plano Construções e Empreendimentos Ltda, o projeto de fundações é da empresa Nelson Godoy Engenharia de Fundações S/C Ltda e projeto de estrutura da empresa Estecal-Esc.Tec.Yasuo Yamamoto S/C Ltda.

A construção está sendo realizada em um terreno com área de 1256 m² e a projeção dos subsolos é de 956 m². Nessa obra em particular a escavação em dois lados ocorre na divisa do terreno e, em dois lados, a escavação tem recuo de 5 metro da divisa nas laterais das ruas. Na divisa com os vizinhos, há alguns



Figura 8 - Ilustração de lançamento do empreendimento.

trechos em que não haverá a necessidade de executar nenhum tipo de contenção, pois as construções vizinhas já escavaram os seus subsolos e haviam feito as contenções necessárias.

O empreendimento contém de três subsolos, com área de garagem de 2.268m².

4.2.1 Etapas de produção

O levantamento das áreas de contenção foi dividido em três trechos, para possibilitar o levantamento de dados para análise da contenção executada.

Nos trechos onde não foram cravados os perfis, a cota de nível do vizinho está abaixo da escavação da obra, pois já foi feita a construção anterior em dois vizinhos.

Na Figura 9 está em destaque os Três trechos de contenção que foram definidos para o levantamento dos dados.

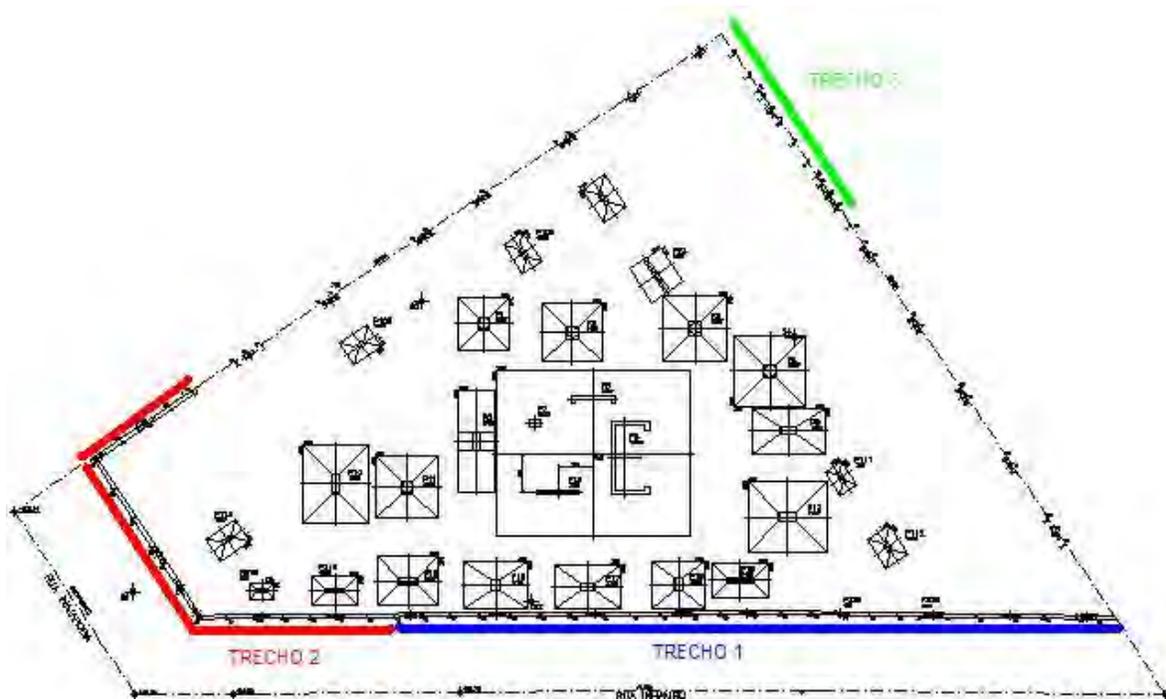


Figura 9 – Planta de fundações onde estão em destaque as cortinas executadas.

Descreve-se a seguir, tais trechos:

- a) **Trecho 1** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 1,58m)
13 módulos com H=3,0m e comp.=20,50m – Área=65,01m²
- b) **trecho 2** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 1,00 à 1,85m)
15 módulos com H=3,0m e comp.=24,00m – Área=72,00m²
- c) **trecho 3** - Nível do 1º SS (espaçamento entre perfis de 1,10 à 1,40m)
11 módulos – Nesse trecho o vizinho está no mesmo nível
- d) **Trecho 1** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 1,58m)
13 módulos com H=2,8m e comp.= 20,50m – Área=57,4m²
- e) **trecho 2** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 1,00 à 1,85m)
15 módulos com H=2,8m e comp.=24,00m – Área=67,00m²
- f) **trecho 3** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 1,10 à 1,40m)
11 módulos com H=2,8m e comp.=12,00m – Área=33,60m²
- g) **Trecho 1** - Nível do 2º SS (espaçamento entre perfis de 1,58m)
13 módulos com H=2,8m e comp.= 20,50m – Área=57,40m²

- h) **trecho 2** - Nível do 3º SS (espaçamento entre perfis de 1,00 à 1,85m)
15 módulos com H=2,8m e comp.=24,00m – Área=67,00m²
- i) **trecho 3** - Nível do 3º SS (espaçamento entre perfis de 1,10 à 1,40m)
11 módulos com H=2,8m e comp.=12,00m – Área=33,60m²

ÁREA TOTAL DE CORTINA = 449,5 m²

4.2.2 Método construtivo

A obra foi iniciada com a cravação dos perfis em aço “I” de 10” e 12”, com a utilização de um bate estaca. A cravação foi feita na cota do térreo e a profundidade em média foi de 12 m, nos trechos onde há dois subsolos, e 18 m onde há três subsolos. Nessas condições as fichas de cravação foram respectivamente de 6 e 9 metros.

Em seguida foi feita a escavação até o nível do primeiro subsolo. Diferentemente do primeiro estudo de caso, nessa obra foram executados tirantes como forma de ancoragem da cortina, pois a necessidade de escavar alguns blocos de fundação rente à cortina exigiu a retirada de toda a terra, impossibilitando deixo-se o talude como forma de travamento, o que para este estudo, não irá interferir nos resultados.

Alternadamente, a escavação entre os perfis foi feita para execução do pranchamento em madeira em forma de cachimbo.

A etapa de colocação das pranchas consistiu em:

- a) escavar manualmente o solo entre os perfis, avançando em torno de 10 cm além do fundo do perfil;
- b) cortar a prancha de madeira com a medida de eixo a eixo dos perfis;
- c) posicionar a prancha por de trás do perfil e preencher o vazio entre o solo escavado e as prancha de madeira com solo cimento ou pasta de cimento, conforme as condições do solo nos trechos escavados e colocando uma pranchas de cada vez (Foto 14);



Foto 14 – Em destaque a prancha de madeira com 4 m e a preparação da pasta de cimento.

Esse serviço foi executado pela mesma equipe de carpinteiros e ajudantes que executou os blocos de fundação e a estrutura do prédio.

Em seguida foi executada uma linha de tirantes (Foto 15), para ancoragem da cortina e, posteriormente, a escavação foi executada até o 2º subsolo



Foto 15 - Atirantamento da cortina com as pranchas de madeira já colocadas.

rente aos perfis, possibilitando executar a repetição do processo de pranchamento para o 2° subsolo. Nos trechos onde há 3 subsolos houve a possibilidade de deixar um talude de travamento do perfis, onde foi feito o pranchamento posterior ao travamento da cortina com a concretagem da laje.

Juntamente com a execução da estrutura do prédio, a cortina é preparada para receber o preenchimento do vazio entre os perfis com concreto armado, conforme a seguinte seqüência:

- a) lançar a armadura entre os perfis (taxa de armadura cde 85 kg/m³);
- b) soldar os ganchos no perfil para possibilitar o travamento da forma;
- c) executar a forma em madeira para fechar a parte da frente dos perfis, escorar e travar devidamente com o auxílio dos ganchos soldados nos perfis;
- d) lançar o concreto bambeável, fck 35 MPa, brita 1-2 e “slump” 10+/- 1 (sendo a concretagem junto com a laje que irá incorporar a cortina);
- e) remover os escoramentos, deformar a cortina e remover os ganchos soldados nos perfis;

Na Foto 16 é possível observar a cortina após a desforma com os ganchos ainda soldados nos perfis.

Foi necessário executar a concretagem da cortina conforme os trechos de concretagem da laje; para isso, o volume de forma de madeira para execução da laje ou da cortina pode variar conforme o trecho, havendo um custo variável.



Foto 16 - Trecho já concretado e ainda com os gancho soldados nos perfis.

Podendo haver um alto custo quando não há aproveitamento da forma que foi utilizada na periferia.

4.2.3 Condições do canteiro de obra

O recebimento e descarregamento dos materiais, na fase de execução das cortinas com prancheamento em madeira, foram feitos na rua fora do canteiro, sendo o transporte horizontal feito manualmente.

Para a execução desse sistema de contenção foram utilizados, basicamente, cinco materiais:

- a) Prancha de madeira com espessura de 4cm e comprimento de 4m;
- b) Aço cortado e dobrado;

- c) Forma de madeira em chapa plastificada de 18 mm de espessura;
- d) Cimbramento metálico para travamento da forma;
- e) Concreto usinado bombeável;

Para se analisar o planejamento do canteiro de obras para o recebimento dos três materiais, alguns dados foram observados:

- a) Prancha de madeira – A entrega foi feita em 3 etapas, pois não havia área de estocagem, tendo que haver entregas conforme o cronograma de execução. Nessa fase de prancheamento o sistema tradicional apresenta uma vantagem em relação ao outro sistema, pois o volume de estocagem por metro quadrado é 50% menor e é um material mais leve (Foto 17), o que facilita o seu transporte interno caso haja necessidade de alterar o local de estocagem no canteiro devido as escavações que ocorrem em conjunto com a contenção.



Foto 17 - Estocagem das pranchas de madeira.

Considerando os aspectos ambientais e os relativos à racionalização, há o desperdício de todas as pranchas utilizadas, pois a madeira instalada na

cortina é provisória, até que seja feita a concretagem. Nessa obra o volume total de pranchas de madeira utilizado considerando a perda de corte, foi de **19,06 m³** e que não tem condições de ser reutilizado.

- b) aço – Toda a armadura é entregue cortada e dobrada. Comparando com o 1º estudo de caso, na produção de 60m² de cortina será necessária a utilização de 765 Kg de aço considerando a espessura da cortina de 15 cm e taxa de armadura correspondente a 85 Kg/m³. É um ponto negativo em relação ao outro sistema, pois eleva o volume e peso de material recebido na obra, influenciando no recebimento, no transporte e na estocagem;
- c) forma e cimbramento - A quantidade de forma e cimbramento é proporcional à produção da cortina, pois o volume de forma tem que ser suficiente para fechar todos os trechos entre perfis onde a concretagem da laje for apoiada na cortina. No outro subsistema esses materiais são desnecessários, sendo uma desvantagem do sistema tradicional;
- d) concreto usinado bombeável – A concretagem da cortina ocorre, na sua maioria, junto com a estrutura do prédio ou da periferia (Foto 18), utilizando o mesmo concreto e a mesma mão-de-obra. O concreto é usinado bombeável 35 MPa, brita 1-2 e “slump” 10+/-1;



Foto 18 - Concretagem da cortina junto com a laje da periferia.

4.2.4 Fluxograma de produção

Basicamente há três etapas no fluxograma de produção do sistema tradicional (Figura 10), que diferem do outro sistema:

- a) os processos relacionados ao pranchamento de madeira, que é utilizado só nesse sistema;
- b) execução da forma e cimbramento para a concretagem moldada *in loco* da cortina;
- c) o revestimento com emboço de massa para acabamento das cortinas;

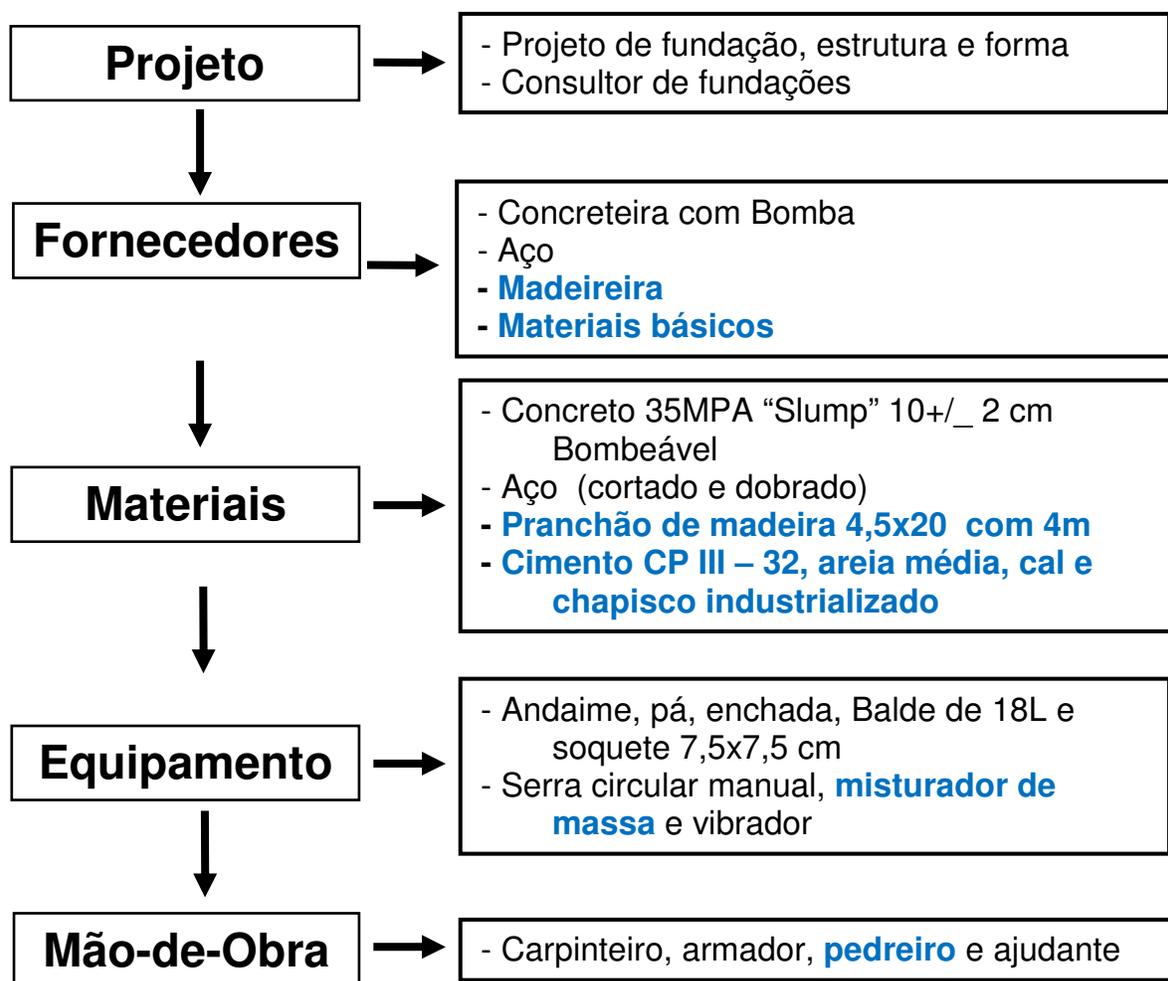


Figura 10 - Fluxograma de produção do sistema Tradicional.

OBS: Os itens em destaque só são utilizados no sistema tradicional; os demais são necessários também no sistema com pré-moldado em concreto.

4.2.5 Produtividade

A análise da produtividade desse sistema na obra está dividida em duas partes:

- a) o pranchamento de madeira e a estrutura de concreto;
- b) a etapa da concretagem da cortina feita, junto com a estrutura da laje do prédio, impossibilitando a coleta de dados a partir do Diário de Obra, pois

não foram apontados os efetivos e períodos, em separado, da cortina e da estrutura do prédio;

Dessa forma, o pranchamento de madeira terá o seu levantamento feito através dos dados coletados no Diário de Obra, da mesma forma que a realizada no primeiro estudo de caso, e a estrutura da cortina terá a análise feita com os dados da produtividade por metro cúbico da estrutura.

Tabela 5 - Dados do Diário de obra em relação ao efetivo de mão-de-obra.

Data	Funcionários			OBS
	Encarregado	Oficial	Ajudante	
10/4/2007	1	3	2	-
11/4/2007	1	3	2	-
12/4/2007	1	3	2	-
13/4/2007	1	3	2	-
16/4/2007	1	3	1	-
17/4/2007	1	3	1	-
18/4/2007	1	3	2	-
19/4/2007	1	3	2	-
20/4/2007	1	3	2	-
23/4/2007	1	3	2	-
17/5/2007	1	4	2	-
18/5/2007	1	4	2	-
21/5/2007	1	2	1	Faltou material
22/5/2007	1	4	2	-
23/5/2007	1	3	2	-
24/5/2007	1	3	2	-
25/5/2007	1	3	2	-
28/4/2007	1	3	2	-
29/5/2007	1	3	2	-
18 dias	18	57	34	-

OBS: Para o cálculo da RUP, o dia em que faltou material será desconsiderado.

O efetivo apontado na Tabela 5 é referente apenas ao serviço de colocação das pranchas de madeira e compactação do solo por trás da contenção (com solo cimento ou pasta de cimento).

O calculo da Razão Unitária de Produção (RUP) será feito apenas para a mão-de-obra dos oficiais (carpintaria, armadores e pedreiros), responsável pela colocação das pranchas de madeira. Em relação à execução da estrutura e o

emboço, a análise será feita através de dados coletados no TCPO, pois a obra não realizou um controle de produtividade, impossibilitando a sua coleta e análise de produção. Os resultados encontrados são apresentados a seguir:

- a) execução da escavação manual e pranchamento

Tempo trabalhado: 57H x 8h = 456 Hh (oficial)

Produção = 449,5m²

A equação (2) apresenta a RUP cumulado da execução da escavação manual e pranchamento.

RUP cum. = 456 Hh / 449,5 m² (2)

RUP cum. = 1,01 Hh/m²

- b) execução da estrutura em concreto armado e = 15cm (índice estimado)

RUP cum.=0,84 Hh/m² (armador)

RUP cum.=1,35 Hh/m² (carpinteiro)

Dados obtidos no TCPO de 01/07/95 – item: 94.05.05.18;

- c) execução de chapisco + massa única (índice estimado)

RUP cum.=0,15 Hh/m² (Pedreiro – chapisco)

RUP cum.=0,7 Hh/m² (Pedreiro - emboço)

Dados obtidos no TCPO de 01/07/95 – item: 94.14.01.02 e 94.14.02.02;

Portanto a somatória das RUP cum. total = 4,05 Hh/m²

OBS: Considerou-se a RUP para execução da estrutura em concreto da cortina semelhante à RUP de uma estrutura de concreto armado reticulado.

4.2.6 Custos

Os valores levantados para analisarem os custos foram obtidos através dos custos unitários de contrato fechado com os fornecedores.

Segue a Tabela 6 com todos os custos desse sistema:

Tabela 6- Custo do pranchamento de madeira + concretagem + emboço de massa (Mat. + M.O.):

Itens	Unid.	Quant.	Valor unit.	sub-total
Prancha de madeira 4,5x20 cm com 4m de comprimento (material) - perda de 6%	M ²	476,47	21,50	10.244,10
Prancheamento de madeira (mão-de-obra)	M ²	449,50	11,12	4.988,44
Concreto 35MPa – “Slump” 12 +/- 2 cm convencional espessura 15cm - perda de 4%	M ³	67,42	172,00	11.597,10
Estrutura (mão-de-obra)	M ³	67,42	240,00	16.180,80
Forma de madeira e cimbramento (considerando o reaproveitamento de 60 m ² de forma)	M ²	449,50	16,25	7.304,37
Armação da cortina – taxa de 85 kg/m ³	Kg	5.731,12	2,80	16.047,15
Chapisco e massa única (material + mão-de-obra)	M ²	449,50	19,50	8.765,25
TOTAL PARA 449,5 m² EXECUTADO				75.127,87
Custo por m² do sistema TRADICIONAL		SEM EMBOÇO		R\$ 147,63
Custo por m² do sistema TRADICIONAL		COM EMBOÇO		R\$ 167,13

Nesse sistema há necessidade de executar o emboço de massa única para dar acabamento na cortina, acarretando um custo a mais em relação ao sistema de pré-moldado de concreto, que já tem a superfície acabada, pronta para receber a pintura final.

Na Foto 10.6.a, pode ser observada a cortina antes do revestimento e na Foto 10.6.b, o emboço de massa já está executado, pronto para receber a pintura.



Foto 19 – Cortina concretada.



Foto 20 – Cortina com emboço, pronto para pintura.

4.2.7 Vantagem

Este autor considerou existentes as seguintes vantagens:

- a) possibilidade de concretar a cortina junto com a laje do trecho pranchado;
- b) as pranchas são leves e fáceis de instalar;
- c) quando são utilizados tirantes, é possível dispensar o uso de vigas de reforço;

4.2.8 Desvantagens

Analogamente, detectou-se a seguinte desvantagem:

- a) espaço limitado entre perfis;
- b) as pranchas de madeira ficam perdidas em contato com o solo, o que possibilita o surgimento de pragas e cupins – tendo-se problemas ambientais futuros;
- c) a concretagem *in loco* da cortina requer forma e escoramento;
- d) necessita de execução de revestimento para acabamento final (chapisco industrializado + emboço em massa);

5 COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE CONTENÇÃO E PREPOSIÇÃO DE FERRAMANTAS PARA AVALIAÇÃO

De forma a criar uma ferramenta prática e objetiva, foi utilizada a experiência do autor e de outros profissionais da área, na elaboração de uma tabela de aspectos e pesos de avaliação (Tabela 7), de tal forma que, objetivamente, gere-se um caminho para balizar a escolha do sistema de contenção de uma obra.

Essa tabela consiste em descrever todos os aspectos que são na opinião do autor, primordiais para a avaliação de cada sistema e, para cada um é dado um peso de importância, em função de cada obra onde possam ser, utilizados, que será confrontada com as notas dadas para cada aspecto com base nos resultados dessa monografia.

O resultado da tabela e as informações contidas no trabalho irão munir o gestor de informações que, acredita-se, aprimorar o processo de definição do sistema de contenção que se adeque ao escopo e as premissas da obra; na fase de concepção dos projetos.

5.1 Utilização da tabela

Os pesos estabelecidos para os dois sistemas foram dados a partir dos resultados obtidos através da avaliação dos resultados obtidos nos Estudos de Caso, além dos conhecimentos do autor do trabalho e profissionais entrevistados.

Em cada aspecto foi analisado qual sistema (tradicional ou pré-moldado), apresentou o melhor resultado e atribuiu a sua nota. Em outras palavras, o sistema que apresentou resultado menos satisfatório teve a sua nota minorada.

Tabela 7 – Escolha de um sistema, através da análise dos Aspectos x Peso.

ITEM	ASPECTOS	PESO	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA PRÉ-MOLDADO
1	Demanda de mão-de-obra		5	8
2	Questão ambiental		2	8
3	Industrialização do sistema		3	8
4	Espaço em canteiro		6	8
5	Produção		4	9
6	Custo		8	10
7	Prazo		8	10
8	Domínio das técnicas construtivas		9	8
9	Disponibilidade de recursos		10	9
10	Qualidade do acabamento final		9	8
	TOTAL		64	86

O gestor que utilizar a tabela deverá trilhar os seguintes passos:

- a) entender onde será necessário a contenção;
- b) analisar as diretrizes e escopos exigidos pelo empreendimento (prazos, especificações de acabamento, disponibilidade de mão-de-obra e materiais na região de uma obra);
- c) verificar se todos os aspectos serão avaliados (caso algum não seja avaliado, deverá ser excluído a linha correspondente na tabela);
- d) atribuir pesos aos itens com valores de 0 a 10 conforme a importância dada para cada aspecto;
- e) calcular a nota ponderada de cada solução;
- f) a solução mais compatível com os aspectos considerados pertinentes é a que resultar na menor nota obtida do peso atribuído;

5.2 Aplicação da tabela em uma obra

A ferramenta foi utilizada pelo Engenheiro Jason George Ma, Gerente de Planejamentos e Custos da construtora Plano & Plano Participações e Empreendimentos Ltda.

A obra de referência foi a obra Fatto São Caetano, sita à Rua Amadeu Vezzara, 130 – Jardim São Caetano em São Caetano do Sul, serão construídas 3 torres residências de 18 andares, em um terreno de 6.029 m².

O empreendimento está em estágio de lançamento de vendas e os projetos estão em fase pré-executiva.

Serão cravadas 159 estacas em perfis metálicos, que totalizarão 1.124,10 m² de cortina para contenção do solo, para um subsolo com altura de 3,50 m. A contenção será feita em todo o perímetro do terreno, como se pode observar na Figura 11.

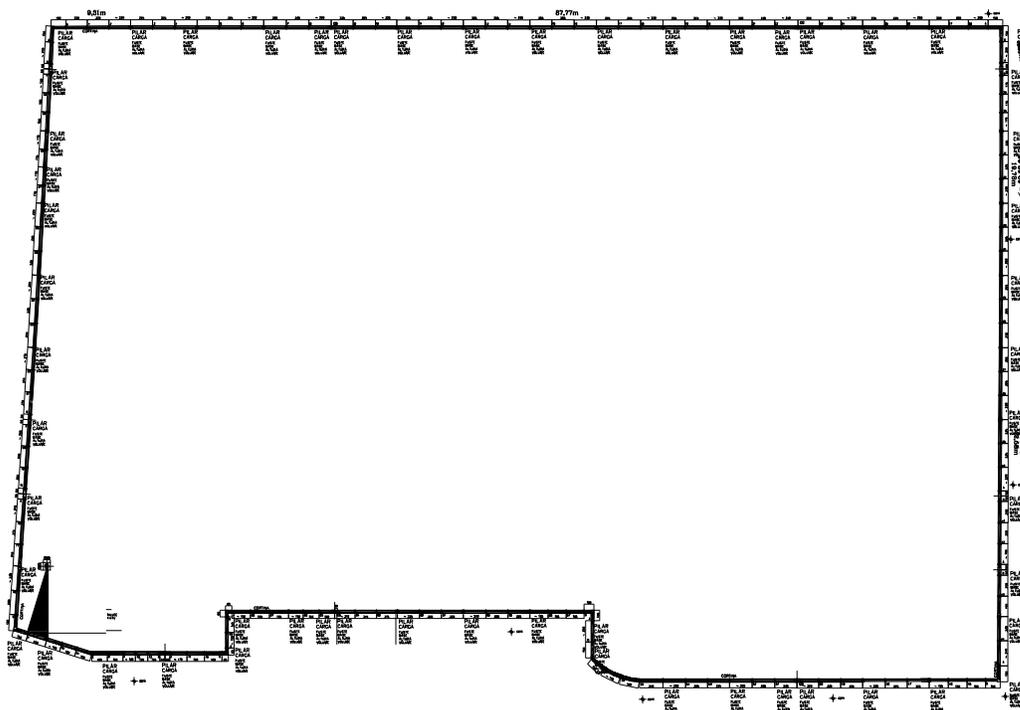


Figura 11 – Planta de fundações com o perímetro de cravação das estaca.

Conforme as orientações contidas no item 5.1, a planilha foi preenchida com base nas premissas e escopos da construtora em relação a obra em questão.

Os resultados obtidos estão na Tabela 8, mostrada a seguir:

Tabela 8 – Aplicação prática da planilha - Aspectos x Peso.

ITEM	ASPECTOS	PESO	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA PRÉ-MOLDADO	MÉDIA PONDERADA	
					TRADICIONAL	PRÉ-MOLDADO
1	Demanda de mão-de-obra	8	5	8	40	64
2	Questão ambiental	2	2	8	4	16
3	Industrialização do sistema	6	3	8	18	48
4	Espaço em canteiro	4	6	8	24	32
5	Produção	10	4	9	40	90
6	Custo	10	8	10	80	100
7	Prazo	10	8	10	80	100
8	Domínio das técnicas construtivas	5	9	8	45	40
9	Disponibilidade de recursos	8	10	9	80	72
10	Qualidade do acabamento final	7	9	8	63	56
	TOTAL				474	618
	TOTAL / 100				4,74	6,18

OBS.: MÉDIA PONDERADA = PESO x NOTA DO SISTEMA

Como pode ser observada, a solução com Pré-moldado teve um desempenho bastante superior com a nota 6,18 contra 4,74.

Portanto, será esta a solução indicada para a obra.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando avaliar os resultados obtidos após os Estudos de Caso e revisões bibliográficas, a Tabela 9, apresenta a comparação dos resultados. Foram reunidas as avaliações dos aspectos considerados relevante nesta tomada de decisões.

Tabela 9 - Avaliação de resultados para 1 m² de contenção

Material ou Serviços	Unidade	Sistema		Diferença %
		Tradicional	Pré-moldado de concreto	
Consumo de madeira	m ³	0,09	0	
Consumo de aço	Kg	12,75	4,01	317%
Consumo de concreto	m ³	0,15	0,07	214%
Custo s/ emboço	R\$	147,63	111,55	132%
Custo c/ emboço	R\$	167,13	111,55	149%
Produtividade	Hh	4,054	1,17	347%
Resíduos gerados	m ³ /m ²	0,09	0,035	257%
Número de subsistemas Envolvidos na produção	unidade	4	2	200%

O sistema com Pré-moldado de concreto apresentou uma RUP muito inferior (1.17 Hh/m²), quando comparado com o sistema Tradicional (4,01 Hh/m²), o que desencadeia um processo de otimização em diversas etapas de produção, desde a compra de materiais por um setor de compras até a entrega do produto final. Esse fato é decorrente do nível de industrialização e do conceito de montagem na obra do pré-moldado.

Em relação à questão ambiental e à sustentabilidade da construção civil, o sistema Tradicional tem muitas desvantagens, pois gera um volume elevado de resíduos, além de manter todas as pranchas de madeiras perdidas na cortina, até que haja a sua decomposição, acarretando o surgimento de pragas e possível recalque do terreno vizinho devido ao vazio que fica entre a cortina e o solo.

Um fator que ainda influencia na utilização do sistema com Pré-moldado é a questão cultural, pois alguns profissionais e empresas construtoras ou de projeto, resistem em quebrar paradigmas e adotam o sistema Tradicional pela questão de conservadorismo. Porém, esse fator está diminuindo a cada dia, tomando como

referência o depoimento do calculista de estrutura e o consultor de fundações da obra analisada no primeiro Estudo de Caso. Ainda assim no segundo Estudo de Caso o consultor de fundações restringiu a utilização do Pré-moldado de concreto, pois argumentou que as placas não têm o recobrimento suficiente da armadura, conforme a Norma de concreto armado e, também, que nunca tinha executado uma obra anteriormente com esse sistema; descartou-se a sua utilização, apesar da construtora ser favorável e ter utilizado em várias obras o sistema com Pré-moldado de concreto.

Já o calculista da obra do primeiro Estudo de Caso concorda que a questão do recobrimento deve ser discutida, porém a Norma estabelece um espaçamento de armadura mínimo para estruturas moldadas *in loco* onde a qualidade e o controle são mais vulneráveis a erros diferentemente de uma peça Pré-moldada, que é feita em uma indústria com formas metálicas, mesa vibratória e colocação de espaçadores, que, avalia ele, é um processo eficaz onde se garante estar dentro da margem de segurança para as peças Pré-moldadas de concreto.

É pertinente a sugestão de haver continuidade no desenvolvimento desse tema, focando na necessidade de adequação do recobrimento da armadura nas placas de pré-moldados, cabendo verificar o possível aumento na espessura da placa para adequação quanto ao recobrimento e, posteriormente, avaliarem-se as conseqüências ocasionadas em relação aos seguintes aspectos: custos, produtividade e viabilidade de execução, devido o aumento de peso das placas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BARROS, M. M. B. – **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, S.P.

AMORIN, S. L. – Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores, 1996. Gestão & Produção, São Carlos.

CARDOSO, F. F. – **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França – parte 1**, 1996. Estudos econômicos da construção, São Paulo.

CARDOSO, F. F. – **Novos enfoques de gestão na produção, como melhorar o desenvolvimento das empresas de construção civil**, 1993. Encontro nacional de tecnologia do ambiente construindo, avanços em tecnologia e gestão da produção de edifícios, São Paulo: USP/ANTAC.

FARAH, M.F.S. – **Tecnologia processo de trabalho e construção habitacional**, 1992. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo.

SABBATINI, F. H. - **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - São Paulo.

TRIGO, J.A.T. - **Tecnologias da construção de habitação. Revista Técnica**, 1978. v.39, n.448, p.53, mar. 1978. Separata.

FRANCO, L. S.- **Racionalização construtiva, inovação tecnológica e pesquisas**, 1996. Curso de Formação em Mutirão EPUSP, São Paulo.

8 BIBLIOGRAFIA

FUNDAÇÕES – **Teoria e Prática**; 1998 2ª edição; ed. PINI - Rio de Janeiro.

FUNDAÇÕES – **Critério de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundação Superficiais**; 2ª edição; 1997 – COPPE – UFRJ.

NBR 5629/77 – **Estruturas ancoradas no terreno – Ancoragens injetadas** ;
ABNT, 1977

MOLITERNO, Antonio – **Caderno de muros de arrimo**; Ed. Edgard Blücher;
São Paulo.

TÉCHNE 83 – **Como Construir**; Fev./2004; págs: 78 e 79 – artigo em
revista Acesso: www.geodactha.com.br/arquivos/comoconstruir.pdf

SHIMIZU, Júlio – **Sistema de contenções**; Departamento de Engenharia de
Construção Civil - USP, Fev./ 2002

BARROS, M. M. B. – **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**, 1996. Tese (Doutorado) –
Escola Politécnica Universidade de São Paulo, S.P.