

A PROTENSÃO EM EDIFÍCIOS SEM VIGAS.

NOVAS TÉCNICAS AUMENTAM A QUALIDADE E REDUZEM O CUSTO TOTAL DO EDIFÍCIO

EUGENIO LUIZ CAUDURO - Cia. Siderúrgica Belgo - Mineira.

AIRTON JERRY HOLTZ LEME - Sistêmica Engenharia e Consultoria. Ltda

Resumo

Diversos métodos de cálculo estrutural e processos executivos foram desenvolvidos nas últimas décadas, mas apesar disso o que prevalece no mercado de edifícios residenciais, por efeito cultural, são estruturas formadas por vigas e lajes .

A busca por estruturas racionais e de rápida e fácil execução, conclui sempre pelo emprego de lajes planas sem vigas. Tentativas de utilização de lajes planas em concreto armado tiveram sucesso comprometido por diversos problemas, e a protensão aderente conseguiu emprego praticamente só nos edifícios comerciais de grandes vãos.

Para possibilitar a introdução da utilização da cordoalha engraxada e plastificada para a protensão, foram feitas diversas visitas a obras, escritórios de cálculo, fornecedores e empresas de protensão nos Estados Unidos.

Graças a essas visitas houve um despertar de empreendedores e projetistas estruturais para a utilização da protensão onde antes não era imaginada, e o resultado disso é a presença atual de edifícios residenciais sem vigas em diversos pontos do país, surgimentos de novas empresas de protensão, novos fornecedores de acessórios e macacos modernos presentes no mercado, vislumbrando as novas oportunidades.

O objetivo desse trabalho é sintetizar a nova maneira que encontramos para a execução dos edifícios altos, com a utilização da cordoalha engraxada na execução de lajes planas, tirando partido de todas as vantagens delas decorrentes, para se conseguir grandes reduções de custos.

A PROTENSÃO NAS LAJES SEM VIGAS DOS EDIFÍCIOS

A laje plana sem vigas de concreto armado (laje cogumelo) foi bastante utilizada no Brasil nas últimas décadas devido às inúmeras vantagens que se visualizavam. Com a utilização das lajes em condições de serviço, apareceram problemas graves nas alvenarias, provenientes das deformações que essas lajes de grande espessura apresentavam.

A protensão com aderência

posteriormente desenvolvida apresentou-se com a ferramenta para compensar e praticamente eliminar as deformações tão indesejadas. Como vantagem adicional, a protensão possibilitou o aumento do tamanho dos vãos, embora com espessuras de laje acima de 16 cm, devido as dimensões das bainhas metálicas, tendo fixado sua utilização mais conveniente para os edifícios comerciais, que exigiam poucos pilares.



Exemplos de cordoalhas em uma laje

A protensão não aderente através da cordoalha engraxada e plastificada (técnica utilizada há mais de 30 anos no Estados Unidos porém só disponível no Brasil a partir de março de 1997) apresenta-se como nova solução tecnológica para as lajes planas, agora também dos edifícios residenciais.

Essa nova tecnologia, além de minimizar as deformações das lajes, trouxe uma série de vantagens executivas que

fazem com que possam ser utilizadas até em edifícios de vãos muito pequeno e de baixo custo, por exemplo apartamento populares de um dormitório:

- Lajes mais delgadas, pois devido à pequena dimensão da bainha plástica (15 mm) aumenta-se o braço de alavanca da protensão.
- Como as cordoalhas têm bainhas plásticas individuais, elas podem espalhar-se na laje também em

- movimentos horizontais, possibilitando que as cordoalhas passem através de diversos pilares mesmo que sejam desalinhados entre si, além de facilitar a passagem das instalações na laje.
- Fácil transporte e manuseio das cordoalhas, pois sua capa plástica é muito resistente não exigindo cuidado durante a montagem e concretagem.
 - As ancoragens são pequenas e práticas, reunindo em uma só peça o bloco e a placa de distribuição de tensões, e já vem acompanhadas de uma forma plástica para nicho.
 - O conjunto bomba-macaco hidráulico e muito leve (35 e 19 Kg) e prático, facilitando o manuseio, transporte horizontal e vertical na obra.
 - Protensão simples e descomplicada em uma só etapa de introdução de pressão.
 - Fácil preenchimento dos nichos com "grout".

ANÁLISE DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Foi dedicado muito tempo à análise de estruturas para edifícios altos, estudando com profundidade itens importantes para os grandes centros urbanos. tais como: vagas de garagem, posicionamento de varandas, disposição dos pilares, etc., além da seqüência tradicional dos diversos procedimentos e suas interferências nos tempos de execução das etapas de construção.

Uma breve análise pode ser sempre perigosa, principalmente se não levarmos em conta itens ou alterações que podem ocorrer na arquitetura, nas alturas dos edifícios, no item escavação de subsolos, etc., enfim em vários fatores que influem fortemente na viabilidade econômica de um

empreendimento.

Nos dias de hoje o desembolso aliado ao recebimento pela venda dos imóveis pode ser fundamental para o sucesso do empreendimento, e a estrutura, como primeiro desembolso, pode ter o seu prazo de obra bastante reduzido, o que, junto com a alvenaria externa pode liberar a fachada mais cedo, alterando o cronograma físico e financeiro da obra.

Em visita a diversas obras nos Estados Unidos, verifica-se notória diferença entre a maneira americana de construir edifícios altos de concreto armado e protendido em relação ao que normalmente fazemos no Brasil.

Teremos que eliminar paradigmas, galgar novos conceitos, mudar processos de execução, treinar funcionários, enfim, ter várias novas atitudes para se conseguir as melhorias necessárias.

Itens importantes a serem considerados:

1 - Lançamento da Estrutura e Estabilidade

2 - Fck e Piso Acabado das Lajes

3 - Varandas

4 - Transferência dos Eixos e Pilares Solteiros

5 - Formas da estrutura e sua execução

6 - Ferragens

7 - Paredes de gesso acartonado

8 - Instalações

9 - Fachada.



Edifício Residencial sem vigas

1

LANÇAMENTO DA ESTRUTURA E ESTABILIDADE

Estamos acostumados a lançar pilares a uma distância média de 4 a 6 metros, com posições alinhadas devido à existência de vigas, evitando ao máximo gerar balanços e interferir na arquitetura. Grande parte deles ficam nas partes externas do edifício, muitas vezes fazendo parte da arquitetura da fachada. Suas dimensões são variáveis, sendo que sua largura fica

entre 14 e 19 cm.

Nas garagens o projetista faz grande esforço para locar os pilares de forma a permitir estacionamento e circulação dos veículos com algumas vigas de transição, quase sempre obrigatórias no térreo.

Com as lajes planas protendidas a distância entre os pilares pode ser mantida

ou aumentada para 6 a 8 metros sem grandes traumas para a estrutura. Obviamente, sem as vigas os pilares perdem a necessidade de estarem alinhados e também de ficarem totalmente na parte externa do edifício, aumentando a flexibilidade no lançamento (pilares escondidos em cantos de banheiro, de armário ou recuados da fachada), com grandes vantagens na obtenção de varandas e fachadas mais simples para serem acabadas.

Acreditamos que em determinados casos, 7,60 metros seja uma distância interessante para garagens porque pode acomodar três carros e às vezes permitir a eliminação de todas as transições, fazendo com que as distâncias entre os pilares se mantenham desde a fundação até a cobertura (A mesma forma pode ser utilizada sem transformações desde os subsolos até os andares tipo).

Caso seja necessário, podemos utilizar para as transições, vigas chatas ou capitéis, que são mais fáceis de serem executados do que as vigas convencionais.

Devemos convencer os projetistas de arquitetura que as dimensões dos pilares também devem mudar, porque com pilares de larguras acima de 25 cm pode-se ganhar no cálculo estrutural e além disso eliminar falhas de concretagem nos pés de pilares,

muito comuns nas estruturas convencionais. A mesma seção de pilar pode receber, conforme a norma cerca de 10% a mais de carga.

Quando informamos a um projetista de estruturas que poderemos retirar as vigas de borda, ou simplesmente todas as vigas, a primeira resposta que ouvimos devido à nossa cultura, é que o edifício precisaria de vigas para a sua estabilidade, que para combater os esforços de vento seriam necessárias pelo menos as vigas de borda.

A cultura americana de cálculo de edifícios prevê o combate aos esforços dos ventos, empregando paredes escudo, que são tratadas como pilares e executadas como tal, sendo também utilizadas as caixas de escadas e de elevadores ou alguma outra parede entre ambientes.

Não é difícil concretar uma parede-pilar inteira, mesmo com uma porta no meio, visto que existem muitas opções de formas e tensores modernos que permitem facilidade e certeza de boa concretagem.

Sendo considerada como pilar ela é concretada rapidamente sem os transtornos que temos com o sistema convencional de lajes vigadas, que exigem um complicado escoramento (garfos). A preocupação da equipe na execução é apenas com a execução do prumo dos pilares.

2 FCK E PISO ACABADO DAS LAJES

Atualmente já está muito interessante admitir valores mais altos de fck para a estrutura sem vigas, (CAD - Concreto de alto desempenho) e o projetista pode trabalhar com fcks diferentes entre pilares e lajes. A norma americana permite diferenças de até 2.000 psi (138 Kgf Icm²): por exemplo 4.000 psi para as lajes e 6.000 psi para os pilares, (414 kgf/cm² para

pilares e 276 kgf/cm² para lajes).

O concreto de alto desempenho (CAD) na estrutura protendida com lajes planas, auxilia na rigidez da estrutura, principalmente porque teremos módulo de elasticidade maiores do concreto e seguramente uma estrutura com melhor qualidade (efetividade da proteção do recobrimento e impermeabilidade).



Laje sem vigas e com piso acabado

A execução da obra é facilitada nos seguintes aspectos:

- Os pilares ficam mais fáceis de concretar, principalmente com concreto mais gordo, sendo mais simples o adensamento.
- O fck mais alto também favorece a execução da laje, principalmente em se tratando de piso nivelado com acabadoras, porque o tempo de pega diminui devido à grande quantidade de cimento no traço do concreto,

fazendo com que o final da concretagem não se estenda muito tempo para o acabamento.

- Pelo fato das lajes serem protendidas não nos deparamos com grandes deformações após a retirada do reescoramento, visto que às vezes ainda acontece uma pequena contra flecha quando da protensão dos cabos, fazendo com que o produto final não apresente grandes variações no piso acabado, ao contrário das

lajes vigadas que sempre apresentam deformações que inviabilizam o piso zero.

- Logo após a protensão, aproximadamente 4 dias após a data da concretagem (incluindo o final de semana), podemos retirar toda a forma, todo o escoramento, e reescorar 100% da laje.

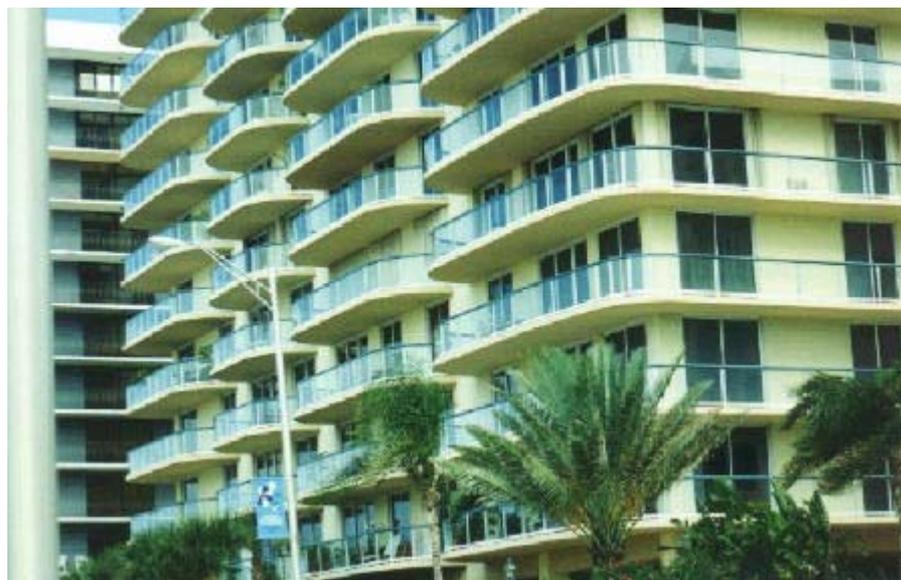
Este fato libera as faixas de escoramento que normalmente existem no sistema tradicional vigado.

Reparamos que as estruturas norte-americanas permanecem com 100% do reescoramento por 2 lajes, e outras 2 com aproximadamente 50% e 25%, numero bem mais cuidadoso do que o empregado por nós

3 VARANDAS

Na estrutura protendida, teremos que aprender a tirar proveito das áreas em balanço que podem acontecer com o lançamento ideal, visto que nem sempre os pilares devem ser lançados nas bordas das lajes.

A varanda sem coleta d'água. com queda para fora do prédio, apenas com uma pingadeira, é um grande paradigma para o empresário da construção civil. Visitando obras americanas observa-se que todos os edifícios de arquitetura moderna não coletam a água de chuva ou



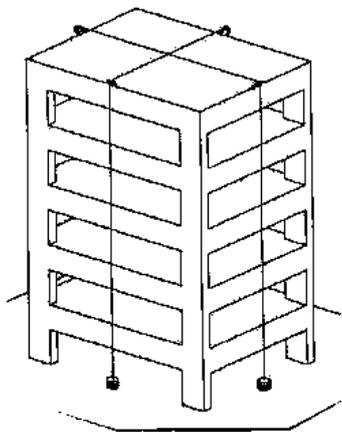
Edifício americano residencial (varandas).

têm a varanda impermeabilizada. Ao se fazer contas dos custos do forro, da instalação hidráulica. da impermeabilização, enfim de todo o transtorno de vigas que desalinham toda a fachada, percebe-se porque os americanos aboliram o sistema que até hoje é adotado no Brasil.

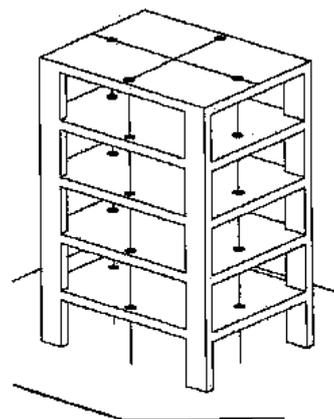
Hoje em algumas cidades brasileiras, graças à iniciativa de alguns empreendedores já encontramos algumas construtoras fazendo o lançamento de edifício sem a coleta de água de chuva nas varandas, que parece ser um paradigma bastante difícil de se quebrar.

4 TRANSFERÊNCIA DE EIXOS E PILARES SOLTEIROS

Parece ser uma coisa simples e que vem sendo feita no Brasil como há 30 anos, com arames e corpos de prova pendurados na fachada, o que acaba resultando em argamassas de revestimento externo da ordem de 4 a 10 cm.



Sistema tradicional de eixos



Sistema com uso de equipamentos laser

Com a introdução do nível a laser, e emissão de luz com grande precisão, poderemos transferir o eixo da seguinte maneira:

Marca-se no piso do subsolo quatro pontos definitivos para os eixos x e y, e um outro ponto de conferência no cruzamento deles.

Após a colocação da forma da laje e a recepção do ponto luminoso no andar, traçamos com o "estica linha" por sobre a forma da laje, os eixos para o posicionamento correto de todos os pontos de instalações e de toda a forma interna e lateral do edifício.

Com a concretagem da laje, novamente recebemos os pontos pelos orifícios deixados na forma e protegidos com um tubo de PVC de aproximadamente três polegadas, e traçamos com o "estica linha" novamente pôr sobre o concreto, para o posicionamento dos pés dos pilares.

Percebemos que com isto, o pé do pilar sempre tem posição garantida na estrutura porque o equipamento permite uma boa transferência para cada andar de trabalho a partir de pontos do subsolo, sem muita diferença de medida.

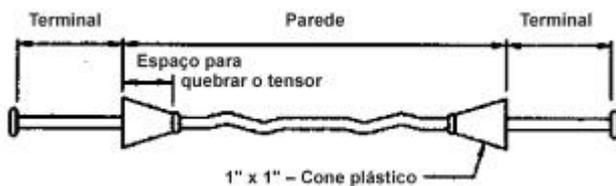
Fazer a forma do pilar sem o assoalho da laje e concretagem solteira traz grande economia e garantia de qualidade do prumo, além possibilitar melhor adensamento, sendo necessários rampas ou pequenos equipamentos para elevar o concreto até a boca do pilar.

Resta lembrar que esses eixos marcados sobre a laje além dos pés dos pilares também servem de referência para:

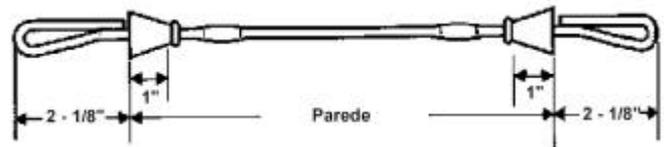
- Posicionamento de todas as paredes de alvenaria;
- Fachada;
- Contramarcos;
- Furações para as instalações elétricas e hidráulicas;
- Varandas;
- Portas, etc

5 FORMA E EXECUÇÃO

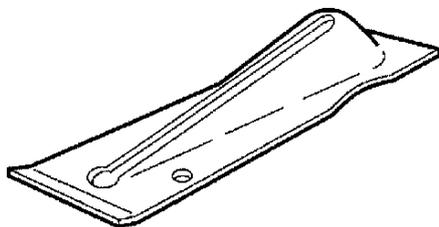
O tensor ou tirante utilizado na montagem dos pilares nos EUA possui várias dimensões, e além de tirante também é espaçador, que permite garantir as dimensões com rapidez, e já é fabricado no Brasil. Acreditamos que as formas de pilares convencionais em madeira podem ficar bastante simplificadas e rápidas com este tensor/espaçador.



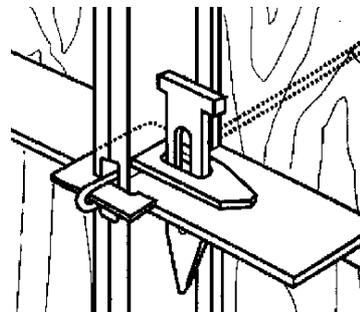
Tensor com botão



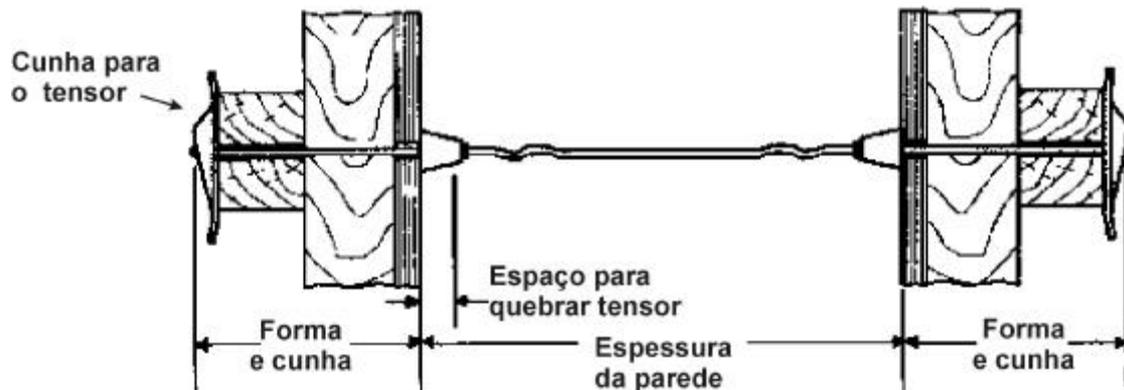
Tensor com laço



Cunha para o tensor



Tensor com laço na forma

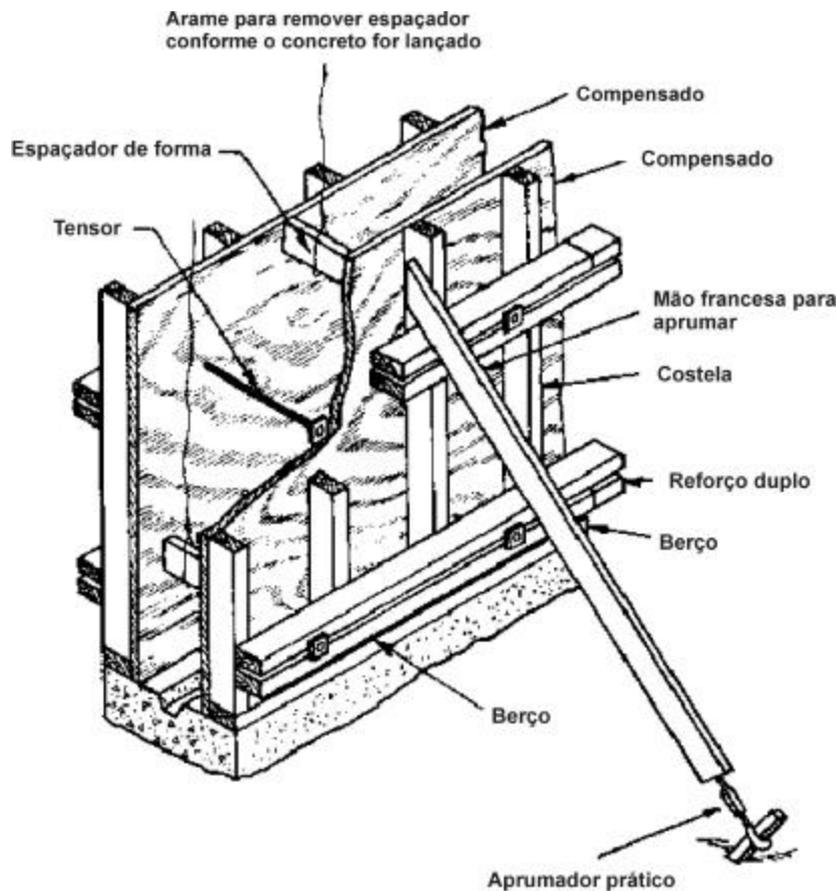


Tensor normal na forma

Tipos de tensores.

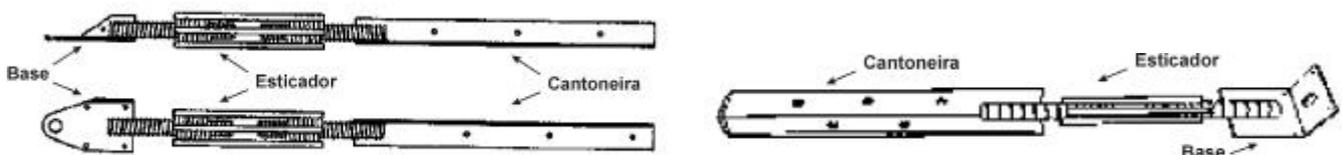
A marcação do gualho, pé ou colarinho, como se faz hoje no Brasil, deixa de ser necessária, porque não importa muito a exatidão da altura do pilar, pois ele pode passar um ou dois centímetros, que nenhum dano será provocado no nivelamento da laje. Com o uso do estica linha marcamos no concreto da laje o contorno dos pilares, posicionamos a armação que deverá estar pronta no comprimento certo e com todos os estribos posicionados. Com os esticadores cada pilar é colocado no prumo (régua de bolha) e em seguida concretado.

Após o término da concretagem ainda pode ser corrigida alguma variação no prumo.



Exemplo de uma parede com aprumador – Aprumador Prático

Esta peça é muito útil para se ajustar o pilar no prumo e também pode ser adaptada em qualquer sarrafo de madeira. Os esticadores que existem no Brasil são em toda a sua extensão metálicos, pesados e caros.



Aprumadores práticos

Nos Estados Unidos a concretagem dos pilares é feita logo após o acabamento da laje, no mesmo dia. tendo em vista que o concreto possui o seu endurecimento muito rápido (CAD -concreto de alto desempenho) e os pilares são concretados com a mesma bomba, no mesmo dia da concretagem da laje, após o seu acabamento superficial.

No outro dia de manhã a forma dos pilares é retirada, e reutilizada para pilares de mesmas dimensões, enquanto o escoramento da laje já está sendo executado.

A rapidez na montagem e ajuste dos pilares são possíveis devido ao processo que envolve desde este esticador, a facilidade de colocar a armação com os arranques engarrafados e a maneira de encostar a forma do pilar no concreto acabado sem se preocupar muito com a altura final

6 ARMAÇÃO

Verificamos que os estribos dos pilares são feitos com ferros de maior bitola e com distâncias maiores entre si.

Toda armação do pilar é engarrafada na ponta para facilitar a montagem do pilar da laje superior tendo em vista que ele não trabalha sob a ação do vento.

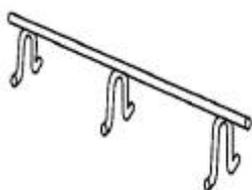
Com o uso de cabos de protensão na laje, verificamos que quase toda a armação comum é colocada de forma a garantir o posicionamento dos cabos.

A grande vantagem é que além de diminuir a quantidade de ferro total da laje, consegue-se caminhar pisando somente na forma e aumentar a produtividade dos oficiais pelo aumento de bitola.

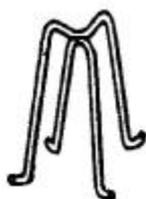


Armação do pilar engarrafada.

Caranguejos especiais ou cadeirinhas são fundamentais para garantir o posicionamento correto dos cabos de protensão, sendo necessário uma atenção especial para este item.



Cadeira contínua para apoio de vergalhões



Cadeira metálica para apoio de cordoalhas e vergalhões



Cadeira plástica para apoio de cordoalhas e vergalhões

Cadeirinhas ou espaçadores

7

PAREDES DE GESSO ACARTONADO

O uso do gesso acartonado já completa mais de vinte anos, e no Brasil ainda está se iniciando, graças a vinda de empresas fabricantes de renome mundial.

Sua grande vantagem é permitir que o usuário tenha facilidades maiores com a parede pronta do que com a alvenaria convencional.

Para o construtor as vantagens são inúmeras e relacionamos algumas: Redução de peso para vinte a trinta kg/m², contra cento e quarenta kg/m² da alvenaria convencional;

a) Elimina totalmente o pedreiro nas paredes internas;

b) Dá flexibilidade para a arquitetura;

c) Garantia de dimensões das paredes e dos cômodos

d) Pode ser colocado mais para o final da obra ;

e) Mesmas qualidades de isolamento térmica e acústica

f) Qualidade técnica de desempenho já comprovada ha mais de 20 anos

8

INSTALAÇÕES

Seria muito importante que todos os pontos de instalações elétricas fossem projetados partindo do andar de cima para baixo.

Com isto notaremos grande vantagem para executar a laje de concreto acabada com máquina, além de ganhar facilidades durante a execução das marcações e das alvenarias propriamente ditas.

Algumas empresas já estão fazendo projeto de alvenaria para melhorar o desempenho da execução da obra, e na prática também exigem que o desenho da projeção das paredes seja pintado nas formas da laje antes da colocação da armação, para garantir a exatidão das

furações e todas as instalações.

Com o uso das paredes de gesso acartonado a flexibilidade para as instalações é notória, além do seu menor custo, também podem ser postergados. Poderemos salientar algumas vantagens:

– As prumadas de hidráulica também podem ser postergadas sendo colocadas no momento do gesso acartonado através de tubos desenrolados e sem emendas a partir da parte superior do edifício (sistema PEX).

– Os ramais hidráulicos podem correr através de um condute

plástico sem conexões e que permitem a sua substituição posterior sem nenhuma quebra.

- O sistema também permite melhoria de desempenho nos

cálculos além de ser também apropriado para água quente.

- Este sistema já é utilizado na Europa há mais de 15 anos quase que sem nenhuma manutenção.

9 FACHADA

Com a estrutura de laje plana, as formas de madeira sobressaem aos limites da laje e impedem que se pendurem os corpos de prova com arames como referência para a argamassa de fachada.

As obras americanas fazem a fachada de baixo para cima, todas utilizando como referência o mesmo eixo usado na estrutura, conforme já descrito anteriormente.

A espessura da argamassa é de 1/2 polegada (igual a 12,5 cm) e não é apumada desde o topo de edifício.

Existem pequenas diferenças, mas reparamos *In loco* " que não acarretam traumas para a fachada.

Para a utilização de cerâmica no revestimento da fachada, obviamente é necessário criar volumes horizontais (lajes), para disfarçar pequenas diferenças entre os panos dos andares. Antes de utilizar o chapisco, é utilizado um primer colorido para que não haja diferença de absorção entre a estrutura, a argamassa e o elemento da alvenaria.



Execução de fachada em conjunto com a estrutura.

A argamassa é composta de um chapisco aplicado como cola de azulejo e uma argamassa, que pode ser colorida e hidrófuga, perfazendo a Y2 polegada, ou uma simples argamassa para o assentamento de cerâmica.

Algumas empresas trouxeram há algum tempo essas argamassas para o Brasil mas elas ficaram inviáveis para as nossas obras, pois as espessuras de fachada tinham de quatro a dez centímetros. Hoje com a precisão proporcionada pelas lajes planas consegue-se facilmente pequenas espessuras.

CONCLUSÃO

O mercado da construção de edifícios está cada vez mais competitivo, com outros métodos e processos aí presentes, que nos obrigam seguir rapidamente na direção da qualidade e da produtividade.

Fica muito difícil obter qualidade com o sistema tradicional de estruturas com vigas.

Com a cordoalha engraxada possibilitando obras com lajes totalmente planas, as chances de erros na execução da estrutura são muito menores. As obras ficam limpas, rápidas, seguras, com as instalações e alvenarias em posições garantidas.

Seguramente partiremos na direção da simplificação da estrutura, com maior rapidez, maior economia e conseqüentemente maior redução de custo.

Teremos que eliminar paradigmas, galgar novos conceitos, mudar processos de execução, treinar funcionários, enfim, adotar várias novas atitudes para se conseguir as melhorias necessárias.

Já surgiram no mercado nesses últimos dois anos, espalhadas por todo o Brasil, diversas novas empresas de protensão especializadas nessa atual e simples tecnologia, o que tornará a protensão de fácil acesso até ao pequeno construtor.