

MEMORIAL – PROJETO ESTRUTURAL

Obra: IFET - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARANÁ

Endereço: Avenida Cívica – Jardim América – Assis Chateaubriand – PR.

Características da Obra: Edificação em Alvenaria com área total de construção de 3.117,70 m², destinada a fins educacionais e composta de salas de aula, auditório, biblioteca, laboratórios e áreas administrativas, em 03 níveis.

Projeto Arquitetônico de referência : A estrutura foi lançada e projetada tomando como base as informações constantes no Projeto Arquitetônico da Arq. Joyce Regina Boriollo, no arquivo “PROJETO FINAL FACULDADE.dwg”, de 30/jan/2010.

Desenhos componentes do Projeto Estrutural:

PRANCHA 01 – Locação e carga dos pilares.

PRANCHA 01A – Projeto de Fundação e Estaqueamento

PRANCHAS 02 a 08 – Formas dos pisos Térreo, Primeiro Pavimento, Segundo Pavimento e Cobertura dos Blocos Auditório e Salas, com indicação de Volume de Concreto e Área de Fôrma de cada piso, além das convenções e notas.

PRANCHA 09 – Cortes A,B,C e D, e armaduras da Viga V8 do Primeiro Pavimento do Auditório, da laje maciça da sacada do Auditório, das pérgolas, das faixas maciças, da platibanda e da espera dos pilares P29 e P30, reforços nas vigas indicadas e detalhes da junta de dilatação.

PRANCHA 10 – Fôrma e armadura das escadas.

PRANCHA 11 a 32 – Armadura das vigas do baldrame à cobertura.

PRANCHA 33 e 34 – Armadura dos pilares da espera até a cobertura.

PRANCHA 35 – Fôrma e armadura da Caixa d água.

PRANCHA 36 – Armadura dos blocos de fundação.

As pranchas 11 a 32, das armaduras das vigas, estão apresentadas no modo PLT, prontas para plotagem. As demais pranchas estão apresentadas em DWG, devendo posteriormente serem convertidas em PDF se encaminhadas para outros interessados.

Apresentamos a seguir :

- a. Considerações de Cálculo;
- b. Orientação para execução das estruturas de concreto;
- c. Resumo dos materiais.

a. Considerações de Cálculo

1) Fundação

Calculo dos blocos de fundação a partir de estaqueamento definido pelo Projeto de Fundação da empresa Estac Sondagens e Fundações Ltda e de acordo com a NBR 6122:1996, apresentados na prancha 01 A IFET PROJETO DE FUNDAÇÃO E ESTAQUEAMENTO. As cargas de fundação estão especificadas na prancha 01 IFET LOCAÇÃO E CARGA DOS PILARES. Além

da indicação das cargas dos pilares, estão indicados 24 pontos de carga, para os quais deverão foram definidas estacas, porém sem a necessidade de blocos de fundação e sobre os quais poderão, a critério do construtor, apoiar um pilarete como o definido para a platibanda (prancha 09 IFET CORTES E DETALHES ARMADURAS), para auxílio no levantamento da alvenaria.

2) Junta de Dilatação

Para redução das condições causadoras de alterações na estrutura provocadas pela influência da variação de temperatura, a estrutura foi projetada em 02 blocos distintos, separados por uma junta de dilatação de 1 cm. a ser preenchida com material deformável e estanque e ter vida útil compatível com a estrutura de concreto, tipo EPS ou similar, com detalhes de execução indicados na prancha 09 IFET CORTES E DETALHES ARMADURA, devendo ser especificada pelo fabricante. Caso se necessite de um espaçamento maior que 2 cm. a estrutura deve ser relocada considerando a ampliação deste espaçamento.

3) Blocos da Estrutura

Bloco do Auditório: é o da entrada principal onde estão localizados a Biblioteca e o Auditório, e nele estão localizados os pilares PA ao PD e do P1 ao P28 e ao pontos de carga E1 ao E6.

Bloco das Salas: é onde estão localizadas as Salas de Aula, os Laboratórios e as áreas administrativas, e nele estão localizados os pilares PE, P31 ao P80 e os pontos de carga E7 ao E24.

4) Lajes

4.1) Carregamento

O carregamento das lajes foi definido a partir da soma do carregamento permanente (peso próprio + revestimento) e carregamento accidental, tendo sido adotado os seguintes valores:

Peso próprio: para as lajes maciças utilizado o valor da altura $\times 2,5 \text{ tf/m}^3$ e para lajes pré-moldadas a partir de tabelas de fabricantes de lajes pré-moldadas protendidas (p.ex. Lajes Tamoyo, Lajes Tatu) de $0,2 \text{ tf/m}^2$ para a maior parte dos vãos da estrutura, sendo este adotado como peso máximo deste elemento a ser fornecido, considerando a soma do peso das viguetas, do elemento de preenchimento (cerâmico ou EPS) e do capeamento.

Na cobertura foi utilizada a carga de $0,1 \text{ tf/m}^2$ referente ao peso próprio da estrutura metálica de apoio e do telhado.

Revestimento : adotado o valor de $0,05 \text{ tf/m}^2$ que atende a demanda dos materiais mais utilizados na edificação, inclusive nas lajes de cobertura.

Carga Accidental: de acordo com a NBR6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, são seguintes as cargas utilizadas para uma unidade educacional, ou seja Salas de Aula, Laboratórios e Anfiteatros = $0,3 \text{ tf/m}^2$.

Nas lajes do Auditório, no Primeiro Pavimento, foi adotado uma carga adicional de $0,1 \text{ tf/m}^2$ em função da necessidade de se adicionar uma estrutura de madeira para suporte das cadeiras fixas. Também neste piso a estrutura apresenta 03 níveis em função da inclinação do Auditório e de forma a diminuir a estrutura de apoio das cadeiras.

4.2) Especificação

Foi definido para este projeto que as lajes, em sua maioria, serão pré-moldadas

protendidas em função de necessidade específicas da estrutura, qual seja, as solicitações elevadas em função da carga accidental considerada e dos vãos necessários para não prejudicar os espaços abertos na biblioteca e nas salas de aula. Assim estão definidos 03 tipos de lajes:

LP1 - com sobrecarga prevista de $0,35 \text{ tf/m}^2$

LP2 – com sobrecarga prevista de $0,55 \text{ tf/m}^2$ e

LP3 – com sobrecarga prevista de $0,15 \text{ tf/m}^2$, com suas disposições definidas nas pranchas de desenho do projeto.

O fornecedor da laje deverá apresentar projeto de disposição das armaduras de distribuição e negativas das lajes premoldadas, se necessárias, estando estas armaduras com seu peso estimado no resumo de material do presente projeto, bem como o volume de concreto do capeamento.

4.3) Faixas Maciças

Foi adotado a aplicação de faixas maciças dispostas no mesmo sentido das viguetas da laje pré-moldada, em lajes com vãos perpendiculares maiores que o vão da vigueta, para fins de travamento lateral das mesmas. As faixas tem sua armadura definida e apresentada no projeto, na prancha 09, e tem a mesma espessura da laje premoldada finalizada e possui capacidade de resistência igual a da laje.

Para o caso de apoio de paredes deverão ser justapostas 2 viguetas em paralelo para suporte, ou outra solução a ser apresentada pelo fornecedor da laje premoldada.

5) Escadas

As 6 escadas existentes na edificação foram projetadas com sobrecarga definida na NBR 6120:1980, citada acima, de $0,3 \text{ tf/m}^2$, com laje de 17 cm, e com vigas laterais para suporte e armadura prevista para suporte da carga adotada.

6) Caixa D'água

A caixa foi dimensionada em 2 módulos para suportar uma carga total de até 42.000 litros de água, devendo as áreas que manterão contato com o líquido receberem proteção impermeabilizante que evitem a deterioração das condições do concreto, mantendo a potabilidade da água a ser armazenada. Caso se opte por colocação de caixas de fibra o calculista deverá ser consultado para novo estudo de redistribuição das cargas.

7) Elevador

No Térreo da estrutura foi previsto um rebaixamento para o nível $N = -1.80$ do baldrame da área do elevador, incluindo os blocos de fundação e arranque dos pilares, para instalação dos equipamentos no fundo do poço.

No piso da Casa de Maquinas foi previsto uma carga adicional de $1,5 \text{ tf}$ sobre uma laje maciça de 15 cm para suporte dos equipamentos. Caso a fornecedora do elevador apresente um equipamento com peso maior que o definido em projeto, o projetista deverá ser consultado para revisão do cálculo desta laje.

8) Vigas

As vigas foram calculadas considerando, além de seu peso próprio, as cargas resultantes do apoio das lajes e da alvenaria da edificação, sendo adotado os

valores de 0,15 tf/m² de peso para paredes de 15 cm e de 0,21 tf/m² para paredes de 20 cm de espessura.

No bloco do Auditório as vigas e os pilares que suportam a Cobertura estão projetadas para receberem o peso da estrutura metálica de cobertura do auditório, devendo ser feita uma avaliação quando da definição desta estrutura. As vigas de baldrame, bem como os blocos de fundação e pilares em contato com o solo, deverão receber um tratamento impermeabilizante conforme indicado nas notas e especificações das pranchas do baldrame dos blocos. As solicitações, esforços e cálculo de armadura das vigas obedeceram ao especificado na NBR 6118:2003.

Na prancha 09 estão indicados reforços para vigas que recebem cargas elevadas no apoio de outras vigas ou da espera dos pilares P29 e P30.

9) Pilares

As solicitações, esforços e cálculo de armadura dos pilares obedeceram ao especificado na NBR 6118:2003.

A espera dos pilares está definida para a situação das vigas de baldrame “embutidas” nos blocos de fundação. Caso se opte por colocar as vigas sobre os blocos, deverá ser acrescido ao comprimento das esperas a altura das vigas de baldrame, não devendo em hipótese nenhuma, reduzir nem o comprimento da ferragem no interior dos blocos e nem o comprimento mínimo de espera e trespasse com os ferros da armadura do térreo ao primeiro pavimento.

b. Orientações para a execução da estruturas de concreto

O presente ítem visa descrever os materiais e suas características construtivas apresentadas neste projeto, sendo em conformidade com a NBR 6118:2003, com as seguintes considerações:

1) Concreto

Adotado em projeto Classe de Agressividade Ambiental = II

Concreto estrutural = Classe C25

Relação Água/Cimento $\leq 0,60$

Módulo de Elasticidade do concreto = 28000 Mpa ($f_{ck}=25$ Mpa)

Cobrimento Nominal das armaduras dos blocos, vigas e pilares = 30mm.

Tolerância de execução para o cobrimento $c = 10$ mm.

No preparo, controle e recebimento do concreto deve ser obedecido o disposto na NBR 12655/1996.

No controle tecnológico de materiais componentes do concreto deve ser obedecido o disposto na NBR 12654/1992.

2) Fôrmas e escoramentos

2.1) Fôrmas

As fôrmas devem adaptar-se às formas e dimensões das peças da estrutura projetada.

2.2) Dimensionamento

As fôrmas e os escoramentos devem ser dimensionados e construídos obedecendo as prescrições das normas brasileiras NBR 7190 e NBR 8800, respectivamente, para estruturas de madeira e para estruturas metálicas.

2.2.1) Fôrmas

As formas devem ser dimensionadas de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais, quer sob carga, especialmente a do concreto fresco, considerando nesta o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

Nas peças de grande vão deve ser prevista, quando necessária, contra-flecha nas fôrmas, para compensar a deformação provocada pelo peso do material nelas introduzido.

2.2.2) Escoramento

O escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura ou que possam causar esforços no concreto na fase de endurecimento.

Os pontaletes com mais de 3 m de comprimento devem ser contraventados para evitar a instabilidade, salvo se possa demonstrar ser esta uma medida desnecessária.

2.2.3) Ações sobre os apoios do escoramento

Devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura que suporta o escoramento, pelas cargas por este transmitidas.

2.3) Madeira

O teor de umidade natural da madeira deve ser compatível com o tempo a decorrer entre a execução das fôrmas e do escoramento e a concretagem da estrutura.

No caso de se prever que esse tempo ultrapasse dois meses, a madeira a ser empregada deve ter o teor de umidade correspondente ao estado seco do ar.

2.3.1) Emendas nos pontaletes

Cada pontalete de madeira só pode ter uma emenda, a qual não deve ser feita no terço médio do seu comprimento. Nas emendas, os topos das duas peças a emendar devem ser planos e normais ao eixo comum.

2.3.2) Precauções contra incêndio

Nas obras devem ser tomadas as devidas precauções para proteger as fôrmas e o escoramento contra os riscos de incêndio, tais como cuidados nas instalações elétricas provisórias, remoção de resíduos combustíveis e limitação no emprego de fontes de calor.

2.4) Dispositivos para retirada das fôrmas e do escoramento

A construção das fôrmas e do escoramento deve ser feita de modo a haver facilidade na retirada de seus diversos elementos separadamente, se necessário. Para que essa retirada possa ser feita sem choques, o escoramento deve ser apoiado sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados a esse fim.

2.5) Precauções anteriores ao lançamento do concreto

Antes do lançamento do concreto devem ser conferidas as medidas e a posição das fôrmas a fim de assegurar que a geometria da estrutura corresponda ao projeto.

Deve-se proceder à limpeza do interior das fôrmas e à vedação das juntas, de modo a evitar a fuga da pasta. Nas fôrmas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, dever-se deixar aberturas próximas ao fundo, para limpeza.

As fôrmas absorventes devem ser molhadas até a saturação, fazendo-se furos

para escoamento da água em excesso.

No caso em que as superfícies das fôrmas sejam tratadas com produtos anti-aderentes, destinados a facilitar a desmoldagem, esse tratamento deve ser feito antes da colocação da armadura. Os produtos empregados não devem deixar, na superfície do concreto, resíduos que sejam prejudiciais ou possam dificultar a retomada da concretagem ou a aplicação de revestimento.

3) Armadura

3.1) Emprego de diferentes classes e categorias de aço

Não podem ser empregados na obra aços de qualidade diferentes das especificadas no projeto, sem aprovação prévia do projetista.

3.2) Limpeza

As barras de aço devem ser convenientemente limpas de qualquer substância prejudicial à aderência, retirando-se as escamas eventualmente destacadas por oxidação.

3.3) Dobramento

O dobramento das barras, inclusive para os ganchos, deve ser feito com os raios de curvatura previstos em Norma.

As barras de aço devem ser sempre dobradas a frio. As barras não podem ser dobradas junto às emendas com solda.

3.4) Emendas

As emendas de barras da armadura devem ser feitas de acordo como previsto no projeto; As não previstas só podem ser localizadas e executadas conforme definido em Norma.

3.5) Montagem

A armadura deve ser colocada no interior das fôrmas de modo que durante o lançamento do concreto se mantenha na posição indicada no projeto, conservando inalteradas as distâncias das barras entre si e com relação às faces internas das fôrmas. Podem ser utilizados, para essa finalidade, espaçadores feitos de arame e tarugos de aço ou tacos de concreto ou argamassa; porém, nunca devem ser empregados calços de aço, cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor que a prescrito.

Deve ser realizada a amarração das barras das armaduras das lajes, de modo que o afastamento entre duas amarrações não exceda 35 cm.

3.6) Proteção

3.6.1 Proteção durante a execução

Antes e durante o lançamento do concreto, as plataformas de serviço devem estar dispostas de modo a não acarretarem deslocamento das armaduras.

3.6.2 Barras de espera

As barras de espera devem ser devidamente protegidas contra a oxidação; ao ser retomada a concretagem deve ser perfeitamente limpas de modo a permitir boa aderência.

4) Tolerâncias

4.1) Valores de tolerâncias

A execução das obras deve ser a mais cuidadosa a fim de que as dimensões, a forma e a posição das peças e as dimensões e posição da armadura obedeçam às indicações do projeto com a maior precisão possível.

Nas peças lineares submetidas a força normal de compressão, o afastamento entre o centro de gravidade de uma seção transversal geométrica e a projeção, no seu plano, do centro de gravidade de qualquer outra seção transversal, não pode variar, em relação ao afastamento previsto no projeto, mais de 1/5 da distância nuclear da seção, na direção e no sentido em que se verifica a variação.

O cobrimento das barras e a distância mínima entre elas não podem ser inferiores aos estipulados no projeto.

5)Concretagem

5.1) Transporte

O concreto deve ser transportado do local do amassamento para o de lançamento num tempo compatível com o prescrito em Norma e o meio utilizado deve ser tal que não acarrete desagregação de seus elementos ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

No caso de transporte por bombas, o diâmetro interno do tubo deve ser no mínimo três vezes o diâmetro máximo do agregado.

O sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto nas fôrmas, evitando-se depósito intermediário; se este for necessário, no manuseio do concreto devem ser tomadas precauções para evitar desagregação.

5.2) Lançamento

O concreto deve ser lançado logo após seu amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o do lançamento, intervalo superior a uma hora; se for utilizada agitação mecânica, esse prazo deve ser contado a partir do fim da agitação. Com o uso de retardadores de pega o prazo pode ser aumentado de acordo com as características do aditivo.

Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega.

O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras.

Devem ser tomadas precauções para manter a homogeneidade do concreto. A altura de queda livre não deve ultrapassar 2 m. Para peças estreitas e altas, o concreto deve ser lançado por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis ou trombas.

Cuidados especiais devem ser tomados quando o lançamento se der em ambiente com temperatura inferior a 10°C ou superior a 40°C.

5.2.1) Adensamento

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser vibrado ou socado contínua e energicamente com equipamento adequado à sua trabalhabilidade. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma. Durante o adensamento devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; dever-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios a seu redor, com prejuízo da aderência.

No adensamento manual as camadas de concreto não devem exceder a 20 cm. Quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Caso esta exigência não possa ser atendida, não deve ser empregado vibrador de

imersão.

5.2.2) Juntas de concretagem

Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, formar-se uma junta de concretagem, devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir, ao ser reiniciado o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. Antes de ser reiniciado o lançamento, deve ser removida a nata e feita a limpeza da superfície da junta.

Devem ser tomadas precauções para garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta, por exemplo, deixando barras cravadas ou salientes no concreto mais velho. As juntas devem ser localizadas onde forem menores os esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos esforços de compressão, salvo se demonstrado que a junta não diminui a resistência do elemento estrutural. O concreto deve ser perfeitamente adensado até a superfície da junta, usando-se fôrma quando necessário para garantir o adensamento.

No caso de vigas ou lajes apoiadas em pilares ou paredes, o lançamento do concreto deve ser interrompido no plano de ligação do pilar ou parede com a face da laje ou da viga, ou no plano que limita inferiormente as mísulas e os capitéis, durante o tempo necessário para evitar que o assentamento do concreto produza fissuras ou descontinuidades na vizinhança daquele plano.

5.2.3) Programa de lançamento

Quando da seqüência das fases de lançamento do concreto possam resultar efeitos à resistência, à deformação ou à fissuração da estrutura, o lançamento deve obedecer a programa que considere a retração e seja organizado tendo em vista o projeto do escoramento e as deformações que serão nele provocadas pelo peso próprio do concreto e pelas cargas resultantes dos trabalhos de execução.

6) Cura, retirada das fôrmas e do escoramento

6.1) - Cura e outros cuidados

Enquanto o concreto não atingir endurecimento satisfatório, deve ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como contra choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

A proteção contra a secagem prematura, pelo menos durante os sete primeiros dias após o lançamento do concreto, aumentado este mínimo quando a natureza do cimento o exigir, pode ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-se com uma película impermeável. O endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

6.2) Retiradas das formas e do escoramento

6.2.1) Prazos

Tanto a cura como a desforma do concreto devem seguir as prescrições do item 10 da NBR 14931:2003 – Execução de Estruturas de Concreto Armado, observando-se os prazos mínimos para retirada das formas e escoramento. A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele

atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Para o atendimento dessas condições, foram especificados os valores mínimos de resistência à compressão e do módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento.

c. Resumo dos Materiais

Os materiais estão apresentados em 3 quantitativos distintos, ou seja, o da estrutura de concreto, o do projeto de estaqueamento e o previsto para as lajes premoldadas, cujos valores e especificações de cobrimento e armadura deverão ser definidas pelo fornecedor. Os valores ali constantes são baseados na tabela da empresa Lajes Tamoyo (www.lajestamoyo.com.br) para lajes premoldadas protendidas.

1) Estrutura (Blocos de fundação, Vigas, Pilares, Lajes maciças, Caixa D'água, faixas maciças)

Volume de Concreto = 352,10 m³

Área de Fôrma = 3.600,00 m²

Resumo do Aço:

Ø 5,0	=	4.351 kg
Ø 6,3	=	2.313 kg
Ø 8,0	=	3.497 kg
Ø 10,0	=	4.472 kg
Ø 12,5	=	12.436 kg
Ø 16,0	=	1.461 kg
Ø 20,0	=	807 kg
TOTAL	=	29.337 kg

2) Estacas

Volume de Concreto = 126,11 m³

Resumo do Aço:

Ø 5,0	=	491 kg
Ø 8,0	=	271 kg
Ø 10,0	=	285 kg
TOTAL	=	1.047 kg

3) Lajes premoldada protendida

Área estimada = 2.755,0 m².

Volume estimado = 191,3 m³

Resumo de Aço estimado = 6.120 kg.

No resumo acima não estão considerados:

- Perdas de execução;
- Concreto magro de regularização;

Eng. Civil Carlos Roberto Pinto

CREA PR 18.562/D

Rua Rio de Janeiro, 1732 – Centro

carlosrpi@yahoo.com.br

Cascavel – PR.