

Faculdades Kennedy
Curso de Engenharia Civil

LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA

Artigo científico apresentado junto ao curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia Faculdades Kennedy, orientado pelo Professor Antônio Henrique Freitas.

Aluna Rafaela Marcele Silva Marques

Belo Horizonte

2014

RESUMO

Este Artigo Científico se propõe a conhecer os benefícios da laje alveolar protendida, conferir seu método construtivo, realizar análise comparativa entre outros tipos de lajes, além de avaliar sua viabilidade.

Da mesma forma, ele se justifica diante da necessidade de modernização da construção civil e da utilização de novas tecnologias que objetivam maior produtividade, menor desperdício de recursos, de energia e de tempo. Perante as inúmeras opções disponíveis no mercado, o Engenheiro é o profissional responsável por identificar a melhor solução para cada situação.

Com isso, para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, foi realizada visita técnica a uma empresa do segmento, onde se pôde verificar o processo de fabricação da laje alveolar protendida e permitir, assim, a constatação de que ela está dentre as novas tecnologias existentes na modernidade, sendo um sistema que apresenta desempenho estrutural, agilidade na instalação e economia, dentre outros benefícios que serão avaliados.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	4
2.METODOLOGIA	5
3. LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA	6
4.ESTUDO DE CASO	12
5.CONCLUSÕES	18
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
7.ANEXO	20

1. INTRODUÇÃO

Comparada a outros ramos industriais, a construção civil tem sido considerada obsoleta. Sendo assim, fica clara a necessidade de se criar inovações para o setor, pois, o método construtivo utilizado ainda é bastante arcaico, gerando grande desperdício de materiais, baixo controle de qualidade e de produtividade e, ainda, provocando atrasos nas entregas.

Com isso, pelo avanço da industrialização, atualmente o mercado do pré-fabricado e do pré-moldado vem ganhando espaço. Como afirma Cabral e Junior: “A utilização de pré-fabricados entra como uma alavanca para agilizar, racionalizar e ao mesmo tempo garantir qualidade no processo construtivo.” (p. 18).

Paralelamente a isso, o mercado está cada vez mais exigente, demandando melhor aproveitamento do espaço e, conseqüentemente, a necessidade de estruturas preparadas para vencer vãos maiores. O que as fábricas permanentes e especializadas têm a condição de oferecer.

Com efeito, o presente artigo se propõe a pesquisar os benefícios e desafios da laje alveolar protendida, conhecer seu método construtivo, fazer uma comparação com outras - especialmente aquelas moldadas *in loco* e avaliar sua viabilidade.

2. METODOLOGIA

O procedimento metodológico fez-se por meio de pesquisa bibliográfica de autores e normas que tratam do assunto. Posteriormente, foi realizada a verificação em campo do processo de fabricação da laje alveolar protendida, por meio de visita técnica à empresa Premo Construções e Empreendimentos S.A, onde foi aplicado um questionário estruturado, visando conhecer o empreendimento, seu sistema produtivo e seus produtos.

Em seguida, foi realizada uma análise das respostas obtidas no questionário, subsidiada pelo referencial teórico pesquisado. Com isso, teve-se a oportunidade de comparar o objeto deste estudo com outros sistemas construtivos – especialmente o moldado no local da obra.

3. LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA

3.1 Sistema Estrutural da Laje

A laje é um sistema estrutural presente na construção civil desde a antiguidade, e com o objetivo de melhorar seu desempenho e satisfazer requisitos de segurança, arquitetônicos e econômicos, vem passando por um processo evolutivo considerável. Ela distribui-se pela extensão do pavimento, recebendo e transmitindo as ações das cargas para as vigas e pilares. Além disso, apresentam funções de contraventamento, auxiliando no enrijecimento de vigas, quando concretadas juntas, servindo, também, como isolamento térmico e acústico.

Quanto à laje alveolar protendida, é constituída por painéis de concreto protendido, que dispensa a utilização de escoramentos. Também é caracterizada pelas seções transversais com alturas padronizadas e alvéolos longitudinais, responsáveis pela redução do peso próprio da peça. Sendo assim, é produzida em concreto de elevada resistência característica à compressão ($f_{ck} \geq 45$ MPa) e com aços especiais para protensão. Ainda, possui qualidade visual aliada a um produto de alta resistência estrutural.

Com isso, é desnecessária a utilização do escoramento, o painel protendido proporciona rapidez na montagem da obra, vencendo grandes vãos, com sobrecargas maiores e, ainda, permitindo a redução no tempo de execução da obra. Do mesmo modo, apropriada para obras de grande porte como: galpão, centro de compra, edifício e estádio, a laje alveolar protendida vem conquistando espaço na construção civil devido sua relação custo x benefício.

Além disso, tratando-se do concreto protendido, ele é considerado um aprimoramento do armado, onde, são aplicadas tensões prévias de compressão nas armaduras, contornando-se, assim, a característica da baixa característica do concreto à tração.

Igualmente, a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9062:2006 estabelece os requisitos para projeto, execução e controle de estruturas pré-moldadas de concreto armado ou protendido. Ela apresenta as seguintes definições para pré-moldados e pré-fabricados, respectivamente:

Elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva da estrutura o qual dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias. E,

Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, com mão-de-obra especializada e rigoroso controle de qualidade envolvendo fôrma, armadura, mistura e lançamento de concreto, armazenamento, transporte e montagem. (p. 4)

Já a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 6118:2014, que estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, define uma estrutura de concreto protendido, como sendo aquela que utiliza elementos:

[...] nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no Estado Limite Último (ELU). (p. 21)

3.3 Composição da laje alveolar protendida

A laje alveolar protendida é composta conforme a **Figura 01** e detalhamento a seguir:

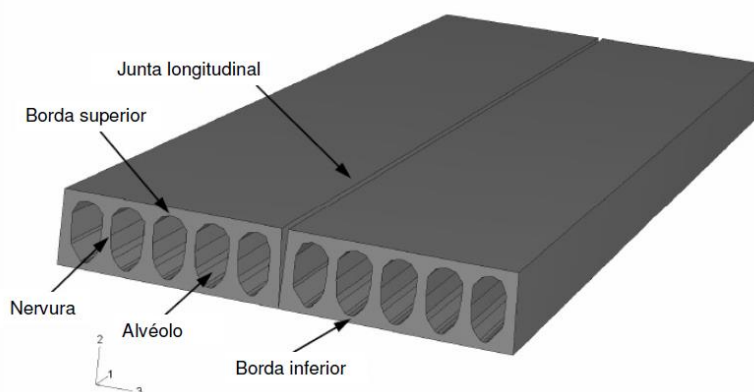


Figura 01: Unidades alveolares e suas partes.

✓ Painel alveolar

É caracterizado pela existência de seções transversais com alturas constantes e alvéolos longitudinais, responsáveis pela redução do peso da peça.

✓ Junta entre painéis

As juntas entre os painéis são preenchidas, com o objetivo de garantir o funcionamento solidário das diversas placas que constituem a laje, de modo a estabelecer uma colaboração entre elas e uma redistribuição de cargas, das mais carregadas para as menos. Além de fornecer o acabamento e a estanqueidade necessária.

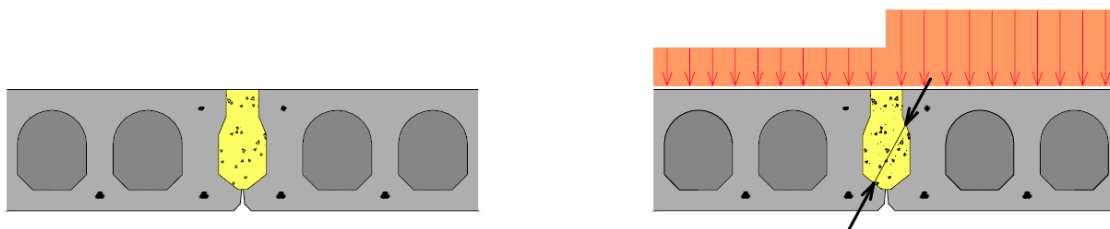


Figura 02: Chave de cisalhamento entre os painéis.

Ela é desenhada de modo que, na união de duas placas, apenas as faces inferiores entram em contato, onde existe um chanfro entre as peças para acabamento inferior. As partes superiores ficam afastadas entre si, permitindo a passagem do concreto. Uma vez concretada, a junta entre as placas constitui uma chave de cisalhamento que solidariza o conjunto.

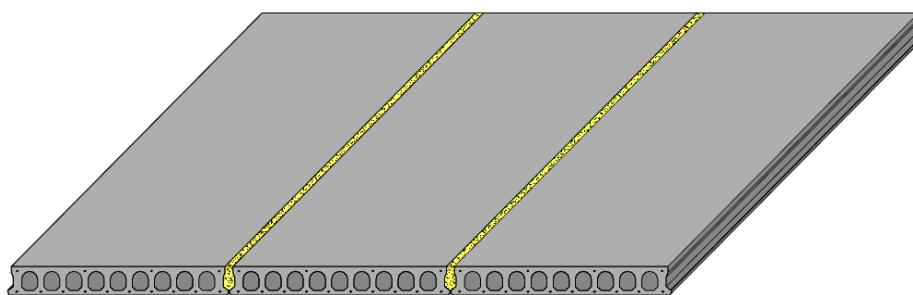


Figura 03: Painéis solidarizados pela chave de cisalhamento.

✓ Capa de compressão

A capa de concreto, necessária à execução das lajes pré-fabricadas, pode ser dispensada nas alveolares. A área de concreto da seção transversal dos painéis pode ser suficiente para resistir às tensões de compressão, e a ausência de juntas requerida para uniformizar a distribuição das cargas pode ser alcançada, simplesmente, com o preenchimento delas. Contudo, para as lajes de piso, é recomendada a utilização da capa de concreto para o nivelamento da superfície e correção da contra flecha decorrente da protensão dos painéis alveolares. Ela também permite o alojamento de armaduras necessárias à redistribuição de cargas concentradas, como é o caso das paredes apoiadas sobre a laje.

✓ Armaduras passivas

É utilizada na capa de concreto e constituída por fios (CA60) ou barras (CA50) com área de aço mínima de $0,60\text{cm}^2/\text{m}$ e contendo pelo menos 3 barras (ou fios) por metro.

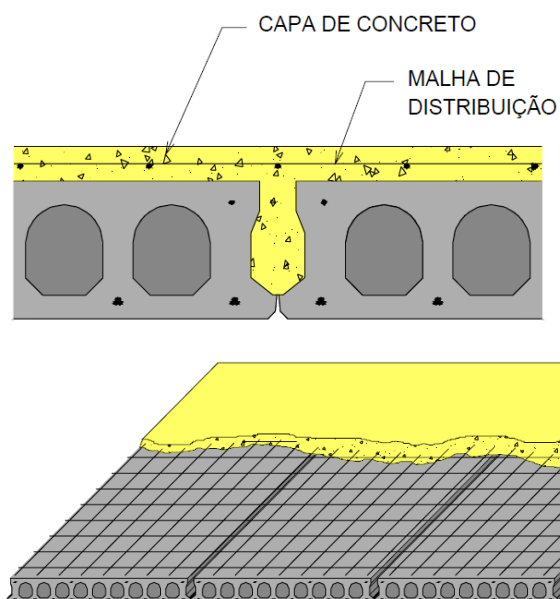


Figura 04: Painéis solidarizados, com capa de concreto e malha de distribuição

3.3 Vantagens da laje alveolar protendida

- ✓ Capacidade de alcançar maiores vãos:

Ainda com cargas de utilização elevadas, se comparada a outros tipos de lajes, ela apresenta mais leveza e menor deformação. Conforme pode ser verificado na **Figura 01**.

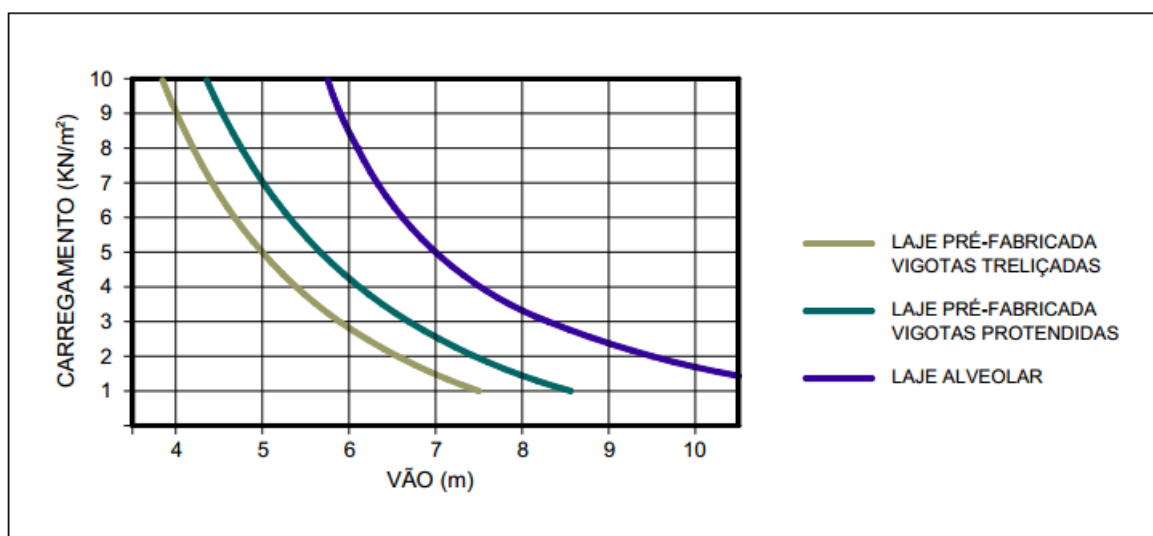


Figura 05: Gráfico comparativo do desempenho.

- ✓ Confiabilidade e qualidade:

Devido a produção ocorrer em ambiente industrial, com a utilização de tecnologia e recursos, pode-se garantir a qualidade.

✓ **Eliminação do cimbramento:**

Mesmo quando é necessária a utilização de capa de concreto, os painéis alveolares são capazes de resistir a estes carregamentos, sem necessidade de qualquer escoramento. Isso se dá devido sua característica autoportante.

✓ **Redução de serviço no canteiro:**

Detalhes de acabamento das lajes alveolares junto à estrutura podem ser executados por profissionais sem especialidade. Da mesma forma, serviços de carpintaria, armação e revestimento, além do recebimento, estoque, transporte e manuseio de todos os materiais envolvidos nestas etapas, são eliminados quase que totalmente.

✓ **Simplicidade e agilidade de montagem:**

Seu processo de montagem é bastante simples e cíclico, garantindo mais rendimento.

✓ **Economia:**

Devido a menor utilização de recursos e mão-de-obra e, principalmente, a considerável redução no prazo de execução, a laje alveolar apresenta-se indispensável para obra com canteiro e cronograma limitado.

3.4 Desvantagens da laje alveolar protendida

- ✓ Demanda equipamentos especiais de produção e manuseio.
- ✓ Inflexibilidade em certos casos de projeto, como largura padrão, recortes.
- ✓ Resistência à flexão transversal limitada, devido à ausência de armadura nesse sentido.
- ✓ Possibilidade de atingir diferentes deformações.

3.5 Comparação da laje alveolar protendida e a moldada *in loco*

A **Tabela 01**, apresentada a seguir, faz uma comparação entre a laje alveolar protendida e a laje de concreto armado moldada *in loco*:

PROCESSOS	LAJES ALVEOLARES PROTENDIDAS PRÉ- FABRICADAS	LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS <i>IN</i> <i>LOCO</i>
Treinamento da mão de obra de produção	X	
Documentação	X	X
Layout	X	X
Verificação das condições iniciais	X	X
Necessidade de estoque de materiais em obra		X
Guindaste	X	
Elevador de carga	X	X
Utilização de fôrmas		X
Necessidade de escoramento		X
Transporte horizontal no canteiro		X
Limpeza da estrutura	X	X
Necessidade de equipes terceiras durante o processo	X	X
Colocação de armaduras		X
Execução de concretagem	X	X
Maior velocidade de execução	X	
Aumento da produtividade da mão de obra	X	
Redução de etapas de produção no canteiro	X	
Eliminação de resíduos	X	
Garantia de qualidade do produto	X	X

Fonte: Zanon, Emerson Baldasso, 2011

Tabela 01: Comparativo entre a laje alveolar e a moldada *in loco*.

4. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de conhecer o método produtivo da laje alveolar protendida aconteceu, no dia 02 de setembro de 2014, a visita técnica à Premo Construções e Empreendimentos S.A, empresa especializada em soluções construtivas, com atuação em todo o Brasil.

O empreendimento localiza-se na cidade de Vespasiano, a 30 km da capital mineira e conta com uma área de 100.000m² para o desenvolvimento dos seguintes serviços: desenvolvimento de projeto; suporte técnico-comercial; desenvolvimento de produtos e obras especiais; execução de estruturas *in-loco*; produção fabril; canteiro remoto; *turn key* estrutural e *built-to-suite*.

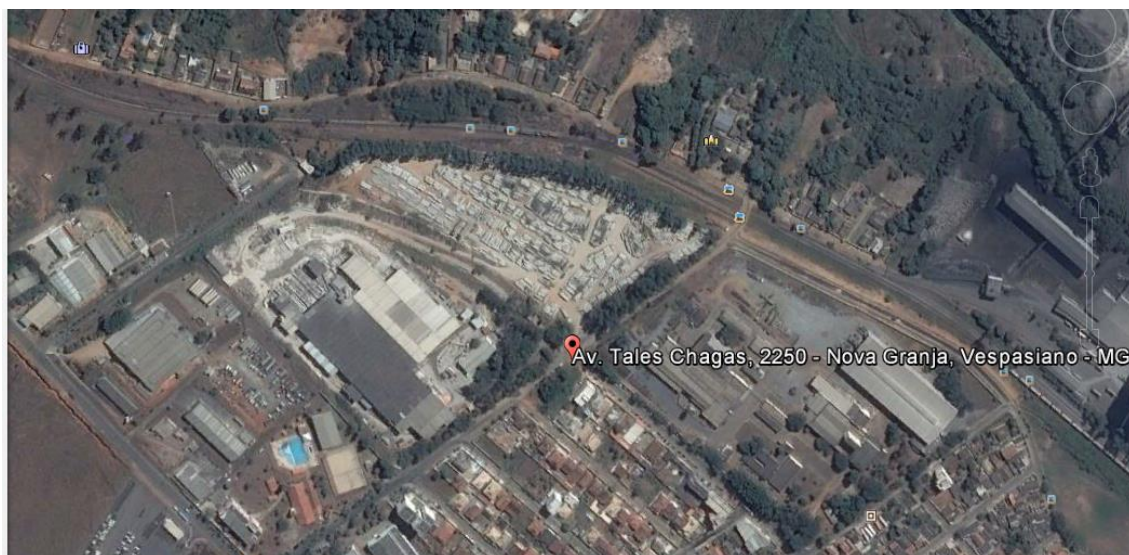


Figura 06: Sede da Premo Construções e Empreendimentos.

Sobretudo, a empresa é dotada de equipamentos de tecnologia avançada, conta com uma central de concreto automatizada e informatizada e tem capacidade de produção de 3.000m³ de estruturas pré-fabricadas por mês, entre elas: pilares, painéis de laje e de vedação, vigas, telhas, mobiliário urbano, escadas, entre outras peças fabricadas por encomenda.

Da mesma forma, de acordo com o projeto da obra, o sistema pré-fabricado adotado pela Premo utiliza-se de peças estruturais em concreto armado ou protendido. Essas são transportadas para o canteiro de obras do cliente e montadas diretamente da carreta para suas posições pré-determinadas.

Em virtude disso, a Premo, cita as seguintes vantagens do sistema pré-fabricado comparadas a outros métodos construtivos:

Maior facilidade para planejamento e controle de obras; Eliminação de desperdícios; Eliminação de serviços intermediários como formas, escoramentos, andaimes, etc; Total sincronia do processo de fabricação, transporte e montagem das peças; Redução dos prazos de entrega da obra e cumprimento completo do cronograma; Maior controle de qualidade e prazos durante todo o processo de produção; Alta resistência à fadiga; Canteiro limpo e organizado; Facilidade para futuras ampliações da obra; Maior durabilidade com menores custos de manutenção; Contribuição na preservação do meio ambiente; Redução dos custos do seguro contra risco de fogo; O resultado é uma obra com: Melhor qualidade; Custo fixo; Menor prazo. (2012)

A visita em questão foi orientada por dois empregados da Precon o Técnico de Produção Varlei Valadares e o Engenheiro Civil graduado pela Faculdades Kennedy Nilton Vieira, que direcionou os estudantes às instalações físicas do empreendimento, esclareceu seu funcionamento e o método construtivo da laje alveolar protendida. A fim de direcionar a atividade, conhecer melhor a empresa, seu sistema produtivo e seus produtos, foi estruturado um questionário, onde as perguntas e respostas foram transcritas e, em seguida, analisadas:

Alunos: Há quanto tempo a empresa fabrica laje alveolar protendida?

Engº Nilton Vieira: A Premo fabrica este produto a aproximadamente 16 anos.

Alunos: Quais as principais matérias-primas utilizadas?

Engº Nilton Vieira: As principais matérias-primas utilizadas são: areia natural e artificial de guinais, brita calcária com graduação zero, água, aditivo a base de polímeros para melhor o acabamento e possibilitando melhor desempenho do concreto e equipamento.

Alunos: Quais as vantagens da laje alveolar protendida em relação às demais?

Engº Nilton Vieira: Facilidade de transporte e montagem, simplicidade e rapidez de montagem, redução de serviços na obra, eliminação de cimbramento, possibilidade de atingir maiores vãos, qualidade e confiabilidade e redução da mão de obra nos processos de montagem e concretagem.

Alunos: Como é o método construtivo da laje alveolar protendida? Qual etapa é a mais crítica?

Engº Nilton Vieira: O processo de fabricação da laje alveolar é simples: Primeiro recebe-se o detalhe construtivo da laje. Em seguida, é lançado sobre a pista os cabos de cordoalha de acordo com as especificações descritas no detalhe. Logo após, os cabos são ancorados à pista por dispositivos especiais. Após fixação das ancoragens, as cordoalhas sofrem o processo de protensão com equipamentos próprios. Assim, o equipamento de concretagem é levado até a pista, onde recebe o concreto com abatimento nulo. Em seguida esse concreto é lançado sobre equipamento, onde ele sofre um processo de extrusão, o qual é comprimido contra as paredes do equipamento por roscas que giram em sentidos contrários, moldando a peça. Assim, o processo de compactação da massa de concreto gera o deslocamento do equipamento em sentido contrário, tracionando o equipamento. Simultaneamente, entra em ação um sistema de vibradores de alta frequência, que promove o acabamento superficial do concreto, a partir daí a laje começa a ser moldada sobre a pista. Por outro lado, a etapa mais crítica é aquela de produção, pois, caso esta não seja seguida rigorosamente, conforme procedimento de controle e especificações do projeto, podem acarretar patologias que geram perdas de produção ou recusa de peças.

Alunos: Comparando a laje alveolar protendida com a laje moldada *in loco*, qual apresenta melhor custo benefício? Por quê?

Engº Nilton Vieira: Cada caso tem suas particularidades, a laje alveolar depende de instalações industriais mais modernas e que tem controle de qualidade mais eficiente, porém é inviável sua utilização em obras de pequeno porte, sendo mais utilizada em obras de galpões industriais, prédios comerciais, passarelas *shoppings*, passarelas e obras onde não é possível a utilização de lajes convencionais.

Alunos: São realizados ensaios de resistência da laje alveolar protendida? Como são feitos?

Engº Nilton Vieira: Como toda estrutura os ensaios seguem recomendações prescritas nas normas técnicas da ABNT. Sobre os quais se destacam os ensaios de controle de resistência à compressão do concreto, módulo de elasticidade e ensaios de flexão da laje. Estes ensaios são necessários para controle do processo de fabricação e verificação do atendimento às especificações do projeto. Quanto ao ensaio de flexão, é realizado com prensa que exerce carregamento sobre a seção transversal da laje, fazendo com que ela sofra um esforço onde é possível observar a presença de fissuras, deformações aparentes e cisalhamento. Já o ensaio de compressão do concreto é realizado para controle do f_{ck} aos 28 dias e f_{cj} para liberação da protensão e transporte das peças, após período inicial de cura do concreto de aproximadamente 16 horas.

Alunos: Como é realizado o carregamento e transporte das lajes?

Engº Nilton Vieira: O carregamento na fábrica é realizado por ponte rolante ou guindaste que, por pontos de içamento, levantam a laje sobre as pilhas no estoque ou nas carretas que executam o transporte das peças para a obra ou para o local de estocagem.

Alunos: Quais os recursos necessários para instalação da laje alveolar protendida em uma obra?

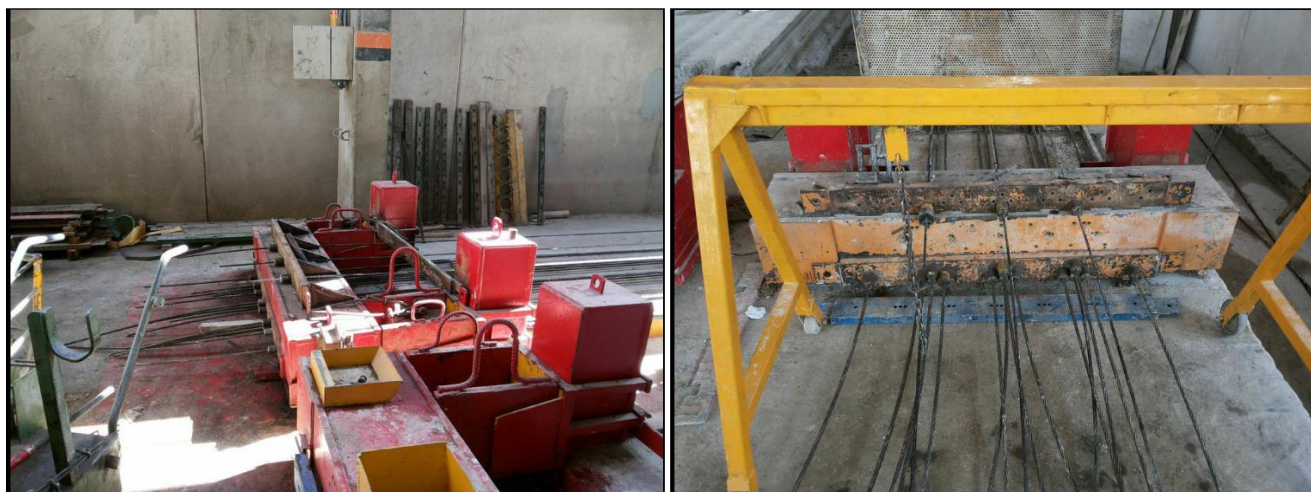
Engº Nilton Vieira: Guindastes ou gruas, dependendo do peso da laje e do espaço físico que a obra dispõe.

Alunos: A empresa desenvolve algum programa de responsabilidade socioambiental? Qual?

Engº Nilton Vieira: Existem projetos em andamento, mas uma das vantagens desse processo é a baixa geração de resíduos sólidos.

Nesse interim, analisando as respostas ao questionário supracitado, pode-se completar que as lajes alveolares protendidas tem a característica de atingir grandes vãos, sem a necessidade de utilização de escoramento e de revestimento na face inferior, facilitando a montagem, com redução de prazos e custos da obra. Entretanto, devido à utilização de tecnologias e equipamentos para pré-fabricação, transporte e montagem, para garantir melhor custo x benefício, ela é mais indicada às obras de grande porte.

Segue o registro fotográfico do processo de fabricação da laje alveolar protendida da Premo Construções e Empreendimentos:



Figuras 06 e 07: Processo de protensão da cordoalha de aço.



Figuras 08 e 09: Forma dos alvéolos e baía de armazenamento e pesagem dos agregados.



Figuras 10 e 11: Equipamento para lançamento do concreto e laje em processo de cura.



Figuras 12 e 13: Identificação e corte da peça.



Figuras 14 e 15: Laje acabada e aguardando transporte.

5. CONCLUSÕES

O artigo teve como finalidade pesquisar os benefícios e desafios da laje alveolar protendida, conhecer seu método construtivo, fazer uma comparação entre outras, especialmente entre aquelas moldadas *in loco* e avaliar sua viabilidade.

Por meio da realização de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, foi verificado que a laje alveolar protendida tem como característica principal a capacidade de vencer grandes vãos com grandes carregamentos, em comparação a outros sistemas. Isso se dá devido à utilização de armadura ativa de protensão aliada a um concreto de alto desempenho e, devido à existência dos alvéolos, proporcionando menor peso próprio à estrutura.

Enfim, pode-se concluir que o sistema construtivo da laje alveolar protendida ainda encontra-se em fase de aprimoramento, além disso, sua atuação no mercado apresenta-se restrita. Quanto a viabilidade, comparando a alveolar com aquelas moldadas *in loco*, a primeira cumpre seus objetivos de vencer grandes vãos, eliminar o cimbramento, garantir qualidade e gerar economia de recursos, mão-de-obra no canteiro, financeira e de prazo. Por outro lado, tem suas restrições, como a necessidade de tecnologias e a resistência à flexão transversal limitada. Por isso, entende-se que o sistema de laje a ser utilizado em uma edificação deve receber avaliação particular, pois cada projeto apresenta sua necessidade específica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto**: Procedimento. Rio de Janeiro: 2014.

ABNT NBR 9062. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: 2006.

CABRAL, José Luís do Carmo. JÚNIOR, Nilson Luiz Miranda Cavaleiro. **Estudo de caso de aplicação de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas desde sua fabricação até seu destino final na obra**. Belém: Universidade da Amazônia, 2012.

PETRUCELLI, Natalia Savietto. **Considerações sobre projeto e fabricação de lajes alveolares protendidas**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2009.

PREMO, Construções e Empreendimentos S.A. **Soluções Construtivas**. Disponível em: <http://www.premo.com.br/> Acesso em: 11 set 2014.

TATU, blocos, lajes, pisos e telhas. **Laje alveolar protendida**. Disponível em: http://www.tatu.com.br/pdf_novo/lajes_alveolares.pdf. Acesso em: 17 set 2014.

ZANON, Emerson Baldasso. **Lajes alveolares protendidas pré-fabricadas e maciças de concreto armado moldadas *in loco***: comparativo dos processos de execução. Porto alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

7. ANEXO

QUESTIONÁRIO VISITA TÉCNICA	
Empresa: Premo Construções e Empreendimentos S.A.	Data da visita: 02/09/2014
Tema: Laje Alveolar Protendida	
Disciplina: Estrutura de Concreto Armado II	Professor: Ronilson Sousa
Alunos: Poliana França – Rafaela Marques – Talles Fonseca – Tamiris França – Washington Mendes	

1. Há quanto tempo a empresa fabrica laje alveolar protendida?

2. Quais as principais matérias-primas utilizadas?

3. Quais as vantagens da laje alveolar protendida em relação às demais? E as desvantagens?

4. Como é o método construtivo da laje alveolar protendida? Qual etapa é a mais crítica?

5. Comparando a laje alveolar protendida com a laje moldada *in loco*, qual apresenta melhor custo benefício? Por quê?

6. São realizados ensaios de resistência da laje alveolar protendida? Como são feitos?

7. Como é realizado o carregamento e transporte das lajes?

8. Quais os recursos necessários para instalação da laje alveolar protendida em uma obra?

9. A empresa desenvolve algum programa de responsabilidade socioambiental? Qual?
