

## Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas

### Cleovir José Milani

Engenheiro civil, professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Rua Itacolomi, 1303, apto 201, centro, Pato Branco, Paraná, (46) 3225-2450, cjmilani@yahoo.com.br

### Rodrigo Boesing

Engenheiro civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Rua Tapejara, 520, apto 204B, Pato Branco, PR, rodrigoboesing@hotmail.com

### Rogério Alberto Philippsen

Engenheiro civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Rua Jaciretã, 151, Pato Branco, PR, rogerio.epc@gmail.com

### Luiz Antonio Miotti

Engenheiro civil, professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Via do crescimento, Km 1, Pato Branco, PR, lamriotti@gmail.com

### Resumo

O estudo correlaciona as patologias com o processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto que vêm sendo empregados por empresas que atuam na região oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. O trabalho identifica as patologias que são originadas ainda no processo de produção, investiga as causas de tais patologias e propõe medidas mitigadoras. Fundamentado em visitas técnicas, o estudo verificou como ocorre a produção dos pré-moldados, englobando itens que abrangem desde o recebimento e estocagem da matéria-prima, preparação do concreto, formas, armaduras, logística, até a expedição do produto acabado para o consumidor.

*Palavras-chave:* pré-moldados, concreto armado, patologias.

Ao contrário do que ocorreu em outros países, os métodos de execução da construção civil no Brasil não acompanharam o desenvolvimento tecnológico. No Brasil, ao longo dos anos não se teve a preocupação em adotar processos construtivos mais racionais; a mão de obra até então, abundante e barata, compensava os gastos com desperdícios e processos com baixo controle (OLIVEIRA, 1997).

Com o aquecimento do mercado e a forte concorrência, as empresas que atuam na construção civil buscam encontrar maneiras de se manter cada vez mais competitivas, de modo que a redução de custos de produção, tempos de execução, menor desperdício, otimização da mão de obra são quesitos que devem ser ponderados. O uso de metodologias que propiciem a industrialização da construção civil se torna uma alternativa interessante, como é o caso da aplicação de elementos pré-moldados.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1985), em sua NBR 9062/1985 define os

elementos pré-moldados como peças executadas industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Tais elementos representam uma opção válida para racionalizar o processo de produção. Essas peças apresentam algumas características significativas, são elas: rapidez de execução, controle de qualidade, projetos de modulação e relativo nível organizacional de produção (PEDERIVA, 2009).

A racionalização conseguida com o uso de pré-moldados permite que os materiais disponíveis para a execução do empreendimento sejam mais bem aproveitados, sem, contudo, demandar profundas alterações tecnológicas (PEDERIVA, 2009).

Na região Oeste de Santa Catarina e Sudoeste do Paraná, as peças pré-fabricadas vêm sendo empregadas frequentemente nas obras. Assim, há a necessidade de conhecer o processo de produção

de tais peças identificando as falhas que podem ocorrer durante a fabricação, de modo que se possa ter uma indústria que utilize racionalmente seus recursos e ofereça um produto de qualidade para o mercado consumidor.

Realizando visitas a empresas localizadas no Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina foi estudado o processo produtivo de pré-moldados de vigas, pilares, estacas, lajes e galerias pré-fabricadas identificando as patologias mais frequentes e os fatores que podem influenciar na ocorrência dessas patologias durante o processo de produção.

Os objetivos do estudo visaram a identificação da influência do processo produtivo na geração de manifestações patológicas nas peças pré-fabricadas e apresentação de sugestões de melhorias no processo, mediante caracterização do processo de produção das peças pré-fabricadas de concreto armado, identificação de manifestações patológicas oriundas do processo produtivo.

### Justificativa

Com o crescente desenvolvimento da construção civil, a busca por processos construtivos mais eficientes passou a ser uma questão primordial. A forte concorrência faz com que as empresas que atuam no setor busquem novas formas e métodos construtivos, com processo modulado, de maior industrialização, como é o caso dos pré-moldados em concreto armado.

No Brasil, os pré-moldados de concreto armado vêm sendo amplamente difundidos, englobando postes, vigas, pilares, estacas, lajes, entre outros. Não são raras as edificações comerciais e residenciais que são construídas através deste método. Mais especificamente na região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina, apesar de produzirem peças pré-moldadas, na grande maioria das empresas, o processo de produção é realizado de modo artesanal, sem procedimentos claramente definidos. Assim, comumente veem-se peças de concreto pré-moldado com baixa qualidade sendo empregadas, o que justifica a relevância deste trabalho.

Para que um padrão de qualidade satisfatório seja atingido, capaz de atender a demanda existente, é importante um controle rigoroso durante o

processo produtivo das peças e a verificação de manifestações patológicas oriundas deste processo, a fim de minimizá-las ou saná-las, de modo a atestar a funcionalidade, estética e estabilidade dos elementos.

### Materiais e programa experimental

Em relação aos objetivos propostos, o trabalho de pesquisa descritiva está fundamentado em visitas técnicas realizadas às empresas produtoras de pilares, vigas, lajes e galerias pré-fabricadas em concreto armado. No desenvolvimento do trabalho, foram visitadas cinco empresas, localizadas no Oeste de Santa Catarina e Sudoeste do Paraná.

O método utilizado para identificação das patologias mais recorrentes foi o visual, através de técnicas padronizadas de coletas de dados.

Os dados coletados através de trabalho de campo foram obtidos fundamentalmente por observação pessoal, e fundamentado com ilustrações fotográficas.

A coleta de dados foi desenvolvida através de visitas às empresas acima citadas, durante dois meses (setembro e outubro de 2011); para tanto, o delineamento geral da pesquisa demandou cinco etapas consecutivas.

#### 1ª Etapa

As possíveis empresas a serem visitadas foram identificadas através do conhecimento de obras realizadas por elas na região, das quais se tinha conhecimento, além de pesquisas junto às construtoras locais. A partir disto, foram realizados contatos para agendamento de visita.

#### 2ª Etapa

Elaboração de *check-list* direcionado ao responsável pelo processo de produção da empresa visando identificar questões como: local de depósito de agregados, cimento, tipos de formas empregadas, produção de concreto, cura, desforma das peças, equipamentos utilizados, dentre outros; aquisição de equipamentos, tais como, máquina fotográfica, trena, bloco de notas, outros.

### 3ª Etapa

Visita às empresas que se dispuseram a participar da pesquisa, realizando os seguintes trabalhos:

- entrevista com responsável pela produção da empresa;
- verificação do processo produtivo;
- identificação das patologias; registro fotográfico.

### 4ª Etapa

Arquivamento e análise dos registros fotográficos. Seleção das fotos com as principais patologias encontradas.

### 5ª Etapa

Registro das diversas informações encontradas sobre as empresas: características gerais do processo produtivo; manifestações patológicas nas peças pré-moldadas de concreto armado; sugestão de melhorias no processo produtivo objetivando uma minimização das patologias encontradas.

## Resultados e discussões

Durante o desenvolvimento do trabalho foram visitadas cinco empresas atuantes na produção de peças pré-moldadas de concreto, sendo três localizadas no Sudoeste do Paraná e as demais no Oeste de Santa Catarina, aqui denominadas de E1, E2, E3, E4 e E5, respectivamente. Na Tabela 1 tem-se uma caracterização das empresas visitadas.

Dentre as empresas visitadas, E1, E4 e E5 possuem profissional graduado com ênfase em construção civil como responsável direto pelo setor de produção das peças. Nas demais, o responsável pela produção não apresenta graduação em escola técnica, ocupando a função com base na experiência adquirida ao longo dos anos.

### Manifestações patológicas

Na realização das visitas, foi possível observar a ocorrência de patologias nas peças concretadas. As patologias apresentaram-se sob formas variadas nas cinco empresas, dentre elas destacam-se: manchas, fissuras, quebras, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem), acabamento inadequado.

Fez-se uma amostragem aleatória em 20 peças de cada empresa com o intuito de se verificar a incidência de cada patologia. Com base nesse levantamento, elaboraram-se indicadores das patologias por empresas.

### Manchas

As manchas ocorreram de modo mais significativo nas empresas E1, E3 e E5, conforme Figura 1.

A ocorrência das manchas (Figura 2) pode estar associada à limpeza das formas, ao método de aplicação do desmoldante e também à mistura do concreto. Aplicação dos desmoldantes nestas empresas é realizada com broxas; neste procedimento é comum ocorrerem concentrações de desmoldantes em determinadas regiões da forma em virtude de uma distribuição não homogênea desses materiais.

Tabela 1 - Caracterização das empresas

Empresa	Localização	Produção (m³/mês)	Funcionários na Produção	Peças Produzidas
E1	Sudoeste/PR	300	21 a 30	Lajes, Vigas, Pilares, Placas.
E2	Sudoeste/PR	150	21 a 30	Galerias, Meio-Fio, Poste, Paver, Placas, Postes.
E3	Sudoeste/PR	150	11 a 20	Lajes, Vigas, Pilares.
E4	Oeste/SC	2000	Mais de 50	Lajes Alveolares, Vigas, Pilares, Galerias, Placas.
E5	Oeste/SC	300	21 a 30	Lajes, Vigas, Pilares.

Outro quesito importante é a limpeza das formas; antes de cada concretagem é importante realizar uma perfeita limpeza para remoção de óleos, graxas e resquícios de concreto remanescentes das concretagens anteriores.

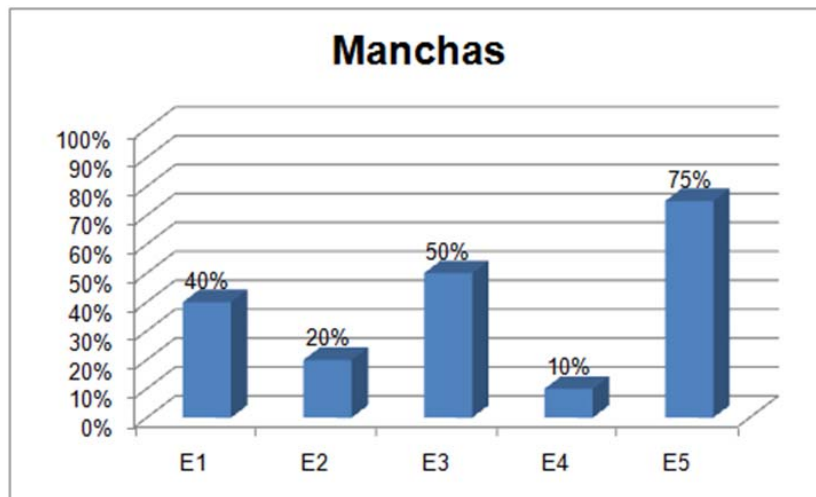
Em relação à mistura do concreto, nessas empresas foi observado que o concreto não se apresentava perfeitamente homogêneo durante a concretagem, com concentrações de areia em determinados pontos; tal prática pode ter contribuído para a formação das manchas.

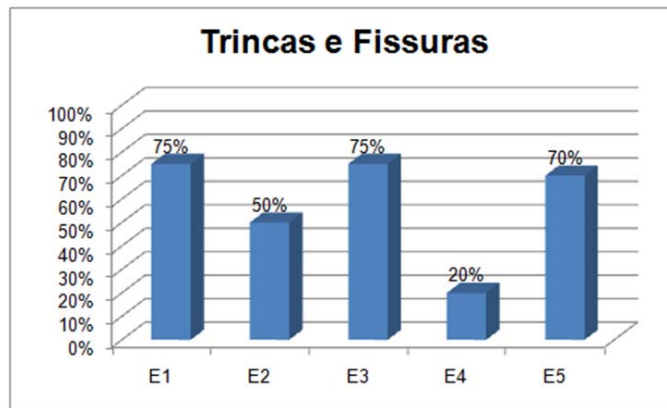
Medidas Mitigadoras:

- Utilizar desmoldantes de baixa viscosidade e aplicá-los com pulverizadores manuais.
- Realizar limpeza das formas antes de cada concretagem.
- Misturar por tempo adequado o concreto e não exceder a capacidade do misturador.
- Evitar excesso de água.

**Figura 1:** Ocorrência de manchas. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 2:** Manchas. Fonte: Cleovir José Milani.





**Figura 3:** Ocorrência de trincas e fissuras. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 4:** Fissuras. Fonte: Cleovir José Milani.

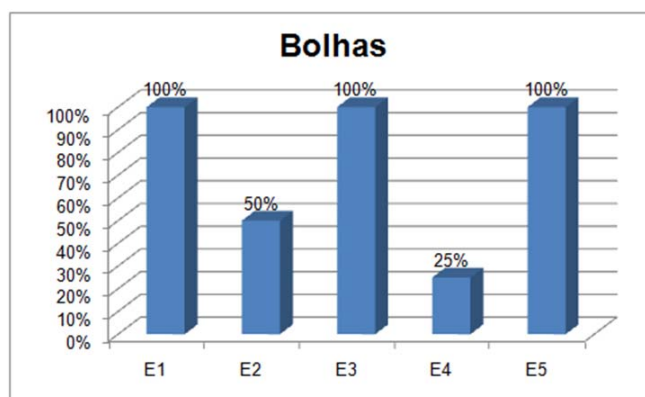
**Figura 5:** Depósito de peças recém-concretadas: incidência direta do sol. Fonte: Cleovir José Milani.

### Trincas e fissuras

Conforme a Figura 3 constatou-se que, nas empresas E1, E2, E3 e E5, a incidência de trincas e fissuras é mais intensa.

A origem das trincas e fissuras (Figura 4) pode estar relacionada ao tipo de cimento utilizado pelas empresas, no caso o CP V ARI, e também ao procedimento de cura das peças concretadas.

Conforme observado nas visitas, as empresas não realizam a cura adequada das peças; os elementos concretados permanecem geralmente por um dia nas formas, quando então são desmoldados e levados ao estoque, ficando diretamente expostos ao sol, o que pode contribuir para o surgimento de trincas por retração. As peças em estoque não são umedecidas diariamente para minimizar tais efeitos (Figura 5).



**Figura 6:** Bolhas superficiais. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 7:** Ocorrência de bolhas. Fonte: Cleovir José Milani.

Com relação às trincas e fissuras, a empresa E4 apresentou índice menos significativo que as demais. Isso pode ser correlacionado ao fato de seu processo de cura ser diferenciado. Após a concretagem, na empresa E4 é colocada sobre as peças uma manta plástica de cura a fim de evitar a perda excessiva de água para o ambiente. Tal prática, apesar de não extinguir completamente a patologia, minimizou sua ocorrência.

Medidas Mitigadoras:

- Realizar cura úmida constante, da concretagem até a expedição das peças para a obra.
- Com o concreto ainda estado fresco, aplicar manta de cura sobre as peças concretadas.

### Bolhas superficiais

Dentre as patologias constatadas, as bolhas superficiais (Figura 6) foram a patologia de maior incidência dentre todas as identificadas.

Com relação à ocorrência de bolhas, pela Figura 7 foi possível constatar que essas bolhas se manifestaram de modo mais intenso nas peças produzidas pelas empresas E1, E3 e E5.

O surgimento dessa patologia pode estar correlacionado ao tipo de desmoldante empregado nas formas e também à vibração inadequada. Essas três empresas utilizam desmoldantes a base de óleos minerais; todavia, segundo a literatura, esse tipo de desmoldante pode propiciar o surgimento de bolhas de superfície. Com relação à vibração, todas as três empresas utilizam o vibrador tipo agulha (de mangote).

Durante as visitas, foi possível observar que a vibração não era executada de modo correto; o vibrador agulha utilizado para adensar peças grandes era o mesmo utilizado nas peças menores, desse modo nos elementos de menores dimensões além de a vibração ocorrer de modo excessivo, ela era executada próxima das faces das formas o que



pode ter contribuído para a ocorrência das bolhas, conforme Figura 8.

- Utilizar vibradores compatíveis com as dimensões das peças a serem concretadas.

**Figura 8:** Vibração inadequada: próximo às faces da forma. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 9:** Adensamento inadequado. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 10:** Acabamento Inadequado. Fonte: Cleovir José Milani.

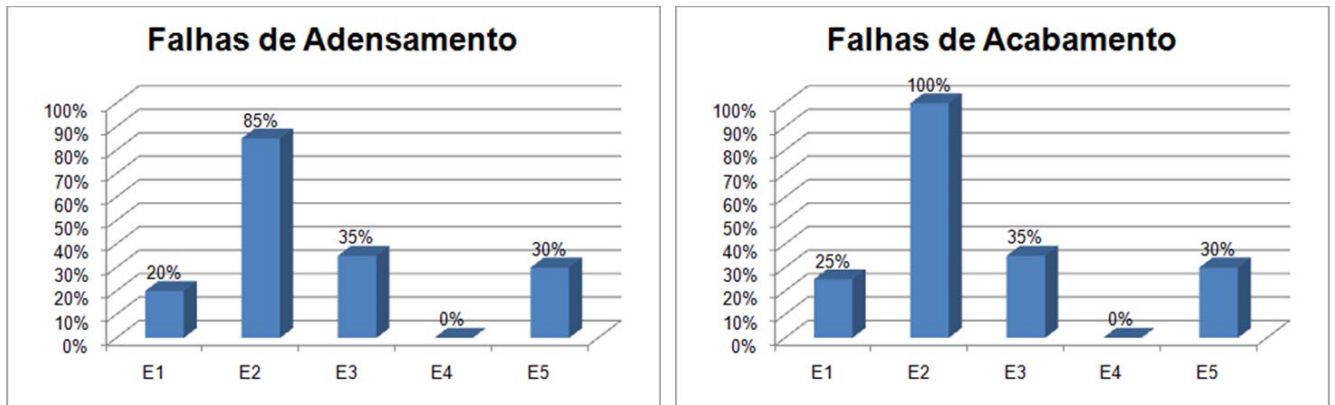
Medidas Mitigadoras:

- Não utilizar desmoldantes a base de óleos minerais.
- Concretar as peças com concreto autoadensável (CAA).
- Não vibrar excessivamente o concreto nas proximidades das faces.

### Falhas de acabamento e adensamento

Dentre as patologias constatadas, observou-se que as peças com maior índice de problemas de acabamento (Figura 9) e falhas de concretagem (Figura 10) ocorreram na empresa E2.





**Figura 11:** Ocorrência de falhas de adensamento e falhas de acabamento. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 12:** Concretagem das galerias. Fonte: Cleovir José Milani.

Pela Figura 11 percebeu-se que as falhas de adensamento atingiram 85% das peças observadas enquanto que as falhas de acabamento foram identificadas em todas as peças. Tais peças referem-se às galerias em formato L.

As peças que apresentaram tais patologias possuem grandes dimensões (2,5 metros de altura e 2,0 metros de largura) e, pelo sistema de formas adotado, a concretagem é realizada em uma única etapa. Desse modo, o concreto é lançado de alturas elevadas, o que contribui para a segregação de seus elementos constituintes. Além disso, a vibração do concreto é realizada por vibradores tipo agulha; por serem concretadas em uma única etapa (as formas não possuem janelas de concretagem), o vibrador não tem capacidade de vibrar as camadas inferiores; nestas regiões, em 100% das peças observadas, constataram-se falhas no adensamento do concreto e falhas de acabamento.

Notou-se também que as galerias L após concretadas não são “reguadas” para que a sua face superior torne-se plana e com acabamento uniforme. Terminada a concretagem, os funcionários são orientados a apenas alisar a superfície com a colher de pedreiro, o que não deixa a face superior perfeitamente nivelada e lisa (Figura 12).

Medidas Mitigadoras:

- Utilizar o concreto autoadensável.
- Alterar sistema de formas para que o concreto não necessite ser lançado de grandes alturas.
- Abrir janelas intermediárias de concretagem.
- Reguar a face superior da galeria.
- Utilizar vibrador adequado às dimensões da peça.



## Quebras

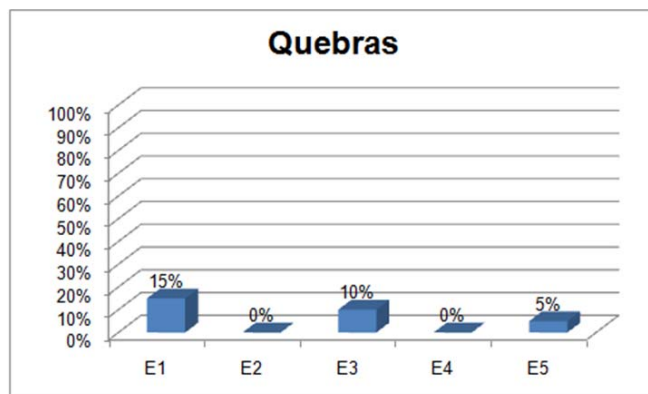
Durante as visitas, viu-se que as quebras (Figura 13) não se apresentaram como patologias de grande incidência nas empresas observadas.

Apenas na empresa E1, as quebras foram mais significativas com cerca de 15% das peças observadas, conforme Figura 14.

As quebras observadas na empresa foram oriundas da movimentação interna das peças (desforma e estocagem). A empresa E1 não possui pontes rolantes que unem a produção com o setor de estocagem; esse transporte é realizado por meio de caminhões. Assim, ocorrência de choques mecânicos é maior o que gera as quebras e lascas das peças observadas.

**Figura 13:** Quebra. Fonte: Cleovir José Milani.

**Figura 14:** Ocorrência de quebras. Fonte: Cleovir José Milani.



Medidas Mitigadoras:

- Realizar o transporte das peças por meio de pontes rolantes.
- Proteger as extremidades das peças durante a movimentação.

## Conclusões

O estudo mostrou as seguintes patologias:

O surgimento das bolhas peças produzidas pode ser função do desmoldante empregado e da vibração executada de modo inadequado.

Os desmoldantes a base de óleos minerais podem propiciar o surgimento de bolhas de

superfície e, além disso, a vibração não era feita corretamente.

Para adensar as peças grandes e as pequenas, o mesmo vibrador é utilizado; deste modo, nos elementos de menores dimensões a vibração ocorria de modo excessivo e executada próxima das faces, o que pode ter ocasionado a ocorrência das bolhas.

As trincas e fissuras tiveram maior incidência nas empresas E1, E2, E3 e E5. Tais ocorrências podem estar atreladas ao tipo de cimento utilizado pelas empresas, no caso o CP V ARI, mas principalmente ao procedimento de cura.

As manchas foram mais incidentes nas empresas E3 e E5. Isso pode ser consequência do procedimento de aplicação do desmoldante e também da mistura do concreto.

Na empresa E2 constatou-se a ocorrência de peças com falhas de acabamento e falhas no adensamento das galerias. Essas peças são de grandes dimensões e, pelo formato das formas, a concretagem ocorre em uma única etapa.

Observou-se que as empresas E1, E2, E3 e E5 apresentaram a maior incidência de patologias. Tal fato pode estar correlacionado ao processo produtivo, executado com controle menos rigoroso

das etapas, metodologias, materiais e mão de obra menos especializada.

A empresa E4 apresentou-se melhor estruturada que as demais, e por consequência, a incidência de patologias foi menos intensa.

Na empresa E4, a mão de obra recebe treinamento técnico com maior frequência, enquanto que na maior parcela das demais, os funcionários não recebem treinamento, sendo o conhecimento transmitido de colaborador a colaborador conforme a convivência entre eles.

Na empresa E4 é feito controle eletrônico da umidade da areia, dosagem do concreto em massa; emprega o concreto autoadensável nas peças e realiza algum procedimento de cura.

## Referências bibliográficas

- OLIVEIRA, C. S. P. *As principais características da mão-de-obra da construção civil que interferem na filosofia da qualidade. Anais... XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep 1997.*
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.* Rio de Janeiro, 1985.
- PEDERIVA, P. F. *Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco.* Monografia [Graduação em Engenharia Civil] - Ijuí, RS: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.