



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

VITOR COUTINHO MASALA

PROCESSO PRODUTIVO DE ESTACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO
PROTENDIDO: ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

UBÁ – MG

2016

VITOR COUTINHO MASALA

**PROCESSO PRODUTIVO DE ESTACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO
PROTENDIDO: ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Me. Liliane Souza Oliveira
Moni

UBÁ – MG

2016

Resumo

O objetivo desse trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica dos pré-requisitos para a fabricação de estacas de concreto e uma análise das patologias oriundas dos processos de fabricação. A análise de patologias foi realizada em conjunto com departamento de qualidade em uma empresa de pré-fabricados de concreto. A partir dos relatórios de inspeção foi possível quantificar os tipos de patologias e suas principais causas. Foi constatado que a principal causa de patologias é o sistema de produção utilizado e as patologias de menor incidência, relacionadas à falta de qualificação e treinamento da mão de obra.

Palavras-chave: Estaca de concreto. Patologias. Concreto. Protensão.

Abstract

The aim of this work is to present a review of prerequisites for the manufacture of concrete piles and analysis of pathologies from manufacturing processes. The analysis of diseases was held in conjunction with the quality Department in a prefabricated concrete company. From the inspection reports was possible to quantify the types of pathologies and their main causes. It was found that the main cause of diseases is the production system used and the lowest incidence pathologies related to lack of qualifications and manpower training.

Keywords: Concrete piles. Pathologies. Concrete. Protension.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem passando por um processo de automação e melhoria ao longo dos anos. Em comparação com outras áreas como as indústrias mecânicas, onde esse processo de automação se consolidou rapidamente com o advento da revolução industrial, encontra-se em atraso.

Em determinados pontos a construção civil ainda precisa evoluir muito no que diz respeito a otimizar processos. Por outro lado, tem-se como destaque os pré-fabricados de concreto, que utilizam tecnologia e técnicas mecanizadas com objetivo de produzir com qualidade e rapidez (SERRA; FERREIRA; PIGOZZO, 2005).

Não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado (VASCONCELLOS, 2002 *apud* SERRA; FERREIRA; PIGOZZO, 2005, p. 3).

A Norma Técnica Brasileira NBR 9062 (ABNT, 2001), define estrutura pré-fabricada como todo elemento produzido industrialmente sob condições de controle de qualidade e inspeção. A instalação fabril deve dispor de pessoal capacitado e recursos laboratoriais a fim de cumprir as especificações do projeto.

Dentre os produtos pré-fabricados de concreto estão as estacas de concreto que são utilizadas como elementos de fundação profunda. De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), estaca pré-fabricada é o elemento constituído de segmentos de concreto e introduzido no terreno através de martelo do bate estaca, seja este de gravidade, explosão, hidráulico ou martelo vibratório. Esse tipo de fundação, geralmente é utilizado quando os solos não apresentam resistência para suportar cargas mais elevadas. Não utilizá-las irá representar o risco de danos à estrutura como possíveis recalques (OLIVEIRA, 2015).

Apesar da crescente popularização de outros métodos de execução com maior rapidez e facilidade como, por exemplo, estacas escavadas do tipo hélice contínua, as estacas cravadas ainda têm grande utilização e apresentam maior segurança em determinados aspectos, como a consideração do relatório de sondagem. Estacas moldadas *in loco* tem uma profundidade pré-fixada, já as estacas de deslocamento utilizam o relatório de sondagem somente como referencial, pois é muito comum o comportamento durante a cravação ser diferente do previsto e a profundidade real apresentar variações em diversos pontos numa

mesma edificação. Dessa maneira, reduz-se a chance de futuros problemas na infraestrutura. (FILHO; GONÇALVES, 2012)

Mesmo sendo um elemento construtivo amplamente utilizado, a normatização para esse tipo de componente é recente. Até 2014, eram utilizados como referenciais de fabricação e execução as normas, NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 9062 (ABNT, 2001), NBR 6122 (ABNT, 2010).

Com a necessidade por parte dos fabricantes de atender às exigências do mercado e oferecer um produto com padronização e qualidade, foi criada a NBR 16258 (ABNT, 2014) que traz requisitos para projeto, fabricação, estocagem e manuseio das estacas pré-fabricadas.

Este trabalho tem como objetivo, revisar a bibliografia referente à fabricação de estacas de concreto protendido, bem como analisar as patologias que surgem durante o processo de fabricação. O estudo foi realizado durante o período de julho a setembro de 2016, em uma empresa que atua no ramo de elementos pré-fabricados. Há mais de 30 anos e fornece para todo o Brasil, além de exportar para países da América do Sul. Com matriz localizada em Minas Gerais e uma filial em Pernambuco, sua produção é composta pelos mais diversos tipos de produtos: postes, dormentes, sistemas construtivos, galpões, subestações de energia e estacas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

Neste tópico serão mostrados os principais componentes das estacas pré-fabricadas em concreto protendido e alguns dos pré-requisitos a que elas devem atender.

2.1.1 Concreto

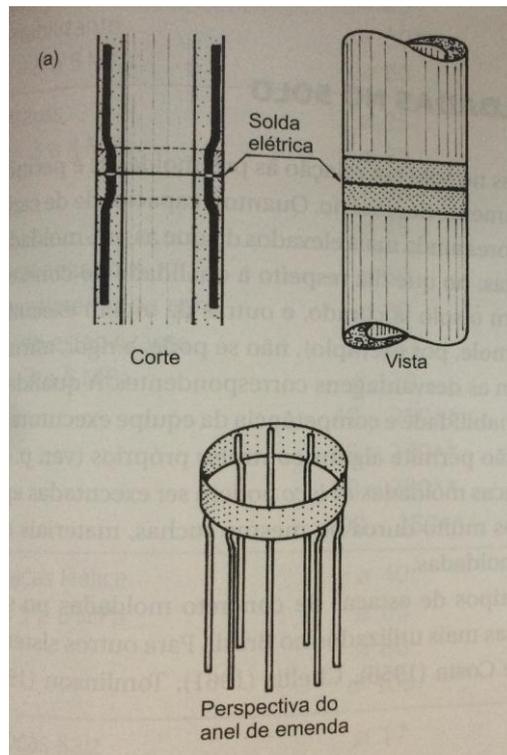
Peças fabricadas com protensão necessitam de um controle de qualidade rigoroso, principalmente em relação ao concreto. Deve haver um monitoramento intenso sobre o cimento e agregados utilizados, bem como durante a formulação do mesmo.

Em geral, as peças protendidas têm uma resistência maior que as peças feitas em concreto armado. Ao comparar, o concreto armado possui resistência média entre 15 MPa e 25 MPa, já o concreto protendido fica entre 30MPa e 40MPa (VERISSIMO; JUNIOR, 1998). Para garantir essa resistência, o concreto deve passar por ensaios de laboratório. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006), o controle de resistência pode ser feito através de amostragem parcial ou total do concreto produzido. A preparação dos corpos de prova deve ser conforme a NBR 5738 (ABNT, 1994), que define condições para moldagem, desforma, preparação de topos, transporte e cura dos mesmos. Após a cura dos corpos de prova deve ser feito o ensaio de compressão de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 1994).

2.1.2 Anel de emenda

Durante o planejamento de uma obra em que serão utilizadas estacas pré-fabricadas é importante verificar a necessidade de emenda dos elementos (VELLOSO; LOPES, 2011). As emendas devem resistir a todos os esforços solicitantes durante o processo de cravação. Tanto o anel quanto o arranque devem atender os requisitos mínimos estipulados pela NBR 16258 (ABNT, 2014), de forma que transmitam os esforços de cravação sem causar danos ao elemento de concreto (FIG. 1).

FIGURA 1 – Anel de emenda.



Fonte: Adaptado de (VELLOSO; LOPES, 2011).

2.1.3 Armadura passiva

Entende-se por armadura passiva toda armadura que não produz força de protensão. Apesar de não aplicar tais esforços nas peças pré-fabricadas essas armaduras são importantes, pois na maioria dos casos, quando combinadas com armaduras ativas elas tem função de combater os esforços cortantes.

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), os aços utilizados devem seguir as especificações do projeto e não podem ser modificados sem aprovação prévia. Outro ponto importante refere-se à limpeza. A superfície da armadura deve estar livre de oxidação e impurezas que possam diminuir a aderência entre o aço e o concreto.

Em relação ao manuseio e transporte das armaduras passivas a NBR 9062 (ABNT, 2001), recomenda-se que sejam transportadas por dispositivos que garantam sua integridade evitando deformações e rupturas.

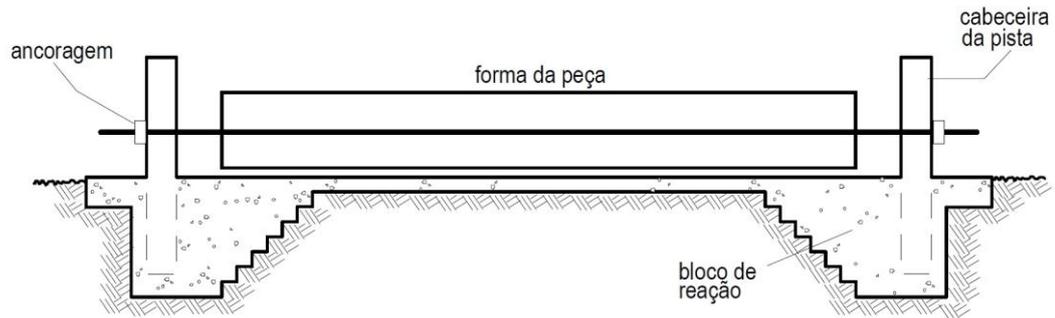
2.1.4 Armadura ativa

A armadura ativa é toda aquela que recebe carga de protensão. De acordo com o dicionário Aurélio (2010) protensão é: “processo pelo qual se aplicam tensões prévias ao concreto,” no entanto, o campo que ele abrange é bem maior. Um bom exemplo da utilização da protensão no cotidiano é a roda de bicicleta, composta por um aro externo ligado ao cubo central por meio de fios de aço que recebem uma tensão. Dessa maneira, as tensões mantêm a roda estável ao receber impactos externos (VERISSIMO; JUNIOR, 1998). Esse é um exemplo de como a protensão pode ser utilizada em diversas áreas. Segundo Pfeil (1984 *apud* VERISSIMO; JUNIOR, 1998, p. 2) “protensão é um artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões capaz de melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob diversas condições de carga.”

Devido à necessidade de melhorias na qualidade e velocidade nos processos de construção, a utilização da protensão no concreto pré-fabricado só aumentou. Desde o desenvolvimento do cimento Portland em 1824, foram criadas várias maneiras de se potencializar sua resistência e aplicabilidade. A primeira delas foi o reforço das estruturas com armaduras de aço. No final do século XIX, foram criadas as primeiras patentes e métodos de protensão em peças de concreto (VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

De modo geral, os sistemas de protensão podem ser classificados em protensão com aderência inicial e protensão com aderência posterior. O tipo mais utilizado nos pré-fabricados é a com aderência inicial. Nesse processo são utilizados fios ou cordoalhas de aço para concreto protendido, que são cortados de acordo com o comprimento da peça a ser produzida, e com o auxílio de equipamentos hidráulicos, apoiados nas cabeceiras que fazem a protensão (FIG. 2). As fôrmas são concretadas e após atingir a resistência mínima que impeça, por meio de atrito, a movimentação do aço no interior do concreto, podem ser liberadas para desforma e posterior cura final (VERISSIMO; JUNIOR, 1998). De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2001), o valor mínimo para liberação dos elementos pré-fabricados é de 21 MPa.

FIGURA 2 – Esquema de uma pista de protensão.



Fonte: Adaptado de (VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

Há alguns benefícios sobre a utilização da protensão quando em conjunto com concreto de alto desempenho, como:

- Ganho na resistência a momentos fletores e isso associado ao alto f_{ck} possibilita a produção de peças mais esbeltas, mais leves e permite sua aplicação em grandes vãos.
- Concretos com f_{ck} alto atingem a resistência mínima nas primeiras idades, o que acelera o processo de liberação das formas e conseqüentemente a produção.
- No caso de aparecimento de fissuras devido a cargas acidentais não previstas em projeto, assim que a solicitação for cessada, essas fissuras fecham por ação da protensão. Isso permite uma melhor proteção das armaduras contra a oxidação.

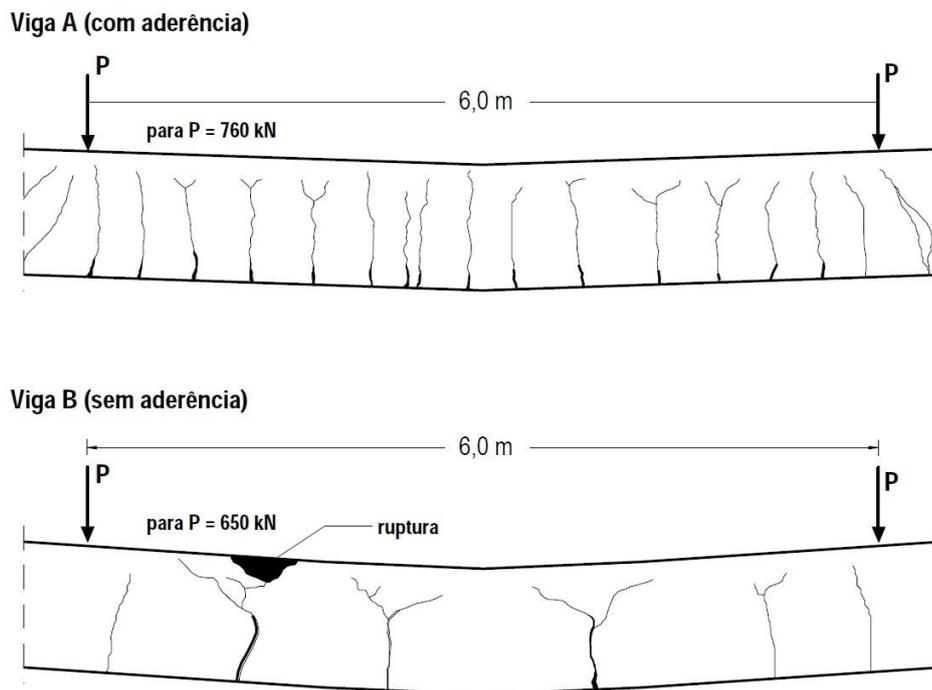
Por outro lado existem algumas desvantagens:

- Necessidade de maior controle de execução em todo processo.
- Necessidade de equipamentos e pessoal especializado para realizar o procedimento de protensão.
- A montagem dos cabos deve ser a mais precisa possível, uma vez que um fio colocado de maneira errada pode gerar esforços não previstos em projeto e levar a peça a um comportamento inadequado ou entrar em colapso (VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

O que define se a estrutura vai receber um tipo de protensão ou outro é a aderência da armadura em relação à cura do concreto. A aderência da armadura tem influência direta no comportamento da estrutura em relação à fissuração. Quando não há aderência, o número de

fissuras formadas é menor, no entanto elas possuem aberturas maiores. Com a aderência há um número maior de fissuras, porém elas são menores, o que é melhor para a estrutura, pois fissuras menores apresentam uma maior proteção contra ferrugem. A FIG. 3 ilustra essa diferença entre as configurações de fissuração ao atingir a carga limite (VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

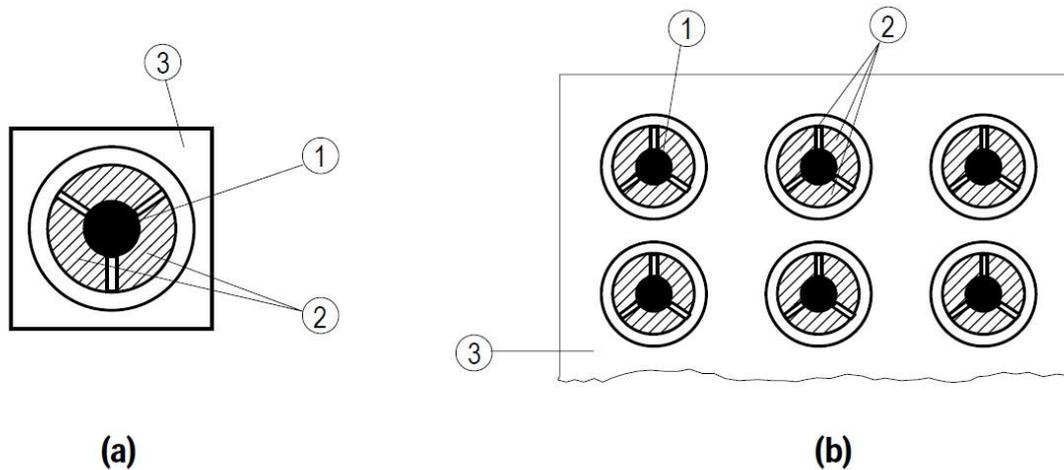
FIGURA 3 – Configuração das fissuras nas vigas ao ser atingida a carga limite.



Fonte: Adaptado de (LEONHARDT, 1979 *apud* VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

Além dos sistemas de protensão, devem ser levados em consideração os equipamentos a serem utilizados. Como a força de protensão é aplicada aos cabos até que estes atinjam valores de tensão elevada. O equipamento ideal para esse procedimento é o macaco hidráulico, ligado a conjuntos de motobombas que produzem pressões elevadas que ultrapassam 50kN/cm^2 . Os macacos são responsáveis por tracionar os fios, que por sua vez, precisam estar bem ancorados para manter constante a carga aplicada, evitando que ele volte ao estado de repouso. As ancoragens podem ser feitas através de cunhas, rosca e porca, cabeçotes apoiados em calços de aço (FIG. 4) (VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

FIGURA 4 – Sistemas de ancoragem com cunhas periféricas: a, b) 1- fios de aço; 2 - cunhas de ancoragem; 3 - peça de apoio.



Fonte: Adaptado de (LEONHARDT, 1979 apud VERISSIMO; JUNIOR, 1998).

2.1.5 Estacas pré-fabricadas de concreto

Até pouco tempo, não havia uma normatização para a fabricação de estacas pré-fabricadas de concreto. A NBR 16258 (ABNT, 2014), “estabelece os requisitos para o projeto, fabricação, estocagem e manuseio de estacas pré-fabricadas ou pré-moldadas de concreto armado ou protendido destinadas à utilização como elementos de fundação profunda.” A norma trata dos requisitos básicos, como elementos característicos, informações do produto, acabamento, tolerâncias, aparecimento de trincas e fissuras, critérios de agressividade do meio, teste de levantamento, concreto, armadura, cobrimento, esforços solicitantes, emendas, armazenagem, manuseio e transporte. A fabricação de estacas conforme a norma traz benefícios, tanto para o fabricante que passa a trabalhar em cima de parâmetros pré-definidos, quanto para o consumidor que tem a garantia de adquirir um produto padronizado e de qualidade.

Os tópicos tratados anteriormente são componentes do processo produtivo, que será detalhado no próximo item.

2.2 Processo produtivo

Grande parte das patologias que são comuns em produtos de concreto pré-fabricado está relacionada aos equipamentos utilizados e à execução. Antes da análise das patologias que aparecem com maior frequência no produto em questão, é necessária uma breve explanação sobre o processo e equipamentos utilizados. Dessa maneira, o entendimento e análise das propostas mitigadoras será mais fácil.

O equipamento utilizado é uma pista de protensão composto por um conjunto de lâminas e cabeceiras que são trocadas de acordo com a seção a ser fabricada (FIG. 5).

FIGURA 5 – Lâminas protendidas



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O processo de montagem das pistas é simples e executado da mesma forma para todas as seções. As etapas podem ser divididas da seguinte maneira: montagem da armadura (ativa, passiva e anel de emenda), protensão e inspeção de pista, concretagem, desprotensão e desforma.

2.2.1 Montagem da armadura

A montagem da armadura dá-se através da colocação dos anéis de emenda e estribos, passagem dos fios de protensão e abertura dos estribos de acordo com o espaçamento pré-definido em projeto (FIG. 6).

FIGURA 6 – Montagem da armadura



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.2.2 Protensão e inspeção de pista

A protensão é realizada fio a fio com o auxílio do macaco hidráulico e ancoragem nas cabeceiras, conforme a FIG. 7. As cargas e alongamentos são pré-definidos em projeto.

FIGURA 7 – Cabeceira ativa



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Após a protensão é realizada verificação de esquadro dos anéis e a inspeção de pista para verificar qualquer problema que possa atrapalhar os processos seguintes (FIG. 8).

FIGURA 8 – Verificação de esquadro do anel

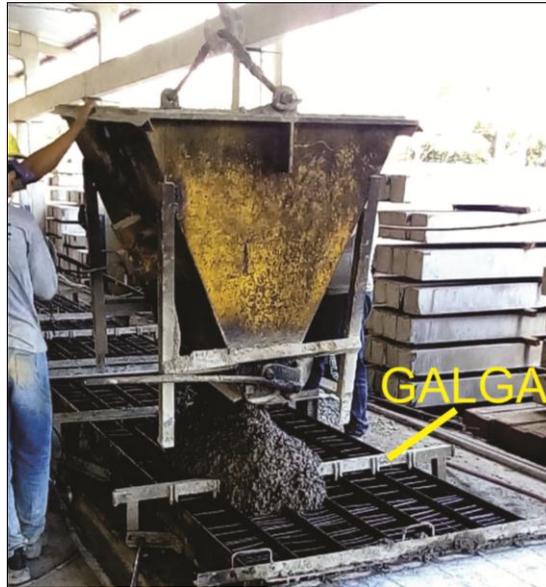


Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.2.3 Concretagem e acabamento

A concretagem é realizada com caçambas que facilitam a colocação do concreto de forma mais rápida (FIG. 9). É necessário o uso de galgas de contenção para que não haja movimentação das lâminas provocando deformações no elemento final. O adensamento dá-se através de vibrador de imersão (FIG. 10).

FIGURA 9 – Concretagem



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

FIGURA 10 – Adensamento



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O acabamento é feito manualmente e a colocação das alças de içamento com um gabarito que varia de acordo com o comprimento do elemento pré-fabricado, conforme as FIG. 11 e FIG. 12 respectivamente.

FIGURA 11 – Sarrafeamento



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

FIGURA 12 – Acabamento e colocação das alças



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.2.3 Desprotensão e desforma

O processo de desprotensão é realizado na cabeceira passiva (FIG. 13). Através de dois cilindros hidráulicos, todo o conjunto já concretado é tencionado e as maletas de segurança são retiradas fazendo com que a carga nos fios e nas lâminas diminua para que o

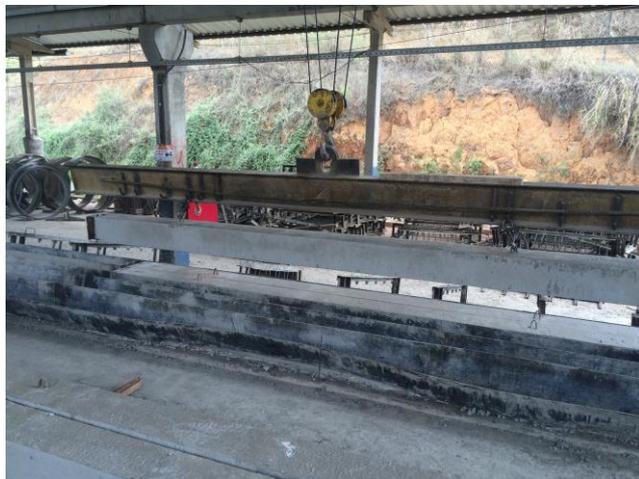
corte dos cabos seja realizado com segurança e que não se tenham impactos no concreto. Assim que a desprotensão é realizada inicia-se a retirada das estacas (FIG. 14).

FIGURA 13 – Cabeceira passiva



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

FIGURA 14 – Desforma



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3 Manifestações Patológicas

A empresa em questão produz 5 seções de estacas quadradas, 17x17cm, 20x20cm, 23x23cm, 25x25cm e 28x28cm com o comprimento que varia entre 4m, 5m, 6m, 7m e 8m. Segue na TAB. 1 as peças produzidas no período entre os meses de julho e setembro de 2016.

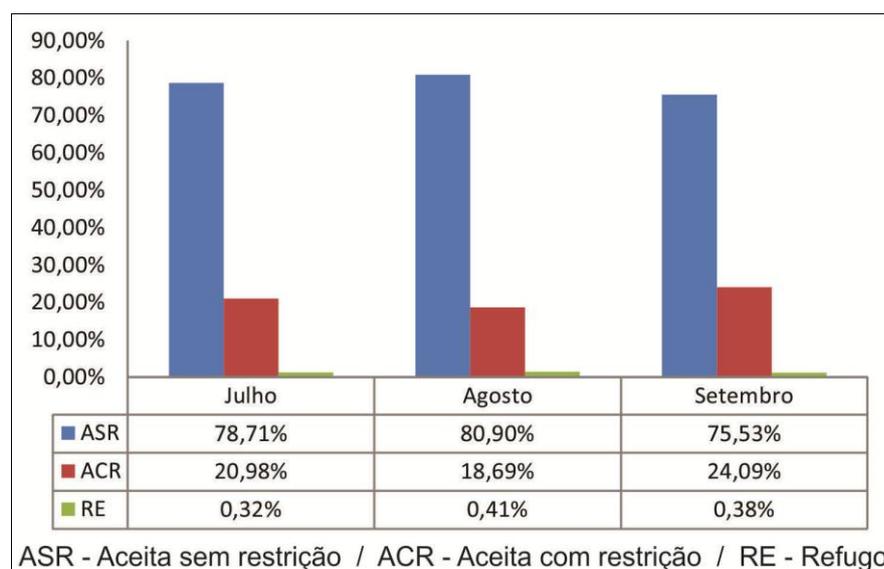
TABELA 1 – Resumo de peças produzidas

Mês	Seção	Quantidade produzida	Aceita sem restrição	Aceita com restrição	Refugo
Julho	17x17	364	279	83	2
	20x20	270	220	50	0
Agosto	17x17	343	295	48	0
	20x20	390	298	89	3
Setembro	20x20	232	186	72	0
	28x28	291	209	54	2

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Durante o acompanhamento do processo de produção foi verificada a ocorrência de patologias nas peças concretadas através dos relatórios de inspeção interna (Anexo A). Com isso, foi possível separar as peças que não apresentaram nenhum tipo de patologia, peças com patologias que não comprometem o seu uso enquanto elemento de fundação e peças que não podem ser enviadas para o canteiro de obras. O GRAF. 1 mostra em percentual o que essa divisão representa.

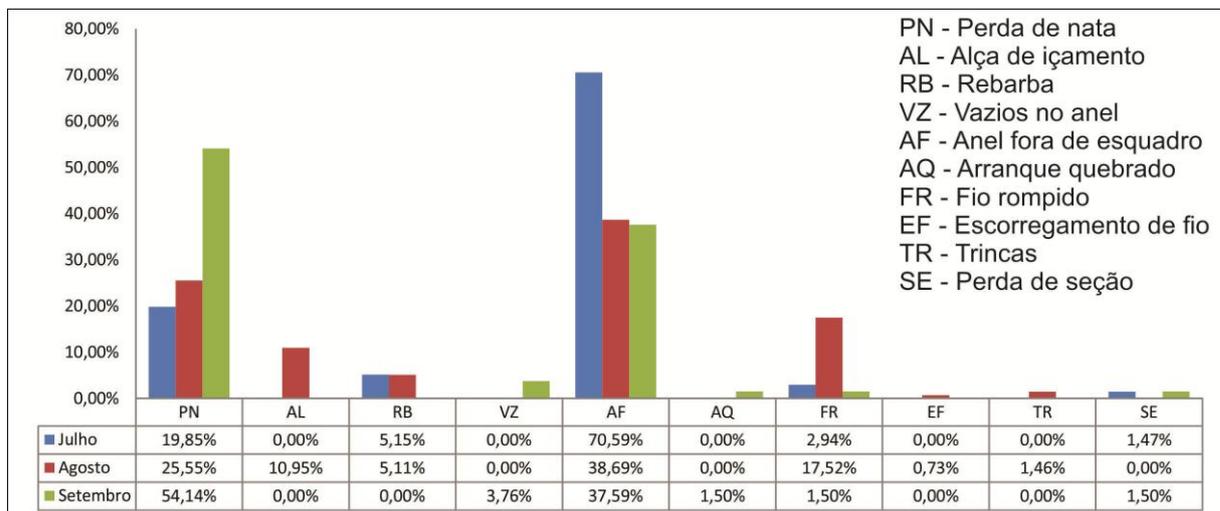
GRÁFICO 1 – Resumo de inspeção



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Com os dados apontados pelo inspetor de qualidade foram identificadas as patologias que ocorreram (GRAF. 2). Vale ressaltar que de acordo com o tipo de estaca produzida pode haver uma variação no tipo de patologia com relação à sua incidência.

GRÁFICO 2 – Resumo de inspeção



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Inicialmente serão apresentadas as patologias que não comprometem a estaca em sua utilização como elemento de fundação.

2.3.1 Perda de nata

Na FIG. 15 nota-se que a perda de nata é uma patologia estética e por necessitar de acabamento gera um aumento no custo do produto final. De acordo com o GRAF. 2 é uma patologia constante e ocorre em média em 33% das peças analisadas.

Está diretamente ligada ao sistema utilizado, de forma que, qualquer diferença de nível e alinhamento entre as lâminas e o piso pode ocasionar tal patologia (GRAF. 3). Do GRAF. 3 ao GRAF. 12 serão apresentados a divisão do percentual de acordo com as seções produzidas no mês, fazendo com que das três seções analisadas em todo o período apenas duas apareçam em cada mês. Como a instalação fabril conta apenas com duas pistas de protensão, há sempre a necessidade de trocar as lâminas de acordo com a demanda de determinada seção. Com o uso, a lâmina tende a atingir o ponto de fadiga e começa a ter deformações plásticas durante o processo de protensão. Sobre a deformação que a lâmina

sofre, foi observado que independente da seção todas as lâminas têm a mesma bitola, o que faz com que a lâmina de 17cm tenha uma rigidez diferente da lâmina de 28cm.

Em relação ao piso, foi constatado que em ambas as pistas há uma diferença de nível em determinados pontos, o que contribui ainda mais pra o aparecimento da patologia. Esses fatores combinados fazem com que a cada produção os pontos de contatos apresentem variação, dificultando a implementação de um plano de ação.

Medidas mitigadoras:

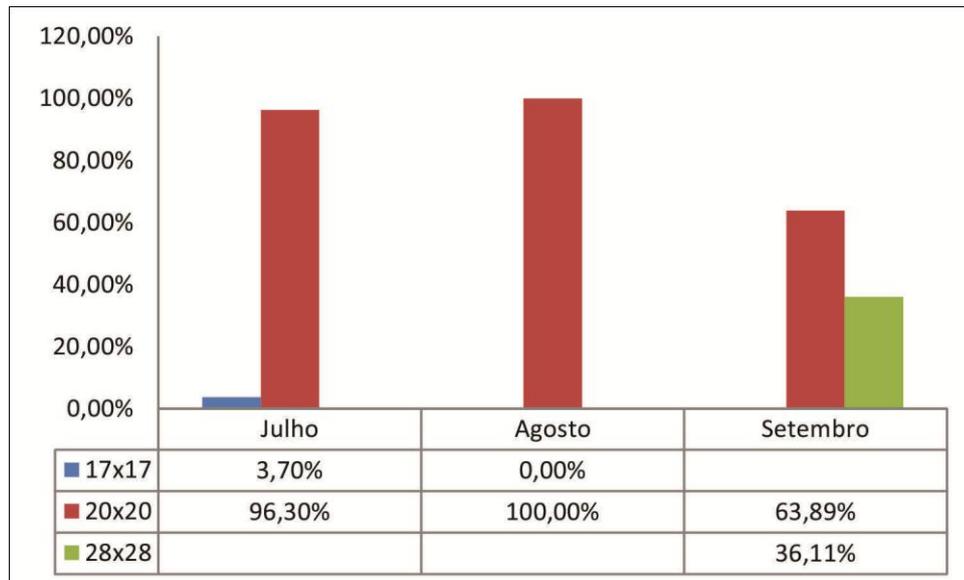
- Troca das lâminas, uma vez que comecem a ter deformações plásticas;
- Adequar as bitolas de acordo com a seção produzida para que as lâminas maiores tenham uma rigidez elevada aumentando assim sua vida útil;
- Manutenção corretiva no piso para que se tenha um nivelamento e alinhamento ideal;

FIGURA 15 – Perda de nata



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 3 – Índice de perda de nata



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.2 Alça de içamento

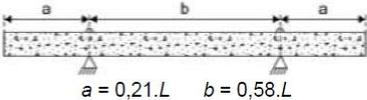
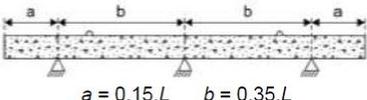
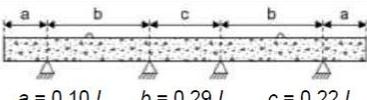
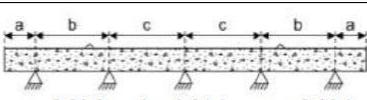
As alças de içamento devem ser colocadas de acordo com o projeto para facilitar a movimentação do elemento pré-fabricado sem provocar esforços cortantes que possam danificá-lo e servir de referencial de apoio na estocagem de acordo com a NBR 16258 (ABNT, 2014) (FIG. 16).

Por ser um procedimento manual, está diretamente ligada à atenção do executor durante a colocação (FIG. 17). Combinado com a falta de atenção a utilização de gabaritos de estacas com metragens diferentes também pode ser uma das causas, mas como se vê no GRAF. 4 é uma patologia de ocorrência esporádica.

Medidas mitigadoras:

- Identificar os gabaritos de forma que não haja confusão durante a utilização;
- Cobrar maior atenção do colaborador que executa o serviço;
- Incumbir os líderes do setor de fiscalizar a execução.

FIGURA 16 – Içamento por mais de um ponto e apoios

Número de pontos de içamento e/ou apoio	Esquema	Momento máximo atuante
2	 $a = 0,21.L$ $b = 0,58.L$	$M_{\max} = \frac{q \times a^2}{2}$
3	 $a = 0,15.L$ $b = 0,35.L$	
4	 $a = 0,10.L$ $b = 0,29.L$ $c = 0,22.L$	
5	 $a = 0,09.L$ $b = 0,21.L$ $c = 0,20.L$	
<p>M_{\max} é o momento máximo atuante; q é o peso próprio da estaca; L é o comprimento do elemento.</p> <p>NOTA: As estacas podem ser içadas ou apoiadas em pontos diferentes dos estabelecidos nesta Tabela, desde que sejam dimensionadas para suportar os esforços decorrentes da condição adotada.</p>		

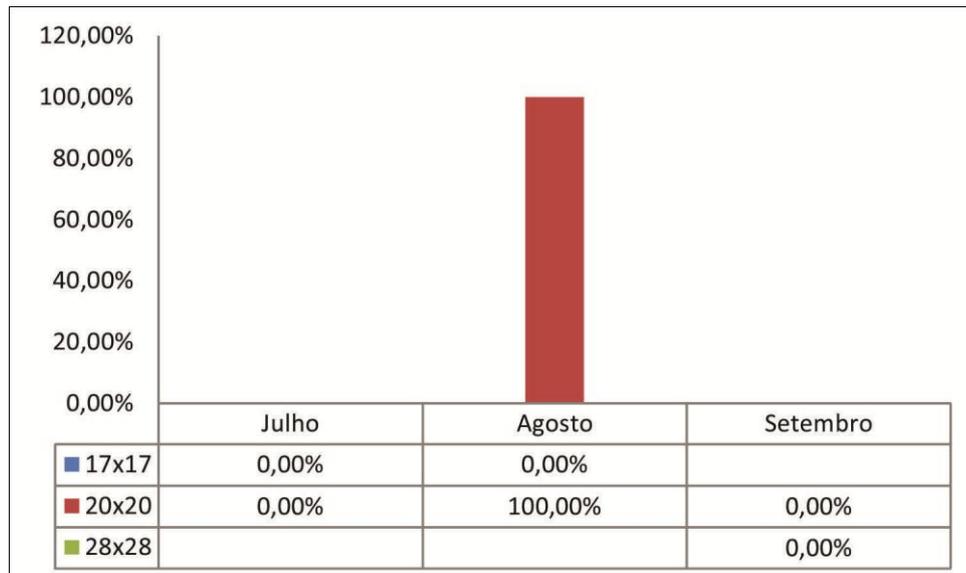
Fonte: Adaptado de NBR 16258 (ABNT, 2014)

FIGURA 17 – Alça de içamento



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 4 – Índice alça na posição incorreta



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

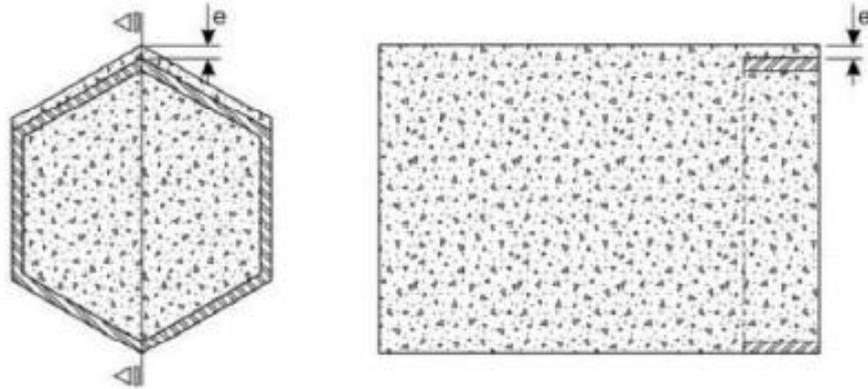
2.3.3 Rebarba

Segundo a NBR 16258 (ABNT, 2014) o excesso de concreto no anel de emenda deve ser menor ou igual a 2,5mm (FIG. 18). Essa patologia está diretamente ligada à utilização das galgas para manter as lâminas em noventa graus durante a concretagem (FIG. 9). Pode ocorrer quando a galga é retirada ainda com o concreto muito fresco ou se necessita de manutenção e não está funcionando de forma eficiente (FIG. 19). No GRAF. 5 é possível verificar que ocorreu somente na produção de estacas 17x17cm.

Medidas mitigadoras:

- Verificar se as galgas necessitam de manutenção;
- Fazer a retirada próxima do início da pega para que não haja deslocamento do concreto.

FIGURA 18 – Excesso de concreto além da borda externa do anel



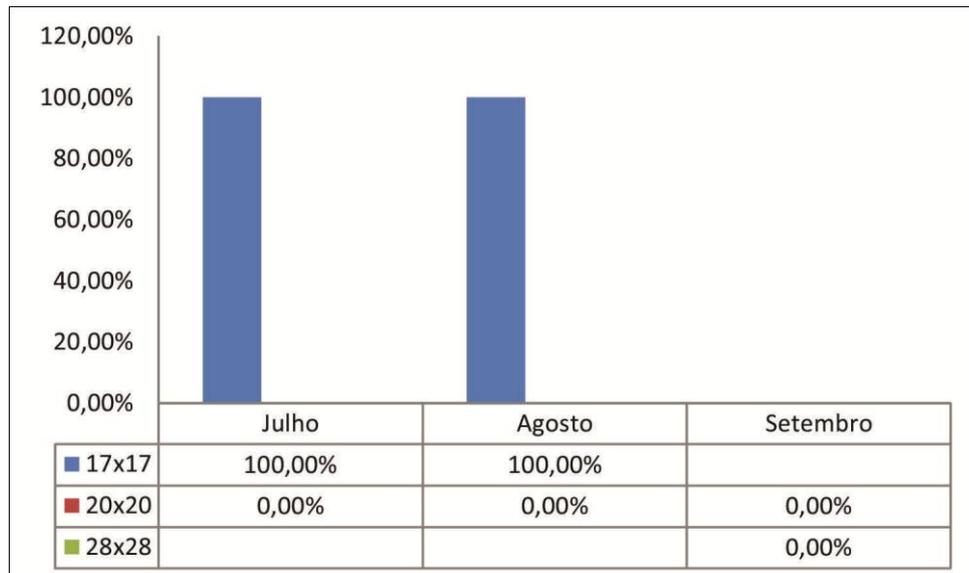
Fonte: Adaptado de NBR 16258 (ABNT, 2014)

FIGURA 19 – Rebarba na cabeça da estaca



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 5 – Índice de rebarba



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.4 Vazios no anel

Estacas que apresentam essa patologia não devem ser enviadas ao canteiro de obras sem a devida correção (FIG. 20). As causas podem estar relacionadas à execução, por exemplo, dificuldade de entrar com o vibrador na cabeça da estaca (FIG. 10) onde a estribagem é maior por falta de perícia do executor. Outro fator pode ser o concreto que por algum erro de execução apresente uma trabalhabilidade ruim dificultando o adensamento. De acordo com o GRAF. 6 é outra patologia com ocorrências bem pontuais.

Medidas mitigadoras:

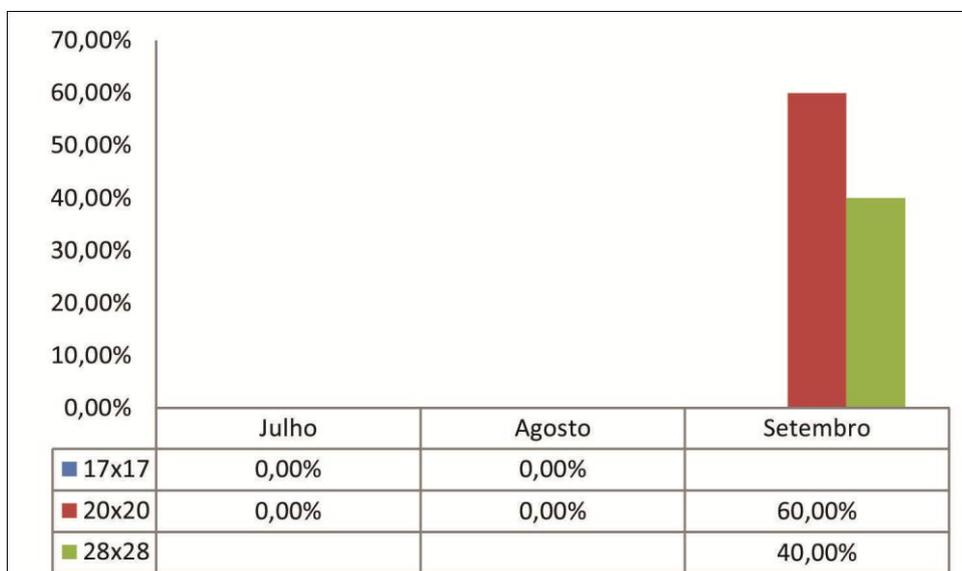
- Realizar treinamento adequado para que não haja problemas de execução;
- Manter o concreto sob rigoroso controle de qualidade;

FIGURA 20 – Vazios no anel



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 6 – Índice de vazios



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.5 Anel fora de esquadro

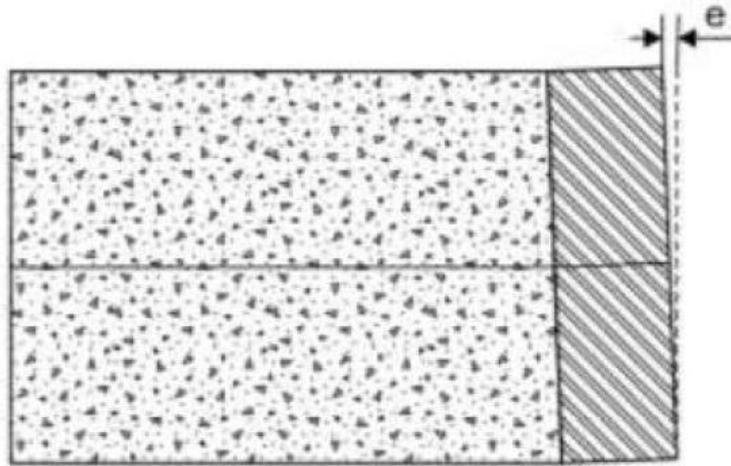
Segundo a NBR 16258 (ABNT, 2014) o desvio de geometria do anel na FIG. 22 deve ser mais ou menos 50% em relação à espessura da chapa de aço utilizada (FIG. 21). Mesmo com a conferência do esquadro do anel mostrado na FIG. 8 antes da concretagem, essa patologia se mantém constante e aparece em média em aproximadamente 49% das peças inspecionadas de acordo com o GRAF. 2. O GRAF. 7 mostra que a ocorrência é aproximadamente a mesma, independente da seção fabricada e está relacionada à execução e aos equipamentos utilizados.

Em relação à execução, pode ser pela vibração excessiva na cabeça da estaca e provocar o deslocamento do anel. Juntamente com o processo de adensamento percebe-se a possibilidade de os gabaritos utilizados na fixação do anel apresentarem problemas de fixação e rigidez. Esse tipo de patologia necessita de uma atenção maior, pois implica diretamente a utilização do elemento durante o processo de cravação. Tais estacas têm sua aplicabilidade reduzida, pois devem ser utilizadas como primeiro elemento, onde-se crava a extremidade com o anel fora de esquadro primeiro. É possível fazer emendas em peças com o anel fora de esquadro, mas isso demanda tempo e habilidade do cravador o que se torna um problema, sem falar na distribuição de cargas que ocorrerá de maneira totalmente irregular.

Medidas mitigadoras:

- Realizar manutenção periódica e substituição dos gabaritos deteriorados;
- Realizar treinamento adequado para que não haja problemas de execução;
- Trocar o sistema de fixação dos anéis por peças mais robustas e rígidas

FIGURA 21 – Abertura de falta de esquadro do anel



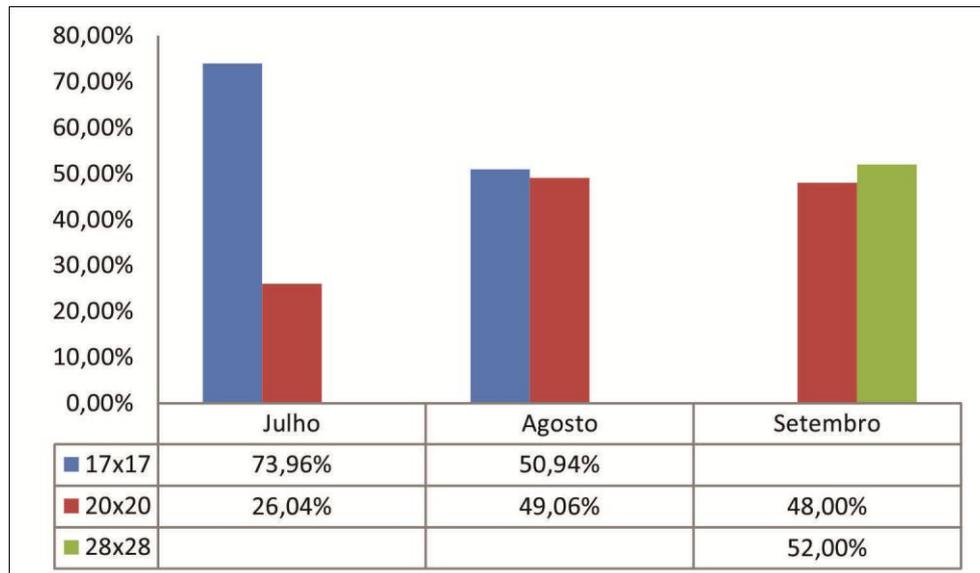
Fonte: Adaptado de NBR 16258 (ABNT, 2014)

FIGURA 22 – Anel fora de esquadro



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 7 – Índice de anel fora de esquadro



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.6 Arranque quebrado

De acordo com o projeto cada estaca tem os anéis e arranques dimensionados para resistirem aos esforços de cravação. No caso de um desses arranques se soltarem dentro da pista após a protensão, essa estaca está comprometida no que diz respeito ao impacto do martelo e a dissipação de energia através do concreto (FIG. 23). Dessa forma, deve-se utilizar somente uma peça por ponto e a extremidade com a patologia deve ser colocada para baixo no momento da cravação. Estacas com essa utilização recebem a nomenclatura de primeiro elemento.

Conforme os dados do GRAF. 2 é uma patologia com ocorrência pontual e representa em média menos de 0,5% de todas as patologias. Sua ocorrência está diretamente ligada ao processo de soldagem, principalmente por erros de execução, seja por falta de experiência do soldador ou por problemas com o equipamento de solda (GRAF. 8). A realização de inspeção por amostragem também pode deixar que alguma peça com problema vá para a montagem. Em relação ao aço que é um material extremamente controlado, dificilmente haverá problemas.

Medidas mitigadoras:

- Verificar os materiais utilizados no que diz respeito à soldabilidade;
- Realizar treinamento adequado para que não haja problemas de execução;

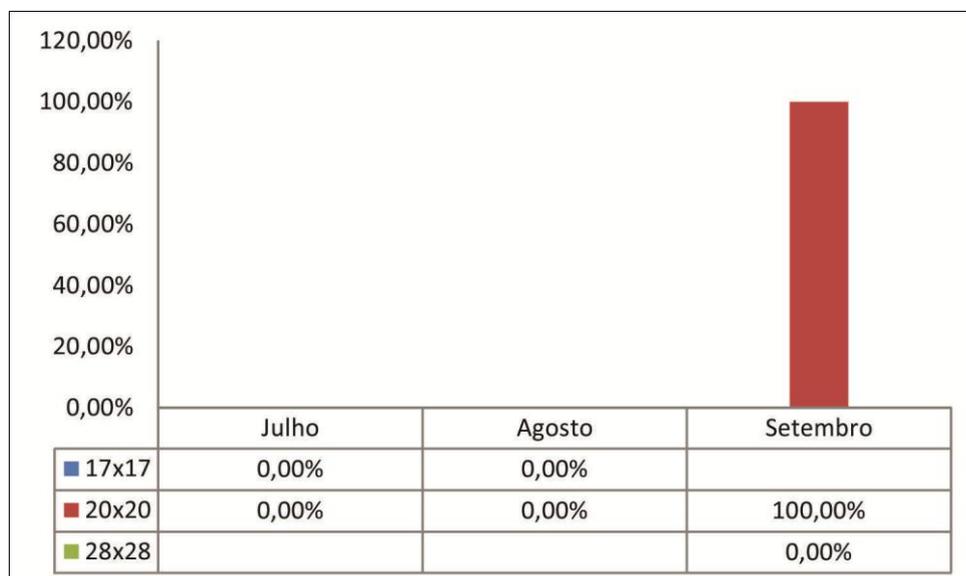
- Realizar inspeção em 100% dos anéis antes da montagem da pista e quando for por amostragem instruir para que se observe a qualidade da solda durante todo o processo de montagem da pista.

FIGURA 23 – Arranque do anel



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 8 – Índice de arranque quebrado



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.7 Fio rompido

O aparecimento dessa patologia foi sazonal, ocorreu devido a um problema na unidade hidráulica responsável pela desprotensão (FIG. 24). É possível observar no GRAF. 2

que no mês de julho quando ocorreu o problema, o percentual foi quase de 3%, no mês seguinte há um pico de mais de 17% e em setembro voltou a cair chegando a 1,5% com o retorno do equipamento da manutenção. No GRAF. 9 fica visível que a patologia independe do tipo de seção fabricada e que as estacas 28x28cm tiveram sua produção iniciada após o conserto do sistema hidráulico.

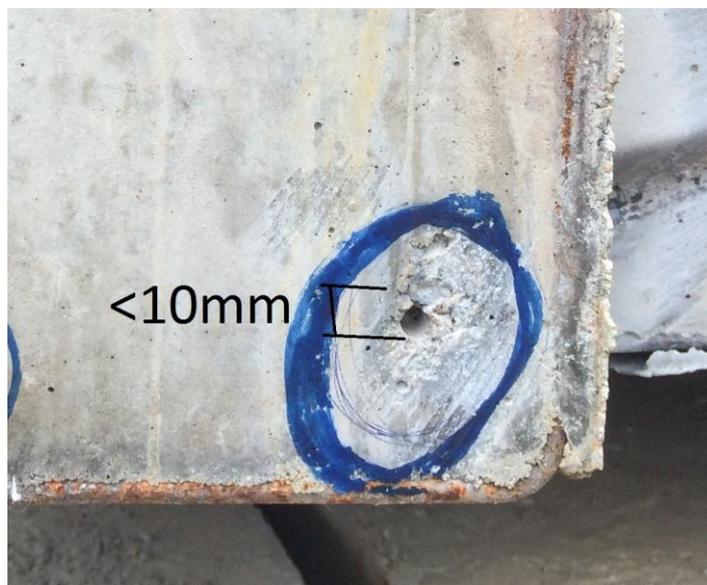
Uma vez que não era possível realizar o procedimento correto, os fios foram cortados ainda com tensão e como as lâminas também sofrem protensão os últimos fios a serem cortados suportavam toda a carga da pista que era transmitida através do atrito entre as lâminas e as estacas e conseqüentemente, havia a ruptura.

Apesar de parecer algo mais grave, essas peças passam por um acompanhamento verificando se não houve escorregamento do fio e posteriormente são liberadas para a cravação.

Medidas mitigadoras:

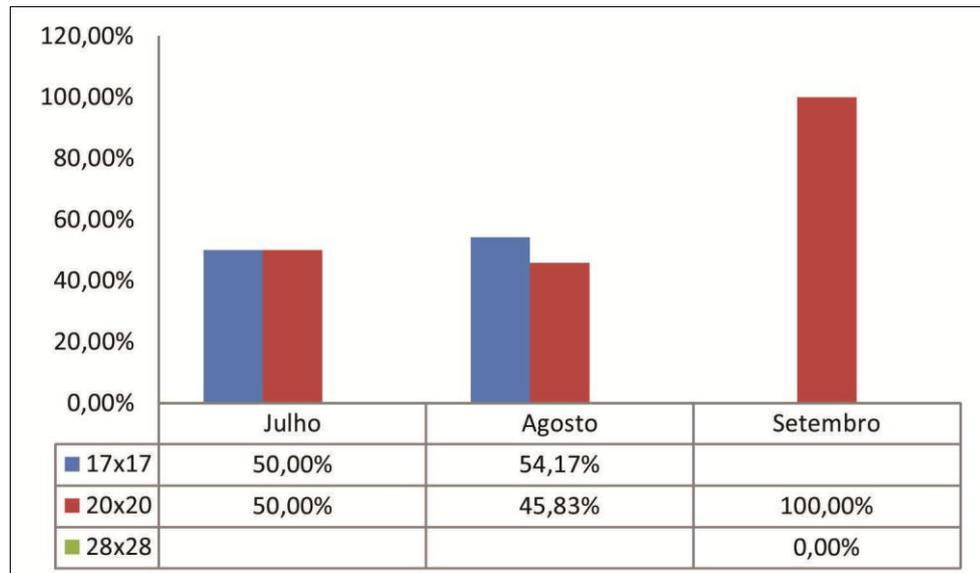
- Evitar a ruptura dos fios sem realizar o procedimento de desprotensão;
- Manter o equipamento em bom estado de funcionamento realizando manutenções preventivas;
- Manter peças de reposição em estoque;
- Investir em um sistema de desprotensão reserva.

FIGURA 24 – Fio rompido



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 9 – Índice de fio rompido



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Nesta parte, serão apresentadas as patologias que comprometem a estaca em sua utilização como elemento de fundação.

2.3.8 Escorregamento de fio

Essa patologia está diretamente ligada à ruptura do fio citada anteriormente e de acordo com o GRAF. 10 não possui relação com a seção fabricada. Conforme é apresentado no GRAF. 2 apresenta baixo índice de ocorrência com média inferior a 0,3%, porém com o comprometimento da protensão, consequentemente a estaca não pode ser utilizada pois não resistiria aos esforços de tração provocados pela cravação (FIG. 25). De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2001) a desprotensão deve ser feita de tal forma que não haja transmissão de choques dos fios no concreto. Além do fato de que o corte dos fios sem desprotensão pode contribuir para esse tipo de patologia. Outros fatores como elementos graxos sobre a superfície do fio, concreto com problema no traço podem contribuir para que o atrito entre o concreto e o fio não sejam suficientes, mesmo após a liberação da pista através dos ensaios laboratoriais.

Medidas mitigadoras:

- Evitar a ruptura dos fios sem realizar o procedimento de desprotensão;
- Verificar se há óleo ou graxa na superfície do fio;

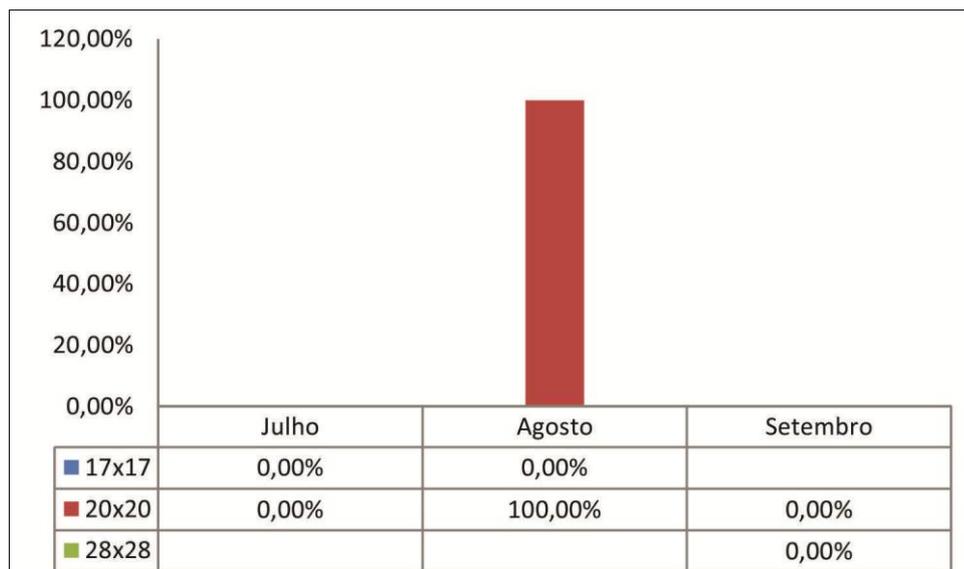
- Manter alto controle de qualidade na fabricação do concreto.

FIGURA 25 – Escorregamento de fio



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 10 – Índice de escorregamento de fio



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.9 Trincas

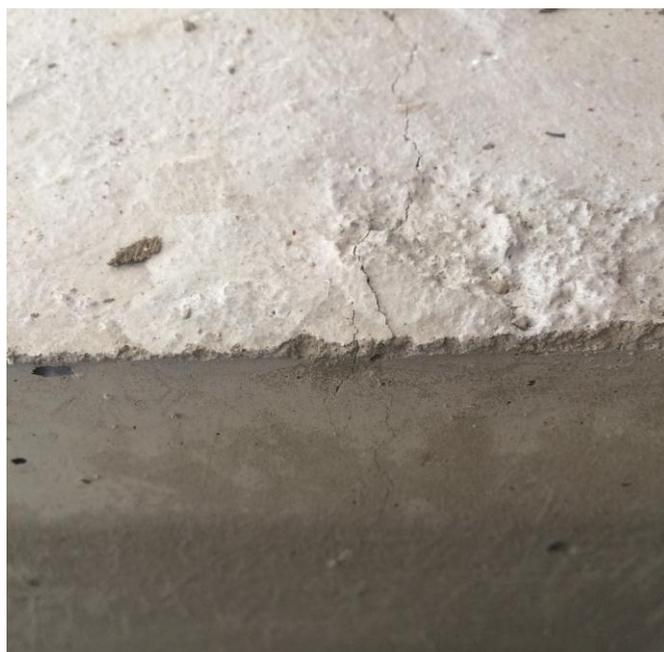
A NBR 16258 (ABNT, 2014) especifica como fissuras aberturas de até 1mm e acima disso como trincas. No caso observado, em específico, a patologia é caracterizada como trinca e é classificada como de erro de execução no relatório de inspeção (FIG. 26). Durante o processo de desforma a estaca não pode sofrer momentos provocados por esforços provenientes de içamento inclinado, muito provavelmente por falta de atenção ou experiência do executor (FIG. 14). Isso reflete diretamente no resultado mostrado no GRAF. 11 que mostra a patologia como ocorrência esporádica.

Outras causas possíveis para trincas são: falta de estribos para combater os esforços cortantes, problemas de protensão relacionados ao concreto e armadura ativa, estocagem incorreta com apoios (FIG. 16) fora da posição ideal.

Medidas mitigadoras:

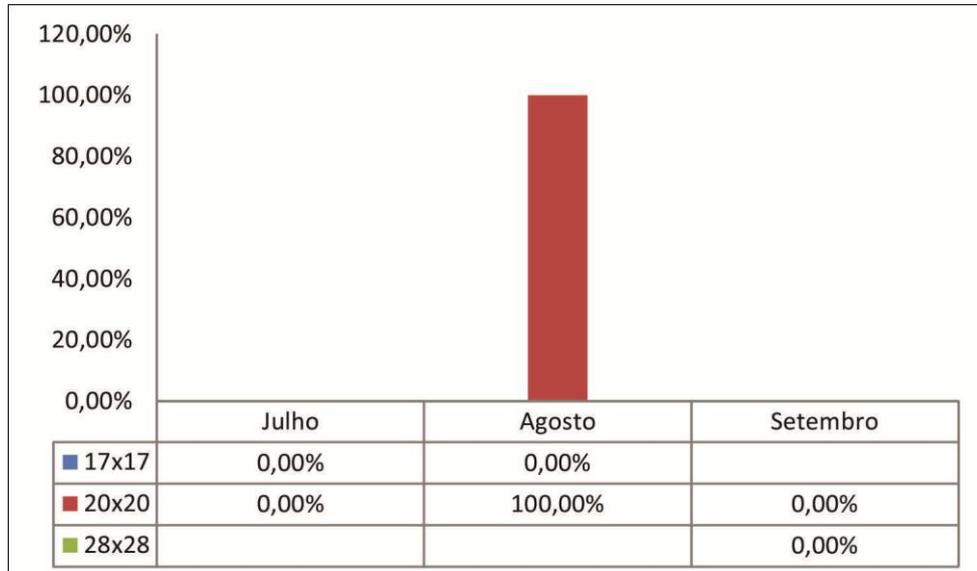
- Promover treinamentos e conscientizar o colaborador da importância de realizar tal procedimento da maneira correta;
- Realizar acompanhamento junto ao inspetor de qualidade para que o colaborador inexperiente não cometa tal erro tanto no manuseio quanto na estocagem.

FIGURA 26 – Trincas



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 11 – Trincas



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.3.10 Perda de seção

A seção do elemento de fundação está diretamente ligada à sua resistência a compressão. De acordo com a NBR 16258 (ABNT, 2014) a variação de seção deve ser de mais ou menos 3% do valor nominal, ou seja, se a estaca apresenta alguma variação principalmente, para menos ela será refugada. Essa patologia está ligada à qualidade em que encontram as lâminas em relação às deformações e às galgas responsáveis pela estabilidade da pista durante a concretagem.

Medidas mitigadoras:

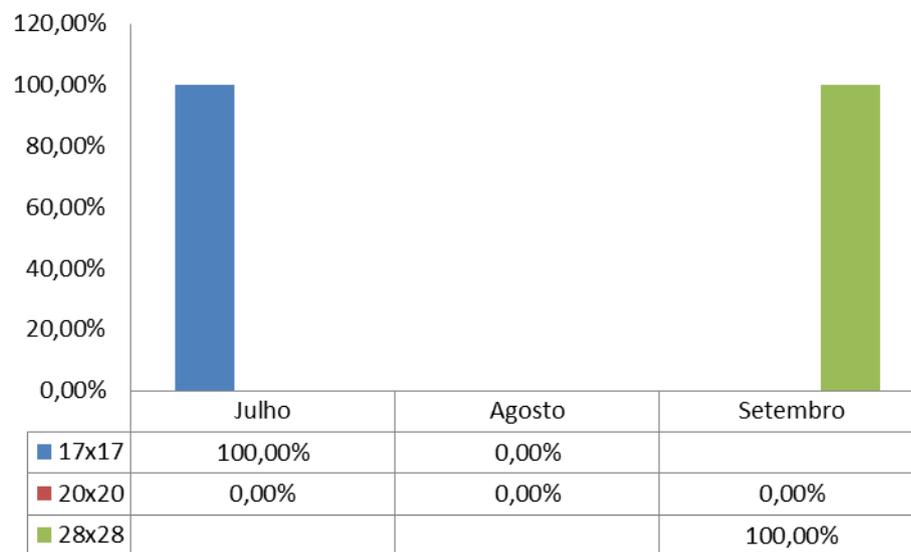
- Troca das lâminas, uma vez que comecem a ter deformações plásticas;
- Adequar as bitolas de acordo com a seção produzida para que as lâminas maiores tenham uma rigidez elevada aumentando assim sua vida útil;
- Verificar se as galgas necessitam de manutenção;
- Acompanhar durante a concretagem se há alguma falha em relação à fixação da galga na lâmina.

FIGURA 27 – Perda de seção



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 12 – Perda de seção



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

3 CONCLUSÃO

Com base na análise dos relatórios de inspeção pode-se constatar que na empresa em questão a principal causa de patologias é o sistema de produção. Verificou-se que em média, 78,38% são peças perfeitas, 21,25% apresentaram algum tipo de restrição, o que requer retrabalho ou determinado cuidado durante sua utilização e 0,37% das peças são classificadas como perdas.

Dentre as patologias restritivas percebeu-se que a maioria delas, estão diretamente ligadas aos equipamentos utilizados. Entre elas destacam-se as peças com anel fora de esquadro, perda de nata, fio rompido e rebarba. Em relação às patologias ligadas à execução podem-se destacar alça de içamento, vazios no anel e arranque quebrado.

Já nas peças classificadas como refugo aparecem perda de seção e escorregamento de fio diretamente ligadas aos equipamentos e nas peças relacionadas com a execução são as trincas.

Diante desses fatos, recomenda-se que a empresa realize uma revitalização de todos os equipamentos utilizados, substituindo aqueles em que houver necessidade. Outra possibilidade seria investir em tecnologia e implementar um novo sistema de produção que tenha foco em diminuir as patologias. Aliado a essa adequação faz-se necessário o treinamento de novos funcionários e reciclagem daqueles que já apresentam longa experiência e que talvez por isso, negligenciem certas medidas técnicas durante a operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 9062**. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 9778**. Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland - preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 16258**. Estacas pré-fabricadas de concreto - requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

DUTRA, Luis Henrique Antunes. **Estacas pré-fabricadas de concreto: avaliação do reforço para tensões geradas na cravação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63198/000863968.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário da língua portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010.

FILHO, E. L. C.; GONÇALVES C. **Manual técnico: Estacas pré-fabricadas de concreto**. 2. Ed. São Paulo: ABCIC, 2012.

JÚNIOR, K. M. L. C.; VERÍSSIMO, G. de S. **Concreto protendido: fundamentos básicos**. Universidade Federal de Viçosa - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Departamento de Engenharia Civil. Viçosa, 1998. Disponível em: <<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/f6/CP-vol1.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2016.

OLIVEIRA, Andressa de. **Comparação entre os métodos estáticos com o ensaio de carregamento dinâmico de previsão de capacidade de carga em estacas pré - moldadas de concreto.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil - Curso de Engenharia de Produção Civil. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/3932/1/CT_EPC_2014_2_05.pdf> Acesso em: 16 jun. 2016.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos pré-fabricados de concreto.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2016.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil:** pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 568p.

