

**ANÁLISE COMPARATIVA DA FABRICAÇÃO DE POSTE PARA ILUMINAÇÃO
PUBLICA EM CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO**

Autor(a): Warley Ricardo dos Santos

Orientador(a): Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Belo Horizonte

Julho / 2015

Warley Ricardo dos Santos

**ANÁLISE COMPARATIVA DA FABRICAÇÃO DE POSTE PARA ILUMINAÇÃO
PUBLICA EM CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Construção Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.
Ênfase: Tecnologia e produção na fabricação de postes
para iluminação pública em aço protendido.

Orientador(a): Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2015

Dedico este estudo a Deus a minha família e aos meus amigos espirituais, a minha esposa Jane, aos meus eternos filhos Vinícius e Isabella, aos amigos do curso pelo apoio e a Belgo Bekaert juntamente com a Arcelor Mittal por propiciar o curso de Especialização em engenharia civil.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da Especialização, que me possibilitaram refletir sobre a Engenharia Civil como um todo, em especial aos professores Antônio Neves de Carvalho Júnior, Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo, Maria Teresa Paulino Aguiar e Giuliano Polito.

A Engenheira Civil Mary Alison e o engenheiro Rui Leote pelas informações e referências fornecidas.

Ao engenheiro Daniel Lopes Garcia, pela confiança e incentivo para conclusão deste curso.

Aos meus colegas de turma da Especialização na Construção Civil, pela produtiva convivência durante os meses de aulas, especialmente aos colegas Rodrigo Aguiar, Maria Cecília, Mariano.

A Belgo Bekaert e a Arcelor Mittal pela oportunidade de poder enriquecer meus conhecimentos.

Aos meus filhos Vinícius e Isabella, minha esposa, pelo apoio incondicional e tolerância pelos períodos ausentes.

RESUMO

Para realização do tema proposto, torna-se necessário analisar aspectos técnicos, operacionais e gerenciais de preparação do sistema de protensão, visando à implementação de utilização do fio de aço Protendido e do aço CA50, como uma melhoria no processo de fabricação dos postes na indústria de pré-fabricados. Na definição do novo processo de produção, propomos substituir a técnica artesanal de armadura frouxa com aço CA50 e amarrado com arame recozido e ou soldado com solda MIG, onde o funcionário elabora um trabalho cansativo e que dispende grande esforço físico, para dar um passo em busca de novos processos, que racionalizem a mão de obra e melhorem o produto final.

As indústrias de pré-fabricação estão sempre em busca de melhor organização, controle e redução de custos em suas fábricas, dentro deste escopo a fabricação protendida pode se apresentar como uma boa solução. Considerando que além disso na utilização deste novo processo existe uma vertente interessante; a redução do esforço físico dos trabalhadores na execução das atividades de produção e também na implementação de equipamentos de segurança do trabalho.

Para analisar todas as interfaces, estuda-se e detalha-se o processo de fabricação de postes protendido, com intuito de demonstrar as vantagens, desvantagens e resultados deste novo processo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Postes duplo “T” - Romagnole.....	1
Figura 1.2 - Foto ensaio do poste com flecha residual.....	4
Figura 1.3 - Foto ensaio flecha do poste.....	4
Figura 1.4 - Esforços de tração e compressão.....	6
Figura 1.5 - Diagrama de tensões.....	6
Figura 1.6 - Cordoalha 7 fios para Protensão.....	8
Figura 1.7- Figura dos tesourões utilizados para o corte de barras (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	11
Figura 1.8 - Figura dos tesourões utilizados para o corte de barras (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	12
Figura 1.9 - Dobramento manual da armadura em canteiro (pinos e chaves) (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	13
Figura 1.10 - Dobramento manual da armadura em canteiro (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	14
Figura 1.11 - Figura das operações de dobra de um estribo (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	15
Figura 1.12- Dobramento com equipamento hidráulico (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	16
Figura 1.13- Dobramento com equipamento hidráulico (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	16
Figura 1.14 - Figura da amarração da armadura de uma viga (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	17
Figura 1.15 - Pré-montagem da armadura – viga (BOTTURA & MELHADO,2006.....	18
Figura 1.16 - Pré-montagem da armadura – viga - (BOTTURA & MELHADO,2006.....	18
Figura 1.17 - Figura fluxo de processo de fabricação, trabalhada pelo autor.....	20
Figura 1.18 - Sistema de Protensão - Fonte: Cauduro, 2005.....	21
Figura 1.19 - Poste concreto armado - Fonte: Engº Rui Leoti.....	21
Figura 1.20 - Poste concreto armado - Fonte: Engº Rui Leoti.....	22
Figura 1.21 - Poste concreto armado - Fonte: Engº Rui Leoti.....	22
Figura 1.22 - Poste concreto protendido - Fonte: Autor.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Composição química do aço para Protensão.....	8
Tabela 3.2 - Fluxograma de produção das armaduras utilizadas nas estruturas de concreto (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	10
Tabela 3.3 - Valores de absorção de água conforme norma ABNT 8451 2012.....	23
Tabela 3.4 - Valores de especificação e resultado de ensaio da flecha residual.....	23
Tabela 3.5 - Valores de especificação e resultado de flecha.....	25
Tabela 3.6 - Estudo financeiro.....	25

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Poste Protendido	3
3.1.1 Vantagens.....	3
3.1.2 Flechas	3
3.1.3 Flechas resíduais.....	3
3.1.4 Fissuras.....	5
3.1.4.1 Ensaios de elasticidade.....	5
3.2 Concreto protendido	5
3.2.1 Propiedades e fabricação do aço para Protensão.....	7
3.2.2 Estabilização.....	9
3.2.3 Produção de estrutura de concreto armado.....	9
3.3 Corte da armadura.....	10
3.3.1 Preparação do aço.....	10
3.3.2 Preparo na armadura.....	13
3.3.3 Procedimento quem devem ser observados em relação ao dobramento e fixação das ferramentas.....	16
3.3.4 Procedimentos que devem ser observados em relação ao dobramento e fixação das ferragens.....	19
4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	19
5. RESULTADOS.....	23
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	25
7. CONCLUSÕES.....	26
8. BIBLIOGRAFIA	27

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT - NBR 7482: 2008 Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT - NBR 7483: 2008 Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT - NBR 8451: 2012 Associação Brasileira de Normas Técnicas.

LISTA DE SÍMBOLOS

“T” - Forma do Postes;

CP 175 - Concreto Protendido;

CAA II - Concreto Alto Adensável;

CAA III - Concreto Alto Adensável;

CAA IV - Concreto Alto Adensável;

RB - Baixa Relaxação.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho possui como temática a utilização de aço protendido na fabricação de postes para iluminação pública duplo “T” com altura de 10,5 metros de comprimento, será analisado os principais componentes da armação, o processo executivo de preparação da fabricação dos postes, as origens de processo construtivo utilizando o método de Protensão com ampla revisão bibliográfica.

Concluindo o estudo serão apresentados de forma sucinta o processo de fabricação e os fluxogramas de processo correlacionando e comparando as estruturas de concreto armado e as estruturas mistas, Armada + Protendida, ainda não utilizada como processo de fabricação, porém com grande potencial de desenvolvimento deste processo.

O Brasil ainda está bastante atrasado no quesito tecnológico quando o assunto é processo construtivo protendido. Os equipamentos e máquinas atualmente utilizados são em sua maioria importados e tem um custo muito alto.

O processo de fabricação de postes duplo “T” é manual no que requer número significativo de tralhadores e um processo bastante artesanal.



Figura 1.1 – Postes duplo “T” – Romagnole
Fonte: Trabalhada pelo autor

2 . OBJETIVO

Analisar a diferença de fabricação de poste para iluminação pública produzido em concreto armado e por concreto protendido, comparar as diferenças do processo e qualidade do produto final do poste utilizando o concreto protendido, que é composto basicamente de fio CP 175 que e um aço de baixa relaxação. Considerar a possível customização de custos na estrutura do poste duplo “T” alterando o processo de armadura frouxa para concreto protendido. Levando em consideração o conhecimento de todos os materiais, normas pertinentes e etapas executivas do processo de fabricação, planejamento da execução por meio de um projeto completo, a fiscalização da execução e um programa de verificação é essencial para que a armadura protendida cumpra seus papel fundamental na estrutura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Postes Protendido

3.1.1 Vantagens

A fabricação de poste em concreto protendido tem por objetivo reduzir o índice de absorção de água conforme a norma NBR 8451 2012. Pois no processo de fabricação de postes o teor de absorção de água foi reduzido em 10%, concreto menos permeável e em função da compressão que o aço protendido exerce sobre o elemento de concreto, resultado observado nitidamente quando analisamos o índice geral de fissuras .

3.1.2 Flechas

Os postes submetidos a um esforço de tração igual a carga nominal, não podem apresentar flechas superiores a:

- 3,5% do comprimento nominal, quando a tração for aplicada na direção da maior inércia do postes de seção duplo T (face B), retangular (faces A e B), circular e quadrada. Para postes de concreto protendido este valor é reduzido para 2,5%
- 5% do comprimento nominal, quando a tração for aplicada na direção da menor inércia (face A) do poste de seção duplo T, ornamental e de iluminação. Para postes de concreto protendido este valor é reduzido para 3,5%.

3.1.3 Flechas Residuais

A flecha residual medida depois que se anula a aplicação de esforço correspondente a carga de limite elástico (140% da carga nominal para concreto armado e 150% para concreto protendido), no plano de aplicação da carga nominal dos esforços reais, não pode ser superior a:

- 0,35% do comprimento nominal, quando a tração for aplicada na direção de maior inércia de poste de seção duplo T (face B), retangular (faces A e B), circular e quadrada. Para postes de concreto protendido este valor é reduzido para 0,25%.
- 0,5% do comprimento nominal, quando a tração for aplicada na direção de menor inércia (face A) do poste de seção duplo T, ornamental e de iluminação. Para postes de concreto protendido este valor é reduzido para 0,35%.



Figura 1.2 – Foto ensaio do poste com flecha residual
Fonte: Figura trabalhada pelo eng^o Rui Leote



Figura 1.3 – Foto ensaio flecha do poste
Fonte: Figura trabalhada pelo eng^o Rui Leote

3.1.4 Fissuras

3.1.4.1 Ensaios de elasticidade

Todos postes submetidos a carga nominal não podem apresentar fissuras superiores a 0,3mm para CAA II e para 0,2mm para CAA III e IV com medição através de fissuometro de lâminas. Para postes protendido este valor e reduzido para 0,1mm. As fissuras que aparecem durante a aplicação do esforço correspondete a 140% (concreto armado) e 150% (concreto protendido) da carga nominal, após a retirada desse esforço, devem fechar-se ou tornarem capilares. Para os postes protendidos, quando da realização do ensaio de elasticidade com carga de 150% de carga nominal, deve ser confirmada a presença de fissura para esta situação. No testes realizados não houve fissura aparente ou seja as fissura não podem ser percebidas a olho nu.

3.2 Concreto Protendido

A protensão de estruturas de concreto tem como finalidade principal conferir uma maior resistência da estrutura à tração, em complemento à grande resistência natural do concreto a esforços de compressão. Adicionalmente, a estrutura pode ser usada assim para grandes vãos e apresenta significativa melhora com relação à fissuração, tornando-se um sistema estrutural mais robusto para construção de, por exemplo, pontes e viadutos.

Esta resistência pode ser adquirida ao se tracionar o aço através de macaco e bomba hidráulicos, antes (pré-tração) ou depois (pós-tração) do lançamento e endurecimento do concreto. Após o concreto ter adquirido sua resistência especificada, o estiramento do aço é aliviado, e a força resultante de tração do aço é transferida ao concreto, que se torna comprimido, enquanto o aço tenta se recuperar elasticamente (CAUDURO, 2005).

Figura 1.4 Esforços de tração e compressão

Fonte: Eugênio Cauduro

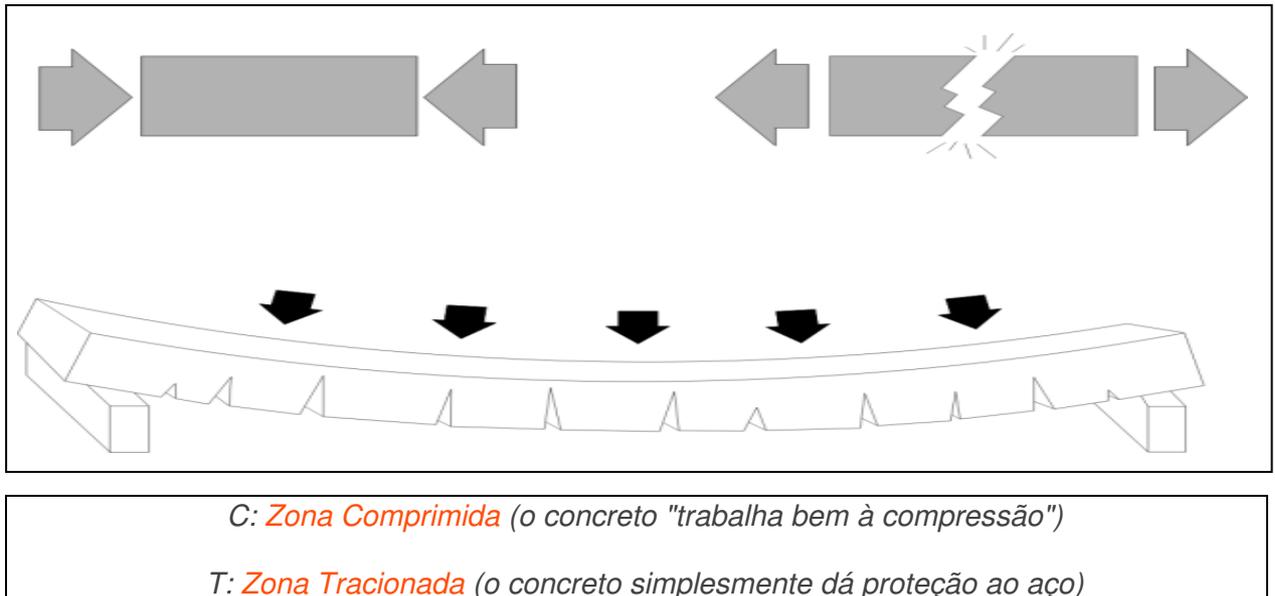
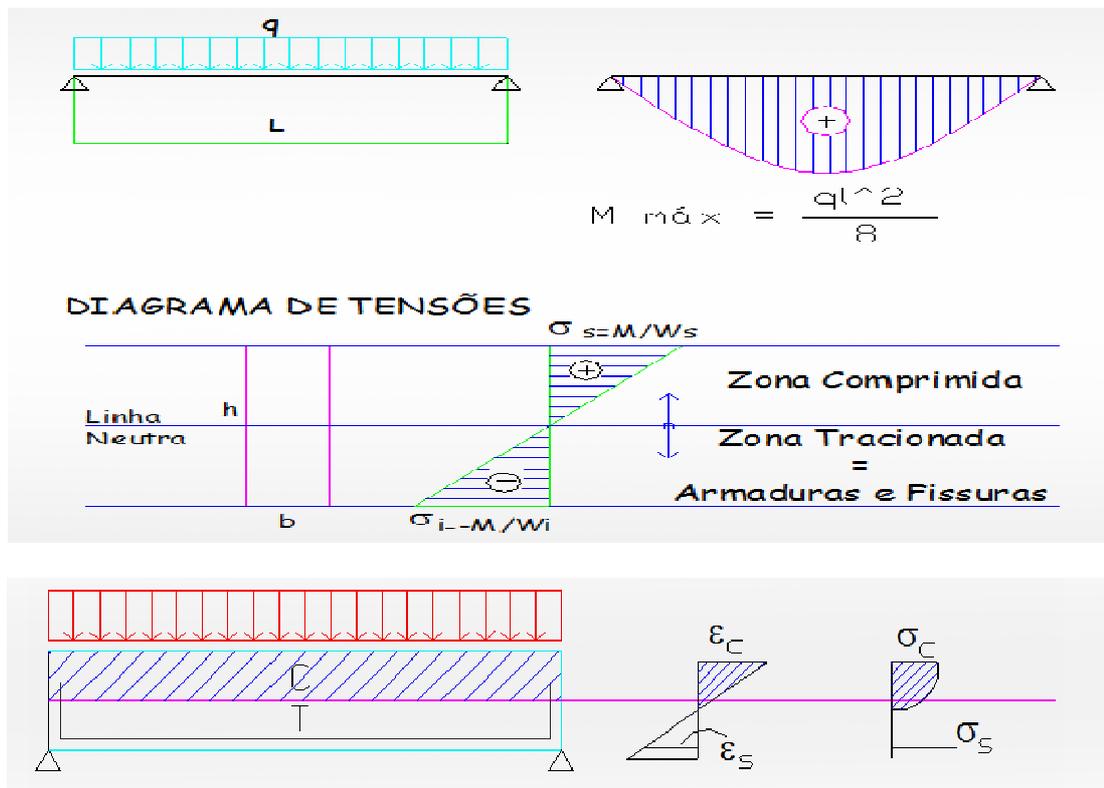


Figura 1.5 Diagrama de tensões



Para desempenhar sua função estrutural, as peças de concreto trabalham a flexão. Nas seções transversais, aparecem tensões de tração e compressão.

3.2.1 Propriedades de fabricação do aço para protensão

Conforme Cauduro (2005) relata, os primeiros aços empregados na protensão eram obtidos por trefilação. Entretanto, tais aços apresentavam altas perdas por relaxação, que é a perda de tensão com o tempo de um aço tracionado em comprimento constante. Tal característica é de extrema importância na fabricação dos aços para concreto protendido, sendo testados antes do despacho como método de controle de qualidade.

Conforme a NBR 7482: 2008 para fios e NBR 7483: 2008 para cordoalhas, a relaxação pode ser classificada em RN (relaxação normal) correspondente a perda de carga de 8,5% em 1000h de ensaio à 20°C de temperatura ambiente, considerando a carga inicial como 80% do limite de resistência. Há também a RB (relaxação baixa), correspondente a 3% de perda de força, sob mesmas condições de ensaio.

Procura-se também em aços para protensão uma grande resistência mecânica e boa ductilidade. O encruamento durante a trefilação é responsável por proporcionar os altos índices de resistência à tração, enquanto o tratamento termo-mecânico de estabilização auxilia na obtenção de ductilidade.

No caso de fios, o limite de resistência à tração pode variar de 145 a 175 kgf/mm², enquanto no caso de cordoalhas, vai de 190 a 210 kgf/mm². As cordoalhas podem ainda ser constituídas por 3 ou 7 fios trefilados, de acordo com projeto estrutural solicitado. A figura 3.11 abaixo ilustra um exemplo de cordoalha 7 fios.

Figura 1.6 - Cordoalha 7 fios para Protensão
 Fonte: Autor



Naturalmente, a resistência mecânica não provém apenas do encruamento do aço, mas também de sua condição inicial. Para concreto protendido, utiliza-se na prática como matéria-prima aços de alto teor de carbono, de forma a conferir parte da resistência necessária no produto.

A composição química mais detalhada da matéria-prima laminada a quente pode ser conferida na tabela 3.1 que se segue:

Tabela 3.1 – Composição química do aço para protensão
 Fonte: Cauduro, 2005

Elemento	Porcentagem em peso (%)
C	0,80 a 0,85
Mn	0,45 a 0,90
Si	0,15 a 0,35
P	0,020 máx.
S	0,025 máx.

3.2.2 Estabilização

O tratamento térmico de estabilização (ou “estiramento a quente”) significa o último passo na produção de aços para protensão.

Trata-se de um processo que é responsável pelo aumento do limite elástico e melhor comportamento à relaxação do aço através de uma tensão de tracionamento em torno de 45% da carga de ruptura do aço, concomitantemente ao aquecimento do mesmo em temperaturas que variam de 360°C a 400°C.

Este tratamento também é fundamental para a obtenção da propriedade de relaxação baixa.

3.2.3 Produção de estruturas de concreto armado

Algumas citações editadas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil - demonstram de forma bastante simples e prática todas as etapas que envolvem a utilização do aço na obra. (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Os aços para concreto armado, fornecidos em rolos (fios) ou mais comumente em barras com aproximadamente 12m de comprimento, são empregados como armadura ou armação de componentes estruturais. Nesses componentes estruturais, tais como blocos, sapatas, estacas, pilares, vigas, vergas e lajes, as armaduras tem como função principal absorver as tensões de tração e cisalhamento e aumentar as capacidades resistentes das peças ou componentes comprimidos, (BOTTURA & MELHADO, 2006).

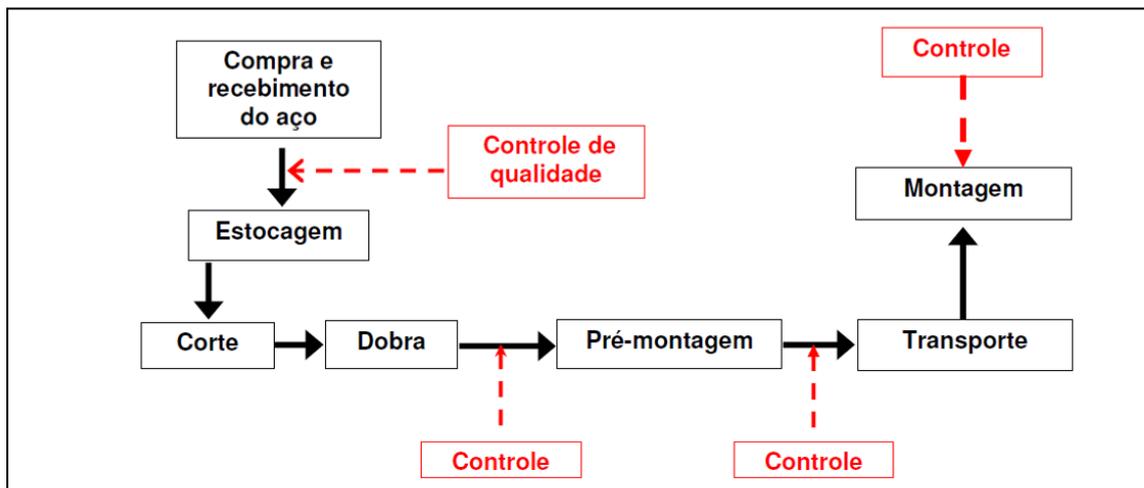
O concreto armado é então uma composição resultante do "trabalho solidário" da armadura aço e do concreto. Essa solidariedade deve ser garantida pela aderência completa entre os materiais, a fim de que as suas deformações sejam iguais ao longo da peça de concreto (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Para que se atinjam os objetivos de qualidade, aderência, versatilidade e economia, é necessário estabelecer uma série de cuidados e regras práticas que deverão ser cumpridas pelos projetistas, construtores, armadores e montadores de estrutura (BOTTURA & MELHADO, 2006).

A seguir serão abordados alguns aspectos relacionados a execução ou montagem das armaduras de concreto armado, e para que se tenha uma ideia do conjunto de operações necessárias ao processamento da armadura de concreto, será apresentado o fluxograma para o seu preparo. (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Tabela 3.2 - Fluxograma de produção das armaduras

Fonte: BOTTURA & MELHADO



3.3 Corte da armadura

3.3.1 Preparação do aço

Nas obras, os fios e vergalhões são cortados com talhadeira, tesourões

especiais, como se observa nas figuras 3 e 4, máquinas de corte (manuais ou mecânicas) e eventualmente discos de corte.

Com talhadeira, somente os de diâmetros menores que 6,3mm podem ser cortados, e mesmo assim, em situações especiais, pois o rendimento da operação é muito baixo.

Os tesourões, com braços compridos, conforme ilustra a figura abaixo, permitem o corte de barras e fios de diâmetro até 16 mm. Quando quantidade de aço a ser cortada for muito grande, podem-se a usar máquinas manuais ou motorizadas.



Figura 1.7 - Tesourão utilizado para o corte de barras de aço
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

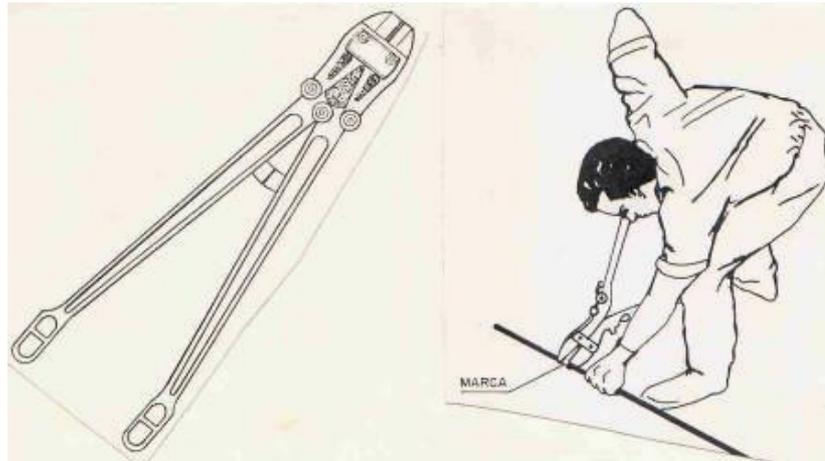


Figura 1.8 - Figura dos tesourões utilizados para o corte de barras
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

As máquinas de corte seccionam todos os diâmetros fabricados e têm um excelente rendimento, cortando diversas barras de uma só vez (BOTTURA & MELHADO, 2006).

As máquinas de cortar motorizadas são utilizadas normalmente nas grandes obras, em que uma grande quantidade de aço precisa ser cortada. Nestes casos, o elevado rendimento destas máquinas oferece retorno amplamente vantajoso ao investimento inicial requerido. As vantagens em termos de racionalização são grandes tanto no planejamento e rendimento da operação do corte, como de estocagem, uso e transporte (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Observa-se, porém, que qualquer que seja o processo pelo qual é feito o corte das barras, a racionalização da operação deve sempre ser procurada. Os comprimentos das barras de aço requeridos nas vigas, pilares, lajes, caixas d'água e outros são variáveis, porque as barras têm uma dimensão aproximadamente constante, fazendo-se necessário uma programação do corte das barras de modo a evitar desperdícios (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Assim torna-se fundamental, um planejamento de maneira que as sobras de um corte possam ser utilizadas em outras peças estruturais. Existem diversas possibilidades de racionalização do uso de aço nas estruturas de concreto

armado, o que exige do engenheiro a constante procura da melhor solução em cada caso (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Terminada a operação de corte, é necessário que se proceda o controle da mesma, verificando-se se as dimensões das barras cortadas estão de acordo com as definições de projeto. Tal procedimento evita que possíveis falhas venham a ser identificadas em etapa muito avançada do processo de produção (BOTTURA & MELHADO, 2006).

3.3.2 *Preparo da armadura*

Após a liberação das peças cortadas dá-se o dobramento das barras, sendo que tais atividades são realizadas sobre uma bancada de madeira grossa com espessura de 5,0 cm, que corresponde a duas tábuas sobrepostas conforme figuras (BOTTURA & MELHADO, 2006).



Figura 1.9 - Dobramento manual da armadura em canteiro (pinos e chaves)
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

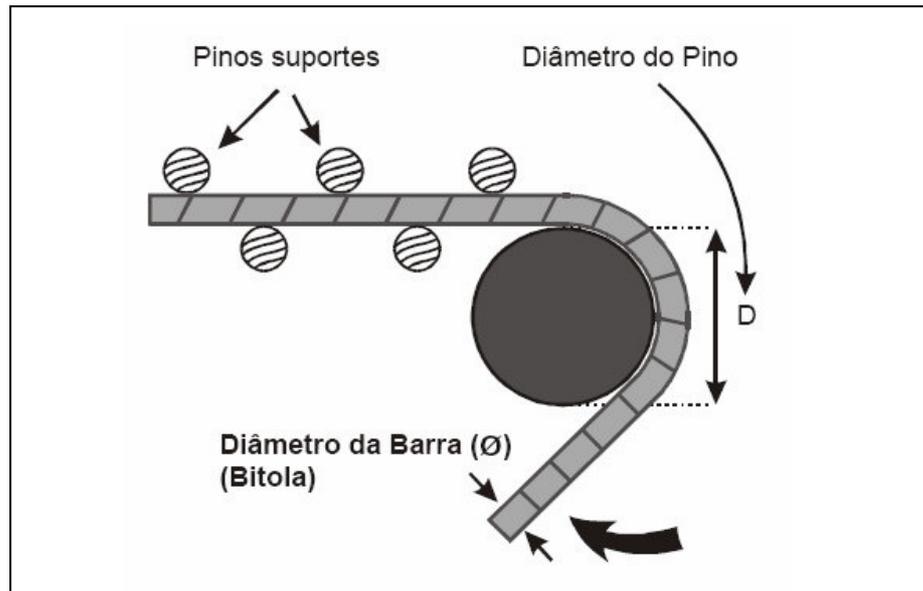


Figura 1.10 - Dobramento manual da armadura em canteiro

Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

Sobre essa bancada usualmente são fixados diversos pinos. Os ganchos e cavaletes são feitos com o auxílio de chaves de dobrar, a qual ilustra a operação de dobra de um estribo, conforme figura 7 (BOTTURA & MELHADO, 2006).

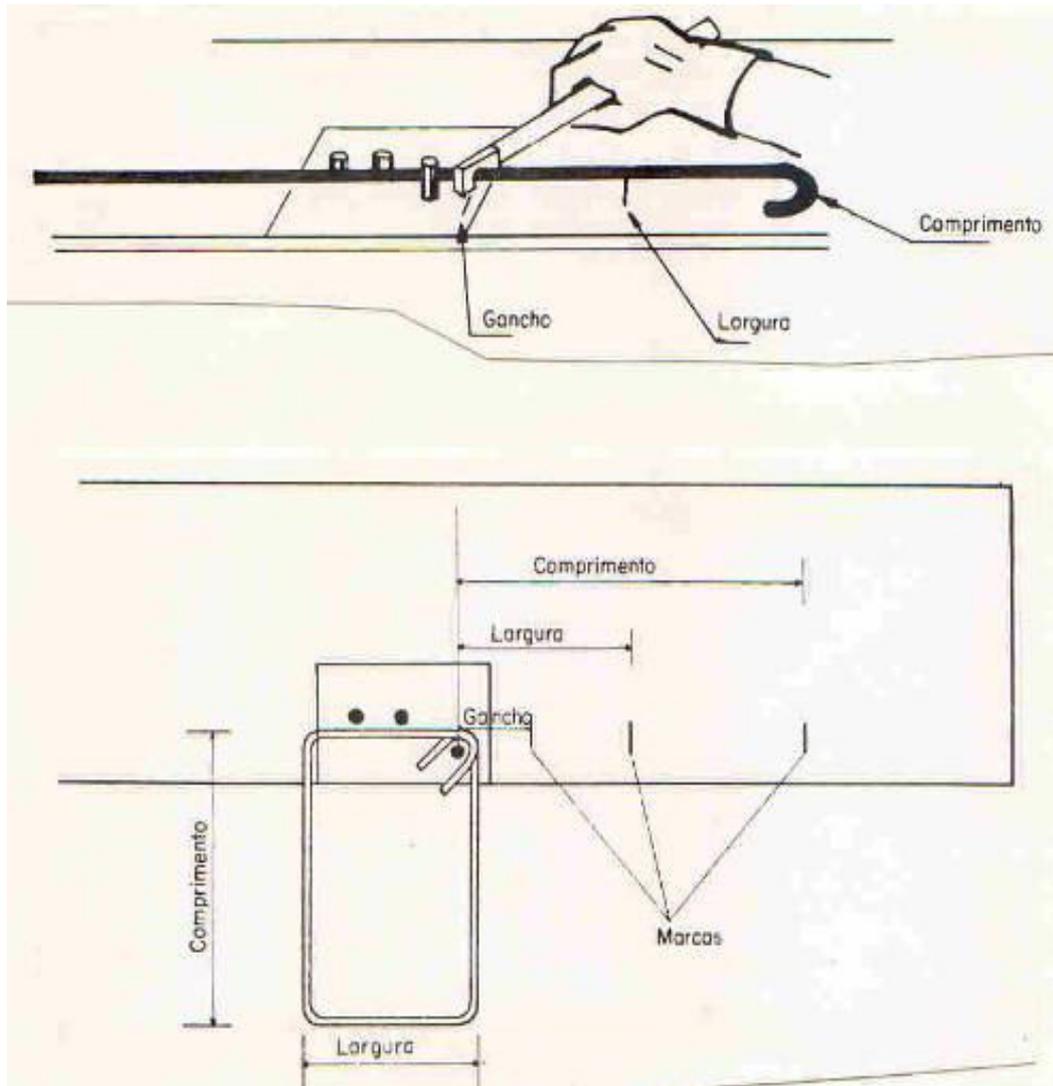


Figura 1.11 - Figura das operações de dobra de um estribo

Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

Assim como existem as máquinas de corte, existem no mercado as máquinas de dobramento automático, conforme figuras 8 e 9. Tais máquinas também podem ser usadas em obras com grandes quantidades de aço a serem dobradas ou na centralização do dobramento da armadura de diversas obras de uma mesma construtora ou de diferentes empresas (BOTTURA & MELHADO, 2006).



Figura 1.12 - Dobramento com equipamento hidráulico
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006



Figura 1.13 - Dobramento com equipamento hidráulico
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

Os aparelhos mecânicos de dobramento, além de curvarem adequadamente as barras, ainda o fazem com grande rendimento (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Todas as curvaturas são feitas a frio e os pinos devem ter um diâmetro compatível com o tipo e o diâmetro do aço que será dobrado a fim de evitar a ruptura local do material (BOTTURA & MELHADO, 2006).

3.3.3 Montagem da armadura

A ligação das barras e entre barras e estribos é feita através da utilização de arame recozido. O tipo de arame encontrado no mercado tem uma grande variação de qualidade, sendo necessária uma boa maleabilidade.

Os arames normalmente indicados são os arames recozidos n.º 18 (maior espessura) ou n.º 20 (menor espessura) (BOTTURA & MELHADO, 2006).

A figura a seguir, ilustra as operações para a amarração de uma viga e a ferramenta utilizada para a amarração das barras e estribos (torquês) (BOTTURA & MELHADO, 2006).

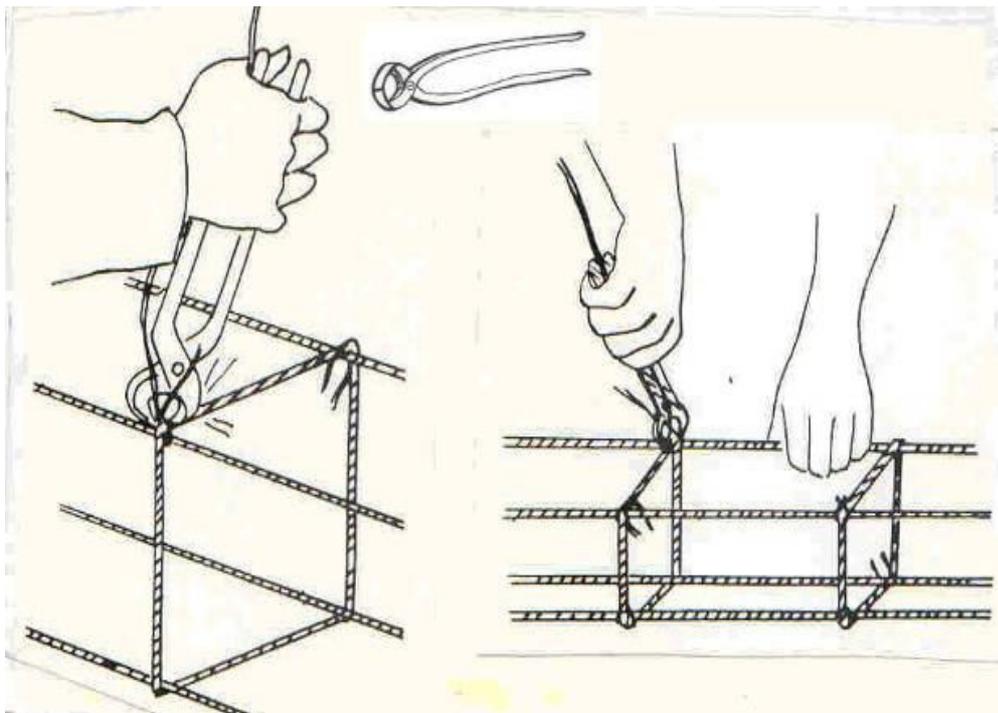


Figura 1.14 - Figura da amarração da armadura de uma viga
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

Para a montagem da armadura propriamente dita, conforme figuras 3.13 e 3.14, durante o planejamento devem-se definir as peças estruturais cujas armaduras serão montadas no pátio de armação, e aquelas que serão montadas nas formas.

Para esta definição devem ser considerados diversos fatores, tais como: as dimensões das peças; o sistema de transporte disponível na obra; a espessura das barras para resistir aos esforços de transporte da peça montada, entre outros.



Figura 1.15 – Pré-montagem da armadura de viga
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

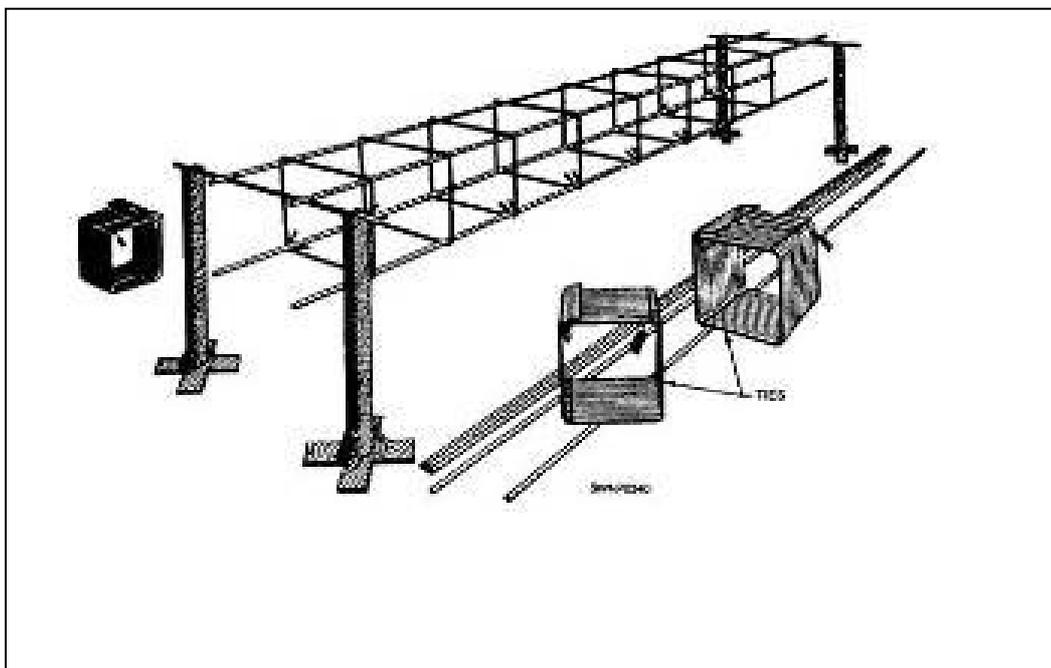


Figura 1.16 - Pré-montagem da armadura de viga
Fonte: BOTTURA & MELHADO, 2006

Quando da colocação das armaduras nas formas todo o cuidado deve ser tomado de modo a garantir o perfeito posicionamento da armadura no elemento final a ser concretado (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Os dois problemas fundamentais a serem evitados são a falta do cobrimento de concreto especificado (normalmente da ordem de 25 mm para o concreto convencional) e o posicionamento incorreto da armadura negativa (tornada involuntariamente armadura positiva) (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Para evitar a ocorrência destas falhas é recomendável a utilização de dispositivos construtivos específicos para cada caso. O cobrimento mínimo será obtido de modo mais seguro com o auxílio dos espaçadores ou pastilhas fixados à armadura, sendo os mais comuns de concreto, argamassa, matéria plástica e metal (BOTTURA & MELHADO, 2006).

3.3.4 Procedimentos que devem ser observados em relação ao dobramento e fixação das ferragens

Se a ferragem não estiver bem posicionada, a resistência da estrutura diminui. O concreto armado só funciona bem quando as barras de aço da armadura, solicitadas por carregamento, trabalham conjuntamente, e estão devidamente protegidas pelo cobrimento do concreto. Após a fixação, é importante verificar se as armações não se deslocaram antes ou durante a concretagem. (C. Isaia, 2011)

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Abaixo segue o fluxo de processo de produção do poste protendido.

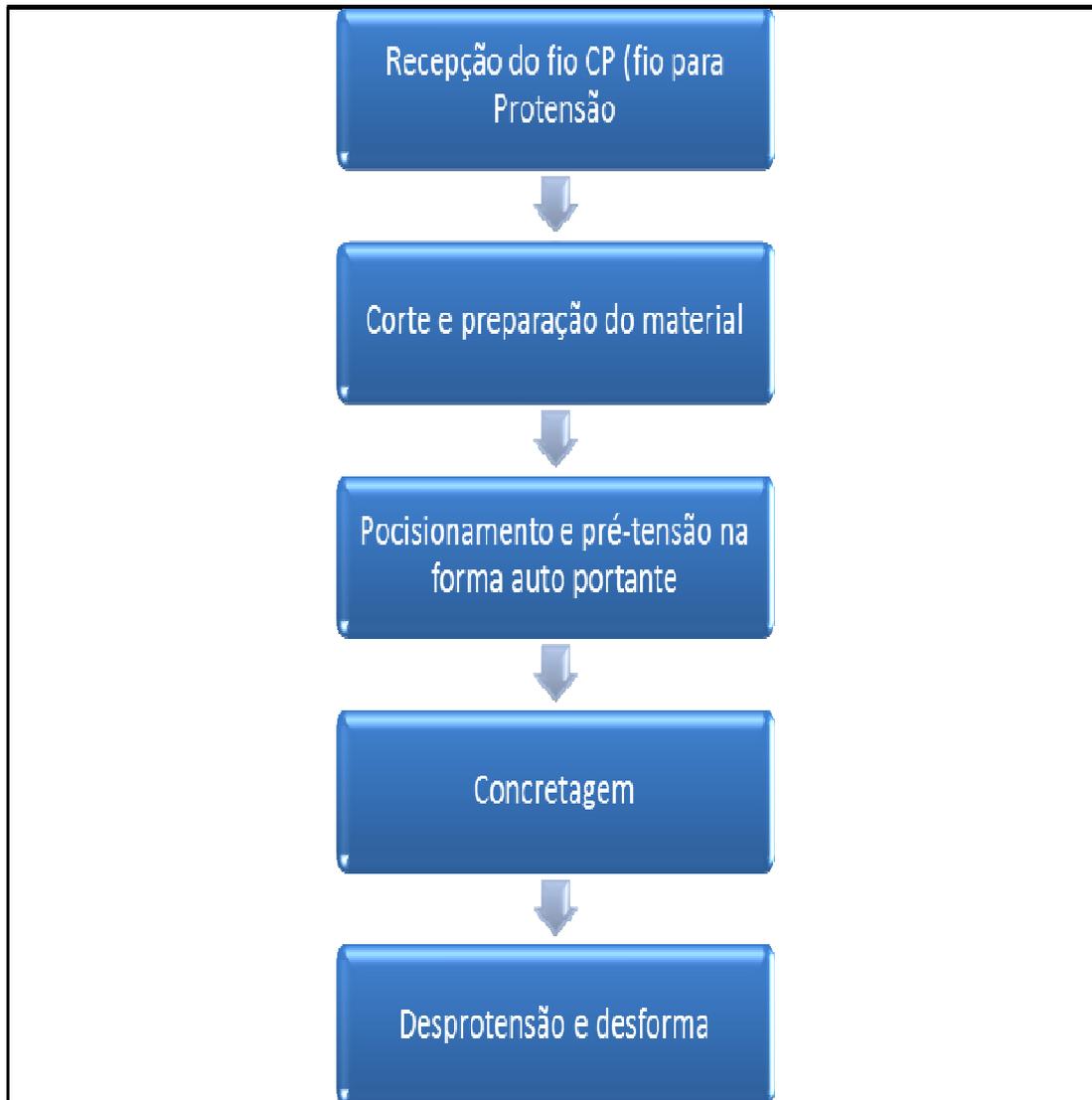


Figura1.17 Fluxo de processo de fabricação
Fonte: trabalhada pelo autor

Este fluxo é bastante enxuto se consideramos o processo tradicional de concreto armado conforme descrito anteriormente, apesar de exigir mão de obra especializada e maior controle no que tange a pré-tensão, os fluxo de produção é bastante eficaz e simples, se tratando de formas auto portante o processo de

posicionamento do aço tem repetibilidade em função da existência dos furos que o aço tem que passar na forma, onde podemos afirmar que não teremos problema de desvio do aço e conseqüentemente falta de cobertura do mesmo.

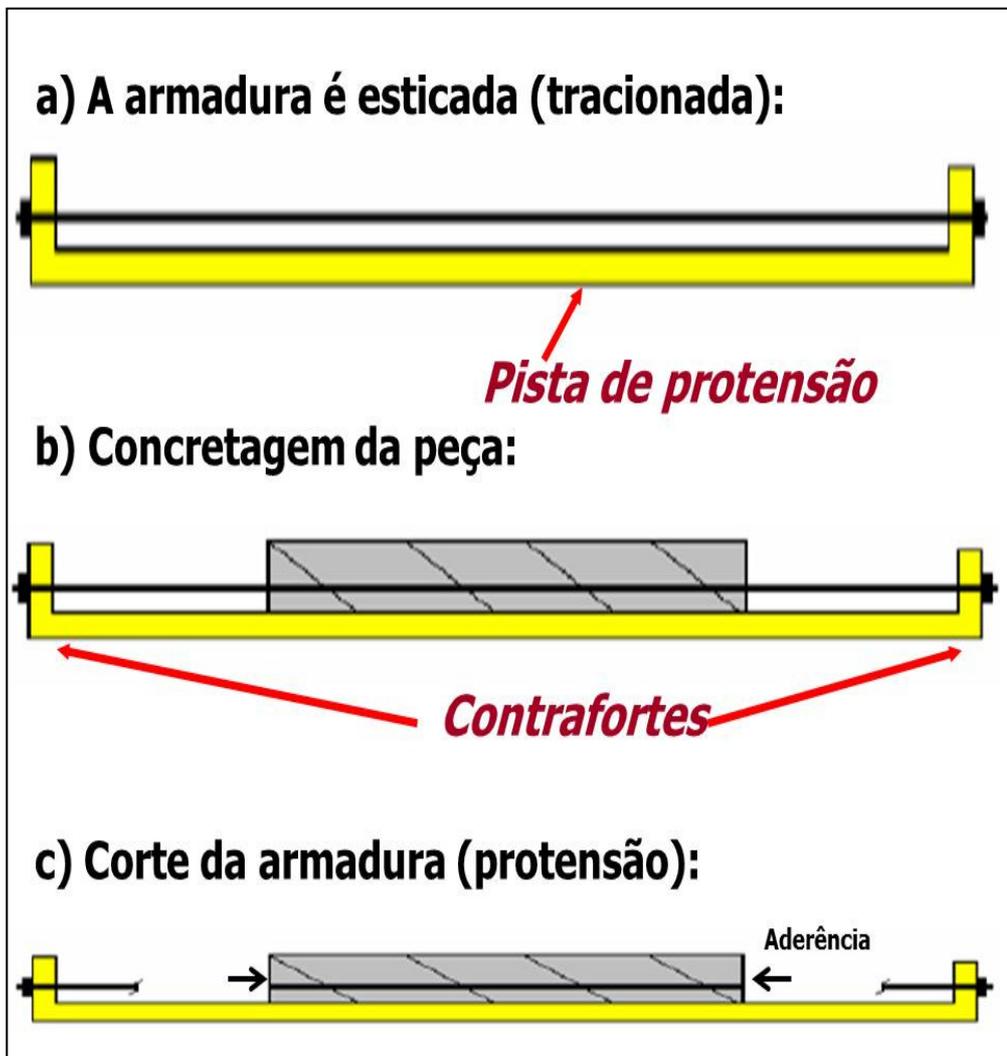


Figura 1.18 Sistema de Protensão
Fonte: Cauduro, 2005



Figura 1.19 Poste concreto armado
Fonte: Eng^o Rui Leoti



Figura 1.20 Poste concreto armado
Fonte: Eng^o Rui Leoti

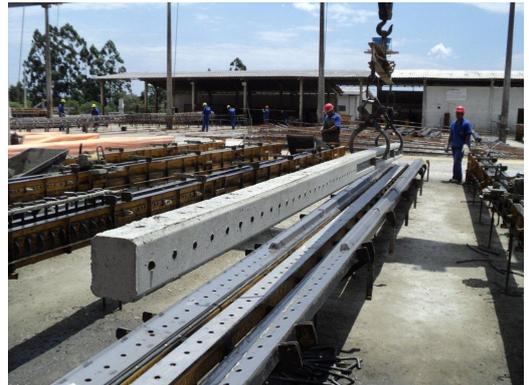


Figura 1.21 Poste concreto armado
Fonte: Eng^o Rui Leoti



Figura 1.22 Poste concreto protendido
Fonte: Autor

5. RESULTADOS

Os valores apresentados abaixo é o resultado dos ensaios realizados na produção dos postes em concreto protendido, iremos apresentar os resultados técnicos e econômico do experimento.

Tabela 3.3 - Valores de absorção de água conforme norma ABNT 8451 2012
Fonte: Trabalhada pelo autor (norma ABNT 8451 2012)

Tabela 6 - Teores de absorção de água para postes de concreto armado.		
Classe de agressividade ambiental (CAA)	Resultado dos corpos de prova que compoe a amostra (b)	
	Média (%)	Individual (cada corpo de prova) (%)
II	<= 5,5 %	<= 7
III	<= 5,0 %	<= 6,5
IV	<= 4,0 %	<= 5,5

(a) A classe de agressividade ambiental 1 não se aplica a postes de concreto
(b) Para postes de concreto protendido, o indice de absorção deve ser reduzido em 0,5% sobre os valores da tabela 6

Tabela 3.4 - Valores de especificação e resultado de ensaio da flecha residual
 Fonte: Trabalhada pelo autor

Produto	Face	Armado Flecha Residual		Protendido Flecha Residual	
		Admitida	Obtida	Admitida	Obtida
D 150 / 10,50m (menor inércia)	A	52,5	32	36,7	20
	A	52,5	25		
	A	52,5	27		
D 150 / 10,50m (maior inércia)	B	36,7	21	26,5	11
	B	36,7	16	26,5	10
	B	36,7	20	26,5	12
B 300 / 10,50m (maior inércia)	B	36,7	15	26,5	5
	B	36,7	14	26,5	6

Tabela 3.5 - Valores de especificação e resultado de flecha
 Fonte: autor

Produto	Face	Armado Flecha com carga nominal		Protendido Flecha com carga nominal	
		Admitida	Obtida	Admitida	Obtida
D 150 / 10,50m (menor inércia)	A	525	345	367	151
	A	525	296		
	A	525	302		
D 150 / 10,50m (maior inércia)	B	367	285	265	95
	B	367	215	265	98
	B	367	230	265	110
B 300 / 10,50m (maior inércia)	B	367	165	265	65
	B	367	155	265	69

A tabela apresenta os custos dos modelos de postes utilizados no mercado, pois esses custos foram baseados pelo experimento do poste D150 /10,5 que foi realizado a fabricação e todos os ensaios obrigatórios pela norma foram aprovados.

Os cálculos foram realizados em função da mão de obra necessária para execução de cada tipo de processo e dos insumos necessários para a fabricação dos mesmos.

Tabela 3.6 - Estudo financeiro
Fonte trabalhada pelo eng^o Rui Leote

Estudo Comparativo Financeiro						
Tipo de poste	Quantidade de aço		Custo Final		Redução	Redução
	Armado %	Protendido %	Armado %	Protendido %	Preço Final %	Peso %
Seção "Duplo T"						
D -150 / 10,5 m	100	60	100	85	15	0
D -200 / 10,5 m	100	45	100	75	25	0
B - 300 / 10,5 m	100	60	100	82	18	0
B - 300 / 12,5 m	100	50	100	77	23	0
Seção Circular						
R - 200 / 9,00 m	100	57	100	85	15	15
R - 200 / 10,00 m	100	47	100	77	23	15
R - 300 / 10,00 m	100	49	100	78	22	10
R - 300 / 11,00 m	100	46	100	75	25	10
R - 300 / 12,00 m	100	45	100	75	25	10

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste processo de fabricação foram bastante interessantes em função da redução de custo possível que é em média 51% de volume de aço necessário para a fabricação do poste de concreto armado, que na composição do custo final do produto tem uma grande participação.

A outra redução bastante significativa é o da mão de obra, sendo que para o processo de concreto armado, apenas para preparação da armadura e montagem de forma são necessários no mínimo 8 operários. Comparando com o processo pretendido, este número é reduzido pela metade.

Comparando os dois processos tem se uma redução de custo médio de 22%.

7. CONCLUSÕES

O Processo de produção de poste protendido demonstrado na monografia vem alertar e sugerir um novo modelo de fabricação de postes de iluminação como solução dos aspectos econômico, ergonômico e técnico.

No aspecto econômico o processo de produção de poste protendido se mostra mais eficaz em função da redução de peso do aço, matéria prima utilizada, com maior resistência (três vezes maior que o vergalhão) em relação aos utilizados atualmente como modelo tradicional. Conseqüentemente há a redução do volume de aço sem comprometer a estrutura do produto. No aspecto ergonômico este processo demonstra menor esforço físico dos operários, tendo em vista que as atividades a serem executadas na preparação são bastante técnicas, na qual utiliza se equipamentos apropriados na montagem do aço e na aplicação da pré-tensão, eliminando várias atividades que exigem muito esforço físico. No aspecto técnico devido ao processo de fabricação ter maior dinamismo, repetibilidade, pois o sistema de armação do aço já é pré-definido na própria forma, no qual elimina-se erros substanciais no posicionamento do aço. Sendo que a preparação do concreto exige um menor fator água e cimento na permeabilidade do produto final.

Considerando que todo o estudo comprova a importância da utilização da nova técnica de fabricação, as empresas de pré-moldados devem tomar conhecimento da possibilidade desta nova proposta e tornar viável a sua produção em larga escala, promovendo uma melhoria contínua e inovadora no processo fabril.

Além disso a produção de Postes Protendido pode ser essencial para a expansão de novos empreendimentos imobiliários

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8451-1: 2012- Poste de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: 2007 - Aço para estruturas de concreto armado** – 3 de março de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7482: 2008 – Fios de Aço para concreto protendido** – Especificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7483: 2008 – Cordoalha de Aço para concreto protendido** – Especificação

MERCIA MARIA S. BOTTURA, M. M. & Melhado, S. B; ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Tecnologia da Construção de Edifícios I.** São Paulo, 2006

Eugênio Calduro, **Manual para boa execução de estrutura protendida**, São Paulo, 2005. 109 p.

J. B de Hanai, **Fundamentos do concreto protendido**. São Carlos, 2005. 116 p.

Rui Leoti, **Experimento na produção de poste protendido**. Campanha, 2014.