

Monografia

“Substituição do arame recozido de amarração das armaduras estruturais pela solda ponto MIG MAG”

Julho /2013

Autor: Ralf Schuttenberg

“Substituição do arame recozido de amarração das armaduras estruturais pela solda ponto MIG MAG”

Monografia desenvolvida para apresentação de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG

Professor Orientador: Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2013

Agradecimentos

Ao CECC, pelo abrangente programa ministrado, que permitiu rever conceitos e adquirir novos e importantes conhecimentos.

Aos engenheiros civis Geraldo Magela da Incopre e Eder Salomão da Prefaz, que permitiram a coleta de dados, desenvolvimento, imagens e informações que compõem este trabalho.

Ao engenheiro metalúrgico José Luiz Sperandio e engenheira civil Merry Alissan da Silva Corrêa pela colaboração e orientações que nortearam este trabalho.

À minha esposa Ana Raquel Araújo Cavalcante, filhos Arthur, Maria Eduarda e Micaela que demonstraram toda paciência e apoio durante o desenvolvimento desse trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Situação problema	10
1.1.1 Situação geral	10
1.1.2 Situação econômica	12
1.1.3 Situações sociais e ambientais	12
2. OBJETIVO	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
2.3 Expectativas	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Produção de estrutura de concreto	14
3.2 Montagem da estrutura	14
3.3 Norma referente aos processos	15
3.4 Preparo, montagem e posicionamento da armadura	15
3.5 Padronização das armaduras	19
3.6 Vergalhões soldáveis, armaduras soldadas e normas ...	19
3.7 Soldagem da estrutura	20
3.7.1 Introdução ao processo MIG-MAG	20
3.7.2 Solda ponto	21
3.7.2.1 Definição de solda ponto	21
3.7.2.2 Função da solda ponto	21
3.8 Variáveis na utilização da solda	22
3.8.1 No processo de soldagem.....	22
3.8.2 No processo penetração geometria do cordão ...	22
3.8.2.1 Corrente de soldagem	22
3.8.2.2 Tensão de soldagem	22
3.8.2.3 Velocidade de soldagem	23
3.8.2.4 Extensão livre do eletrodo.....	23
3.8.2.5 Inclinação da pistola de soldagem ..	24
3.8.2.6 Solda ponto padrão	24
4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	25
4.1 Forma de avaliação prática e numérica do processo	25
4.2 Forma de elaboração do trabalho	26
5. METODOLOGIA USADA NA COLETA DOS DADOS	26
5.1 Escolha do elemento estrutural teste	26
5.2 Preparo do elemento estrutural teste	27
5.3 Critério para coleta dos dados de medição.....	28
5.4 Considerações	28
6. COLETA DOS DADOS	29

6.1 Da empresa I	29
6.1.1 Levantamento dos dados	29
6.1.2 Considerações	31
6.2 Da empresa II	33
6.2.1 Levantamento dos dados	33
6.2.2 Considerações	34
7. ANÁLISES e RESULTADOS CONCLUSIVOS FINAIS	37
7.1 Comentários finais	37
7.2 Análises dos resultados	37
7.2.1 Econômicos	37
7.2.2 Produtividade	38
7.2.3 Qualitativos	38
7.3 Conclusão	39
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Máquina de elementos tubulares, MEP (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).....	10
Figura 1.2 - Máquina de elementos retangulares, MEP (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).....	10
Figura 1.3 - Máquina de treliça, MEP (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011)....	10
Figura 1.4 - Máquina de elementos tubulares, MEP (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).....	10
Figura 1.5 – Seqüência de fotos de sistema de dobra ainda existente em algumas obras (Ralf Schuttenberg, 2005).....	11
Figura 1.6 – Ambiente de trabalho do armador em um canteiro de obra (Ralf Schuttenberg, 2005).....	11
Figura 1.7 – Ambiente de trabalho do armador numa fábrica de pré-moldado (Ralf Schuttenberg, 2008).....	11
Figura 1.8 – Qualidade do ponto de solda numa indústria de pré-moldado (Ralf Schuttenberg, 2008).....	12
Figura 1.9 – Perdas por sobra de recozido (Ralf Schuttenberg, 2009).....	12
Figura 1.10 - Em média a terça parte do consumo é desperdiçado (Ralf Schuttenberg, 2013).....	13
Figura 2.1 – Evolução da turquesa e arame recozido para solda ponto MIG (Ralf Schuttenberg, 2013).....	14
Figura 3.1 – Fluxograma de produção das armaduras utilizadas nas estruturas de concreto (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	15
Figura 3.2 – Tesourão utilizado para corte manual de barras (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	16
Figura 3.3 – Dobramento manual da armadura em canteiro – pinos (BOTTURA & MELHADO).....	16
Figura 3.4 - Dobramento manual da armadura em canteiro – chaves (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	16
Figura 3.5 – Dobramento manual da armadura em canteiro Dobramento manual da armadura em canteiro – pinos (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	17
Figura 3.6 – Ilustração das operações de dobra de um estribo Dobramento manual da armadura em canteiro – pinos (BOTTURA & MELHADO, 2006)...	17
Figura 3.7 – Dobramento com equipamento hidráulico Dobramento manual da armadura em canteiro – pinos (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	18
Figura 3.8 – Máquina de corte e dobra de estribo – estribadeira (Ralf Schuttenberg, 2009).....	18
Figura 3.9 – Ilustração da amarração da armadura de uma viga (BOTTURA & MELHADO, 2006).....	18
Figura 3.10 – Corte transversal de uma barra de CA50 soldável (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010).....	19
Figura 3.11 – Processo de endurecimento e soldabilidade superficial do CA50 soldável – Controle eletrônico e automático da vasão / pressão (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010).....	20
Figura 3.12 – Processo MIG sem interferência do gás com a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010).....	20

Figura 3.13 – Processo MAG onde o gás interage com a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010).....	21
Figura 3.14 – Solda ponto (Ralf Schuttenberg, 2007).....	21
Figura 3.15 – Efeito da variação da corrente (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)	22
Figura 3.16 - Efeito da variação da tensão (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)	23
Figura 3.17 - Efeito da variação da velocidade de soldagem (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)	23
Figura 3.18 - Efeito da variação da distância entre o bico e a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)	24
Figura 3.19 – Inclinação da tocha – peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010).....	24
Figura 3.20 – Aspecto macrográfico da solda ente as barras de CA50 (Ralf Schuttenberg, 2009).....	25
Figura 3.22 – Aspecto macrográfico da solda entre barras de CA50 e CA60 (Ralf Schuttenberg, 2009).....	25
Figura 5.1 – Poste tipo DT 11/300 (Ralf Schuttenberg, 2013).....	27
Figura 5.2 – Posicionamento dos elementos (Ralf Schuttenberg, 2013).....	28
Figura 5.3– Profissional soldador (Ralf Schuttenberg, 2013)	29
Figura 5.4– Profissionais armadores (Ralf Schuttenberg, 2013).....	29
Figura 6.1– Qualidade da solda feita em 2009 (Ralf Schuttenberg, 2009)	32
Figura 6.2– Qualidade da solda feita em 2013 (Ralf Schuttenberg, 2013)	32
Figura 6.3– Lay out da linha de montagem (Ralf Schuttenberg, 2013).....	35
Figura 6.4 – Bancada gabaritada e posicionadores de estribos (Ralf Schuttenberg, 2013).....	35
Figura 6.5 – Estribo amarrado com recozido (Ralf Schuttenberg, 2013).....	36
Figura 6.6 – Estribos soldados (Ralf Schuttenberg, 2013).....	36

TABELAS

Tabela 6.1 – Estrutura armada com arame recozido – Empresa I.....	30
Tabela 6.2 – Estrutura armada com solda – Empresa I	31
Tabela 6.3 – Evolução e comparação da produtividade entre processos – Empresa I	33
Tabela 6.4 – Resumo comparativo – Empresa I	33
Tabela 6.5 – Estrutura armada com arame recozido – Empresa II	34
Tabela 6.6 – Estrutura armada com solda - Empresa II	35
Tabela 6.7 – Evolução e comparação da produtividade entre processos - Empresa II	36
Tabela 6.8 – Resumo comparativo - Empresa II	37
Tabela 6.9 – Resumo dos ensaios	38
Tabela 6.10 – Comparativo do desperdício de arame recozido	38
Tabela 6.11 – Evolução e comparação da produtividade entre os processos.	38

RESUMO

Neste novo processo de produção, propomos substituir a técnica artesanal de amarração com arame recozido, onde o funcionário elabora um trabalho cansativo e que despende grande esforço físico, para um novo processo, que automatize, racionalize a mão de obra, aumente a produtividade e melhore o produto final. Serão tecidas considerações sobre as normas procedimentais para o desenvolvimento de um projeto de pesquisa. Tornou-se necessário analisar aspectos técnicos, operacionais e gerenciais da armação de estruturas, visando substituir o arame recozido por solda, como uma melhoria no processo de armação para obras e indústrias de pré-fabricados. Para analisar todas as interfaces, vamos estudar e ensaiar os dois processos, solda ponto e amarração manual em empresas especializadas, com intuito de demonstrar as vantagens e desvantagens de ambos os processos.

1- INTRODUÇÃO

1.1 Situação problema

Esta monografia tem a intenção de analisar a substituição do arame recozido pela solda ponto (Mig-Mag) principalmente no segmento das estruturas pré-moldadas.

1.1.1 Situação Geral

Os Estados Unidos e os principais países europeus já produzem cerca de 80% da armação em máquinas e o processo manual é exclusivamente usado nas etapas da obra onde elas não alcançam.



Figura 1.1 Máquina de elementos tubulares, MEP. (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).

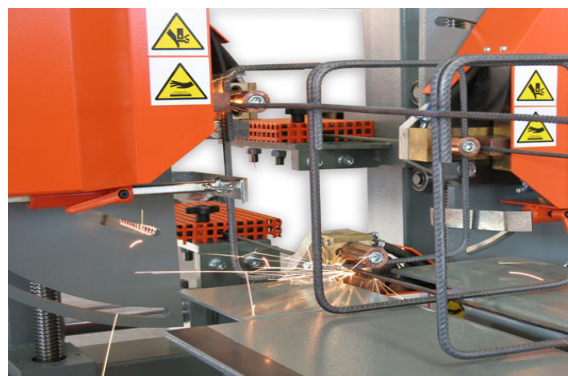


Figura 1.2 Máquina de elementos retangulares, MEP. (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).



Figura 1.3 - Máquina de treliça, MEP. (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011)



Figura 1.4 - Máquina de elementos tubulares, MEP. (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011).

O Brasil está longe desse avanço tecnológico devido, principalmente, ao baixo custo e despreparo da mão de obra além do alto custo dos equipamentos que na sua maioria são importados.



Figura 1.5 – Sequência de fotos de sistema de dobra ainda existente em algumas obras (Ralf Schuttenberg, 2005)



Figura 1.6 – Ambiente de trabalho do armador em um canteiro de obra (Ralf Schuttenberg, 2005)

Analisaremos os principais componentes da armação, seu processo construtivo e fatores que se justificam esta substituição.

Estamos numa fase aonde a oferta de mão de obra esta em queda, exigências no aumento de produtividade, na qualificação dos profissionais, foco na segurança e higiene do trabalho. Tudo isto vem a criar um ambiente propício para a utilização de nova tecnologia, de novos equipamentos, produtos e processos industriais que atendam estas atuais demandas.



Figura 1.7 – Ambiente de trabalho do armador numa fábrica de pré-moldado (Ralf Schuttenberg, 2008)

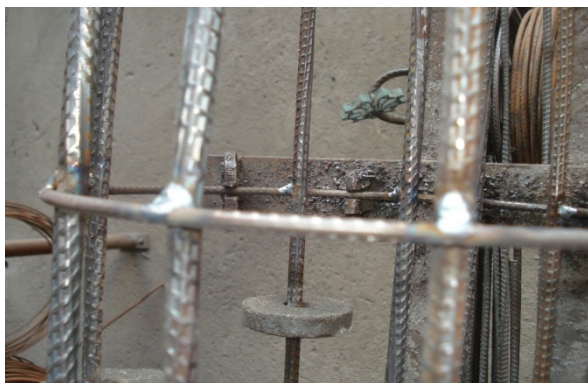


Figura 1.8 - Qualidade do ponto de solda numa indústria de pré-moldado (Ralf Schuttenberg, 2008)

1.1.2 Situação Econômica

Estudos empíricos realizados nas empresas de corte e dobra e pelas indústrias de pré – fabricados indicam que, a substituição do processo de armação manual com arame recozido pela solda ponto pode gerar uma redução no tempo de armação em até 40%, número de profissionais em até 30% o que resulta numa economia total (dependendo da complexidade da estrutura e do número de repetições) da ordem de 25 / 30% mesmo que o processo seja semi-manual.

1.1.3 Situações Sociais e Ambientais

Outros pontos, não menos importante que acima mencionados, são os impactos sociais e ambientais. O processo atual de armação com o arame recozido gera, com grande frequência, lesões devido ao manuseio, ergonomia e repetitividade. Também pode ser observado o desperdício das “sobras / pontas” do arame (da ordem de 30%) que normalmente se misturam no solo e são descartados no lixo comum. O processo via solda ponto minimiza os riscos do profissional e não gera sucata nem resíduos que poluem o ambiente.



Figura 1.9- Perdas por sobra de recozido (Ralf Schuttenberg, 2009)



Figura 1.10 – Em média a terça parte do consumo é desperdiçado (Ralf Schuttenberg, 2013)

2- OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar, justificar e substituir o emprego do arame recozido da amarração das armaduras estruturais pela solda ponto principalmente no segmento dos pré – moldados.

Este segmento da construção civil, em fase ao franco crescimento do setor, vem buscando melhorias nos processos produtivos, controles industriais e dos seus respectivos custos. Dentro desse escopo armação das estruturas de concreto podem apresentar resultados consideráveis e positivos.

Estamos atrasados do ponto de vista tecnológico e produtivo quando o assunto é armação. Com o crescimento do segmento, processos industrializados e controlados se fazem necessário o uso de novos equipamentos, tecnologias e processos. Iremos levantar analisar e comparar (técnico-econômico) processos de amarração atualmente em uso com a solda

Como qualquer novo processo tecnológico, deve ser acompanhado de estudo cuidadoso onde deveremos analisar o suporte científico, os insumos utilizados, os processos atuais e novos de uma forma a garantir a qualidade e as resposta exigidas.

2.2 Objetivos Específicos

A proposta específica desse trabalho não passa diretamente em justificar a substituição das atuais técnicas, que são basicamente manuais, de armação com arame recozido por uma solução industrial, controlada que gere resultados positivos e garantam a qualidade do produto final e sobre tudo a do profissional envolvido.

Para termos uma visão clara da nossa proposta de trabalho, numa primeira etapa dessa evolução para o processo industrial, iremos objetivar a simples trocar do processo de amarração da armação com o arame recozido pela solda ponto no processo MIG



Figura 2.1 – Evolução da turquesa e arame recozido para a solda ponto MIG (Ralf Schuttenberg, 2013)

2.3 Expectativas

A nossa expectativa inicial são que os resultados finais nos mostrem as vantagens da substituição do arame recozido pela solda ponto pelo processo MIG. Seguramente poderemos encontrar alguns defeitos no processo manual da solda ponto, porém os resultados deverão estar dentro das normas e garantias técnicas, redução dos custos finais e o aumento da produtividade.

Não conseguiremos, nesta fase do trabalho, comprovar plenamente os resultados empíricos acima mencionados, mas, seguramente os resultados aqui encontrados serão somados às outras vantagens geradas pelo processo industrial o que resultará em ganhos socio – econômicos significativos.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

3.1 Produções de estrutura de concreto

Elementos como blocos, sapatas, estacas, pilares, vigas, vergas e lajes apresentam as suas qualidade estruturais através união das características do aço e do concreto que somados, absorvem os efeitos das tensões de tração e cisalhamento aumentando assim a sua capacidade de resistência aos esforços exigidos (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Este trabalho solidário entre o aço e o concreto deve ser garantido pela plena aderência entre os materiais empregados a fim de que as suas deformações sejam iguais ao longo da peça de concreto. Para que isto aconteça, e que sejam alcançados os objetivos de qualidade, aderência, versatilidade e economia, é primordial que sejam seguidas, pelos projetistas, construtores, armadores e montadores de estruturas, uma série de regras e cuidados específicos (BOTTURA & MELHADO, 2006).

3.2 Montagem da armadura

Na obra, os fios e barras de aço são cortados em forma e dimensões variáveis através de talhadeiras, tesouras, máquinas de corte e eventualmente discos de corte. Após o corte, estas barras são levadas para bancadas que são conformadas de acordo como a geometria exigida pelo projeto. Atualmente esta se intensificando o uso de máquinas automáticas ou semi-automáticas que fazem todo o processo de corte e dobra do aço. Estas máquinas de corte e dobras, processam uma série de barras conferindo uma

alta produtividade e precisão no elemento de armadura. Todo o processo descrito acima e feito a frio (temperatura ambiente) e os equipamentos usados devem atender dimensões compatíveis ao tipo e diâmetro do aço a ser conformado a fim de evitar rupturas e deformações que comprometam o comportamento do aço na estrutura de concreto. (BOTTURA & MELHADO, 2006).

Terminado o processo de corte e dobra, os elementos deverão ser unidos, entre si, através do arame recozido. Este arame tem como principal característica uma boa maleabilidade. Nesta fase do processo deverão ser observados alguns cuidados como o correto posicionamento dos elementos, dimensão das peças, manuseio e transporte entre outros cuidados. (BOTTURA & MELHADO, 2006)

Terminado o processo de montagem da armadura, esta deverá ser transportada e colocada na formas tendo o cuidado de se garantir o seu perfeito posicionamento e se respeitar o cobrimento mínimo (normalmente da ordem de 2,5 cm) de concreto. Este cobrimento é garantido, afixando nas barras, espaçadores ou pastilhas. (BOTTURA & MELHADO, 2006)

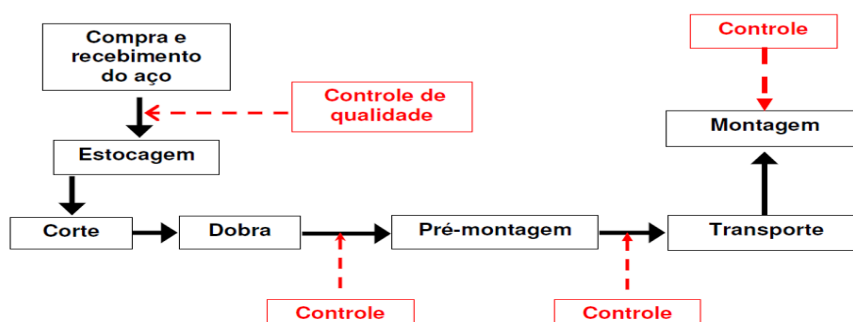


Figura 3.1 – Fluxograma de produção das armaduras utilizadas nas estruturas de concreto (BOTTURA & MELHADO, 2006)

O concreto armado somente funciona corretamente quando a armadura de aço está corretamente posicionada e consolidada no concreto. Após a colocação e fixação da armadura na fôrma, é importante e recomendável verificar se elas não se deslocaram antes ou durante a concretagem (C.Isaia,2011)

3.3 Norma referente aos processos

A principal norma que se aplica ao processo é a NBR 14931: 2004 que descreve os quesitos da qualidade do aço. Esta norma parte do princípio que o aço atende às ABNT NBR 7480, ABNT NBR 7481, ABNT NBR 7482 e ABNT NBR 7483 segundo a natureza e tipo de armadura

3.4 Preparo, montagem e posicionamento da armadura

O corte das barras da armadura deve atender às orientações definidas no projeto da estrutura (NBR 14931:2004).



Figura 3.2 - Tesourão utilizado para o corte manual de barras (BOTTURA & MELHADO, 2006)

As dobras das barras deverão ser sempre a frio nunca às emendas por solda e empregando pinos de dobramento conforme definido em norma (NBR 14931:2004).

Normalmente existe no canteiro de obra de madeira grossa com a espessura de 5,00 cm onde são colocados diversos pinos que fixadas às barras a serem dobradas.



Figura 3.3- Dobramento manual da armadura em canteiro – pinos (BOTTURA & MELHADO, 2006)



Figura 3.4 - Dobramento manual da armadura em canteiros – chaves (BOTTURA & MELHADO, 2006)

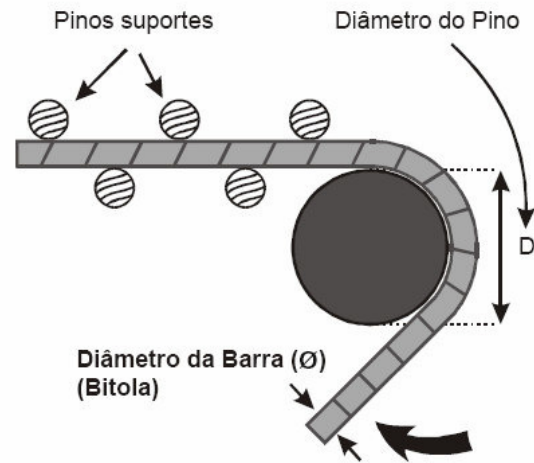


Figura 3.5 – Dobramento manual da armadura em canteiro (BOTTURA & MELHADO, 2006)

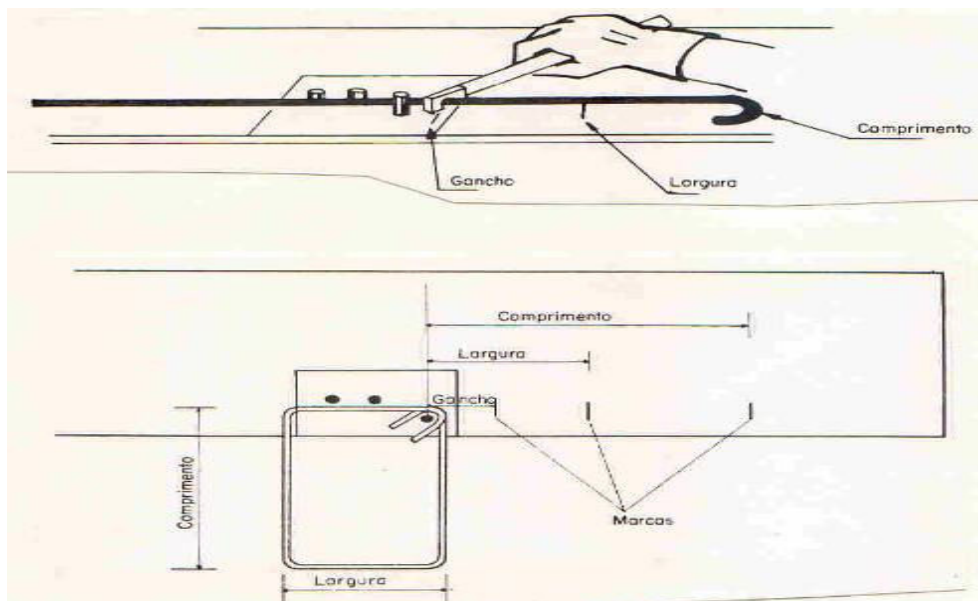


Figura 3.6 – Ilustração das operações de dobra de um estribo (BOTTURA & MELHADO, 2006)

Existem no mercado máquinas automáticas que efetuam o dobramento das barras que poderão ser usadas tanto nos canteiros como nas centrais de corte e dobra. Também existem máquinas que cortam e dobram as barras conforme os projetos

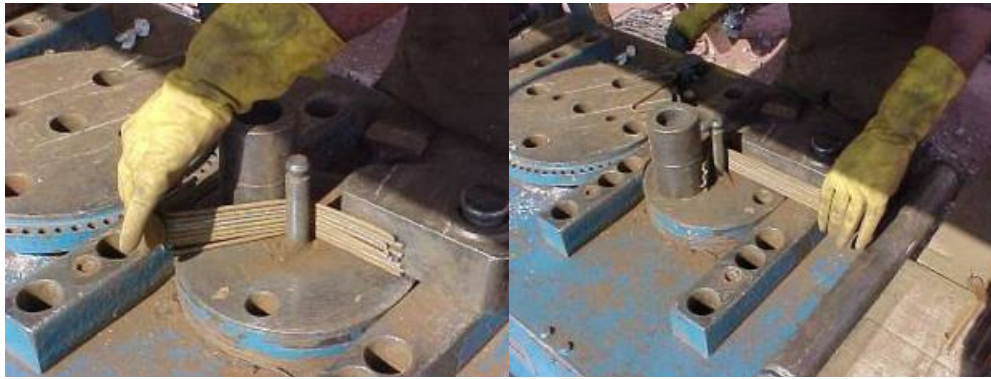


Figura 3.7 – Dobramento com equipamento hidráulico (BOTTURA & MELHADO, 2006)



Figura 3.8 – Máquina de corte e dobra de estribo – estribadeira (Ralf Schuttenberg, 2009)

A união das barras para a montagem da armadura deve ser feita com amarrando as mesmas como arame recozido.

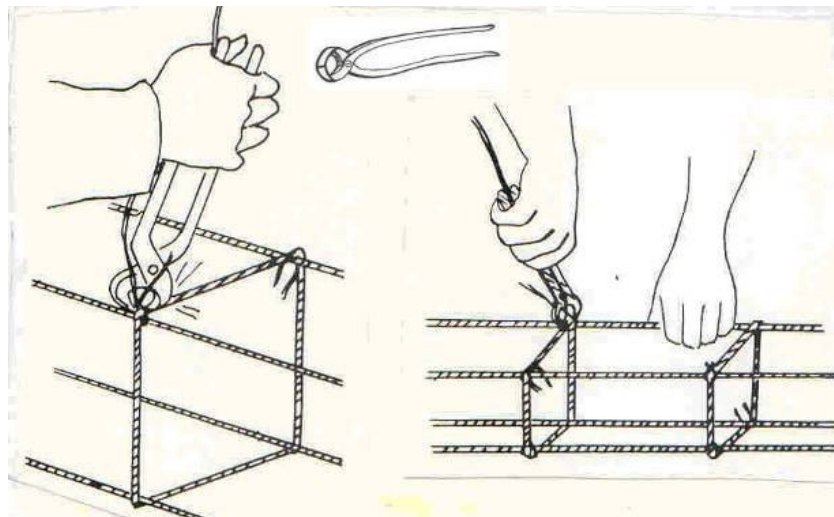


Figura 3.9 – Ilustração da amarração da armadura de uma viga (BOTTURA & MELHADO, 2006)

É possível que esta união também seja feita através da solda ponto, porém temos que assegurar que o aço seja soldável.

Na NBR 14931:2004, orienta que a armadura deva ser posicionada e fixada no interior da forma conforme especificação de projeto de tal forma que, durante a concretagem se mantenha na posição estabelecida e respeitando

as distâncias entre as barras e a face interna da forma. Para garantir este posicionamento é utilizado dispositivos (espaçadores) que serão fixados nas barras mais expostas à forma.

3.5 Padronização das armaduras

Para que um arranjo de armadura passiva seja considerado satisfatório tem que atender alguns quesitos (Fusco – 1994)

- a) Facilitar a montagem e a concretagem da peça
- b) Maximizar o consumo de concreto e aço de tal forma atender as especificações de projeto e normas
- c) Em condições normais, as peças estruturais não devem apresentar fissurações
- d) Antes que ocorra a ruína da peça, as barras de aço podem entrar em carga, como previsto no projeto,
- e) A mobilização da resistência das barras da armadura não deve acarretar o risco de perda da solidariedade entre aço e concreto (Fusco -1994)

Devido às solicitações atuantes para cada de tipo de peça estrutural, procuram-se as posições mais eficientes para as barras de aço. As idealizações admitidas para os esquemas resistentes das peças de concreto estrutural são basicamente de dois tipos; a) as submetidas a solicitações normais, b) submetidas a solicitações tangenciais.

3.6 Vergalhões soldáveis, armaduras soldadas e normas

O CA50 soldável apresenta uma camada superficial de alta resistência mecânica e um núcleo de alta ductilidade.



Figura 3.10 – Corte transversal de uma barra de CA50 Soldável (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

A composição química do produto mais o choque térmico na sua superfície, na sua fase final de laminação, é o que proporciona as principais de soldabilidade no CA50 (Batista, Cauduro & Ballesteros, 2011)

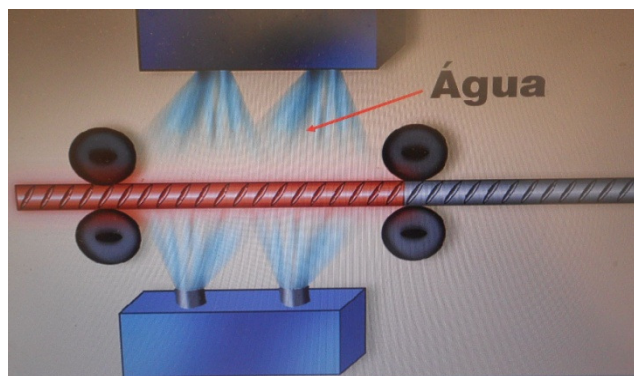


Figura 3.11 – Processo de endurecimento e soldabilidade superficial do CA50 Soldável - Controle eletrônico e automático da vazão / pressão (Catálogo técnico ArcelorMittal, 2010)

A norma NBR 14931 / 2003 permite a utilização de armadura soldada, porém não existe norma específica para armaduras como vigas, pilares etc e somente para tela soldada e treliças

3.7 Soldagem da Estrutura

3.7.1 Introdução ao processo MIG-MAG

A soldagem Mig Mag é um processo em que a união as peças metálicas é feita pelo aquecimento destas através de um arco elétrico formado entre um eletrodo metálico consumível sem revestimento e as peças a serem unidas.

A soldagem a arco com eletrodos fusíveis sobre proteção gasosa é conhecida pelas seguintes denominações;

a) MIG, quando a proteção gasosa utiliza um gás inerte, ou seja, um gás monoatômico como o Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão.



MIG

Argônio
Hélio
Mistura Argônio + Hélio

APLICAÇÕES:

Alumínio e suas ligas
Cobre e suas ligas

Níquel e suas ligas

Figura 3.12 – Processo MIG sem interferência do gás com a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

b) MAG, quando a proteção gasosa é feita com um gás que interage com a peça de fusão, normalmente CO₂.



Figura 3.13 – Processo MAG onde o gás interage com a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

O processo de soldagem MIG-MAG é considerado um processo semi-automática, em que a alimentação do arame-eletrodo é feita mecanicamente através de um alimentador motorizada ficando para o soldador a responsabilidade pela iniciação e interrupção (sem temporizado) do arco, além da condução da tocha durante a execução da soldagem

3.7.1 Solda Ponto

3.7.1.1 Definição de solda ponto

Operação que visa obter a união de duas barras metálicas (vergalhão) em uma das extremidades usando a técnica de um passe com tempo de exposição controlado, assegurando a continuidade de propriedades físicas e metalúrgicas dos metais base. (WELDING HANDBOOK, 2004)



Figura 3.14 – Solda ponto (Ralf Schuttenberg, 2007)

3.7.1.2 Função da solda

Substituir o arame recozido, no processo de montagem e posicionamento das armaduras de construção civil. (WELDING HANDBOOK, 2004)

3.8 Variáveis na utilização da solda

3.8.1 No processo de soldagem

- 1) Habilidade manual do soldador,
- 2) Abertura do arco se dá por toque do eletrodo na peça.

Como a alimentação é mecanizada, o início da soldagem é feito aproximando-se a tocha à peça e acionando o gatilho (deve se manter a uma distância de 10 vezes o diâmetro do eletrodo),

3) Ao final da operação simplesmente se solta o gatinho da tocha que interromperá automaticamente a corrente de soldagem, a alimentação dos arame e o fluxo de gás, extinguindo com isto, o arco de soldagem,

4) O processo de soldagem MIG-MAG utiliza normalmente corrente contínua e polaridade inversa (eletrodo positivo), que é o tipo de corrente que apresenta melhor penetração e estabilidade de arco

3.8.2 No processo de penetração e geometria do cordão

3.8.2.1 Corrente de Soldagem

Mantendo constantes as demais variáveis de soldagem um aumento na corrente (aumento na velocidade de alimentação do arame) irá causar um aumento na taxa de deposição e aumento no consumo de solda



Quando todas as outras variáveis são mantidas constantes, um aumento na Tensão da Corrente (aumento na velocidade de alimentação do arame) resulta em:

- Aumento na PENETRAÇÃO – EFEITO PRINCIPAL
- Aumento na taxa de deposição; (kg/h)
- Aumento da largura e do reforço do cordão de solda – EFEITO SECUNDÁRIO

Figura 3.15 - Efeito da variação da corrente (A) (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

3.8.2.2 Tensão de soldagem

Mantendo constantes as demais variáveis de soldagem, um aumento na tensão proporcionará alargamento e achatamento do cordão de solda, aumento da largura de fusão e aumento do aporte térmico que resultará em um aumento do tamanho da zona termicamente afetada. Uma tensão de soldagem muito alta poderá causar porosidades, respingos e mordeduras. Já uma tensão muito baixa tenderá a estreitar o cordão de solda e aumentar a altura do reforço do cordão

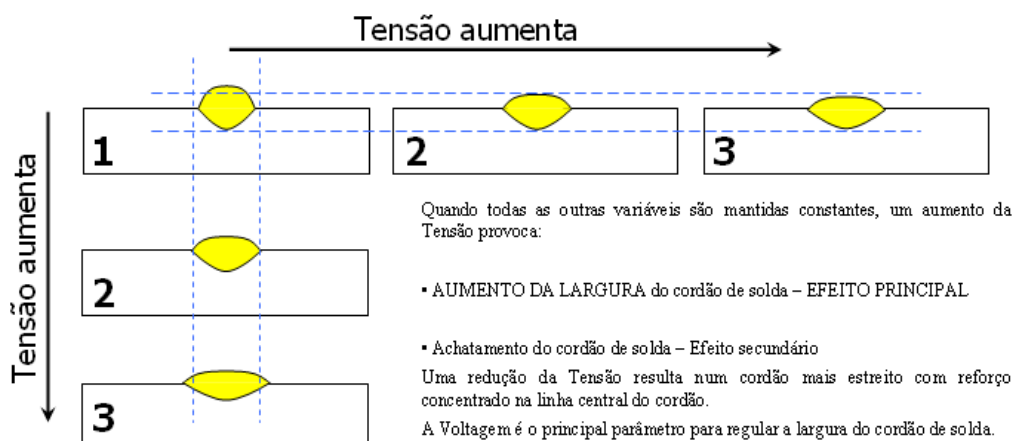


Figura 3.16 – Efeito da variação da tensão (V) (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

3.8.2.3 Velocidade de Soldagem

Uma velocidade de soldagem baixa resultará em um cordão muito largo com muito depósito de material. Já a velocidade muito alta produz cordões estreitos e com pouca penetração. Quando a velocidade é excessivamente alta, a tendência é de que cause mordeduras no cordão de solda

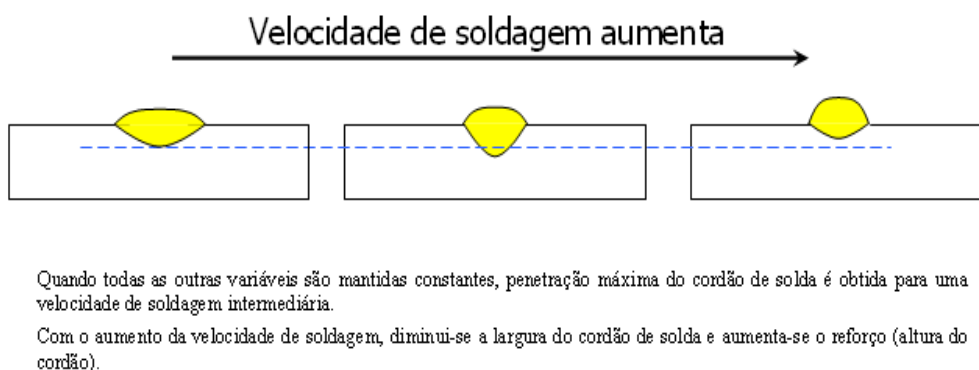


Figura 3.17 – Efeito da variação da velocidade de soldagem (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

3.8.2.4 Extensão livre do eletrodo

Define-se como extensão livre do eletrodo ou stick-out a distância ente o último ponto de contato elétrico do arame (normalmente o tubo de contato, e a ponta do eletrodo ainda não fundido). A extensão normalmente considerada ideal tem como regra manter-se 10 vezes o diâmetro do eletrodo para a transferência por curto-circuito. Quando todas as outras variáveis são mantidas constantes, um aumento na distância bico de contato – peça provoca a diminuição da penetração

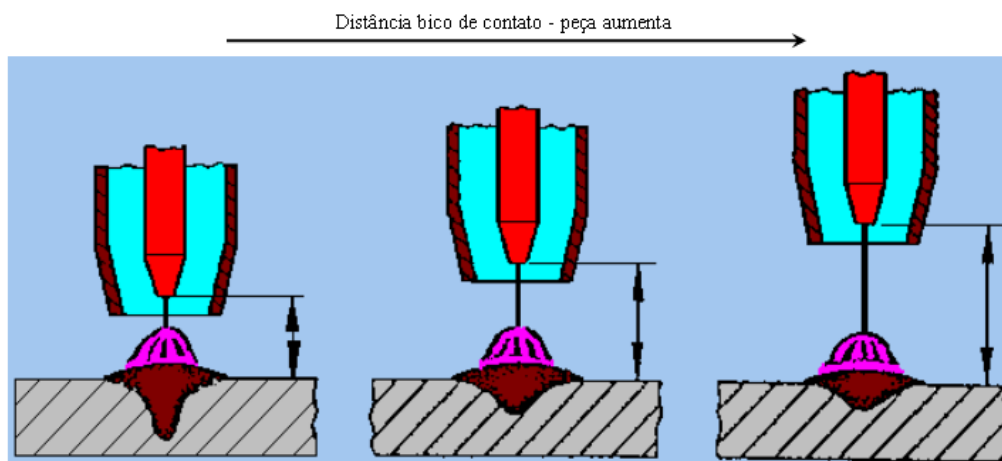
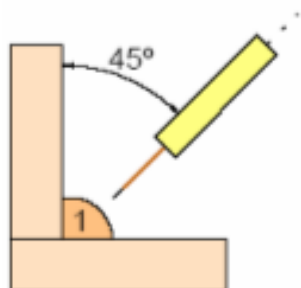


Figura 3.18 – Efeito da variação da distância entre o bico e a peça (Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

3.8.2.5 Inclinação da Pistola de Soldagem

A inclinação da pistola de soldagem durante a execução dos cordões tem um efeito mais marcante do que variações como velocidade e tensão de soldagem, podendo alterar a forma e penetração do cordão. A posição ideal da tocha é manter um ângulo de 45° em relação ao eixo da união das barras de vergalhão..



Posição da tocha na peça

Figura 3.19 – Inclinação tocha - peça
(Catálogo Técnico ArcelorMittal, 2010)

3.8.2.6 Solda Ponto Padrão

De acordo com a função requerida entende-se como uma boa solda ponto a que mantém a integridade física do metal base e sustenta a movimentação das estruturas pré-armadas sem causar danos no processo de armação, conforme fotos baixo

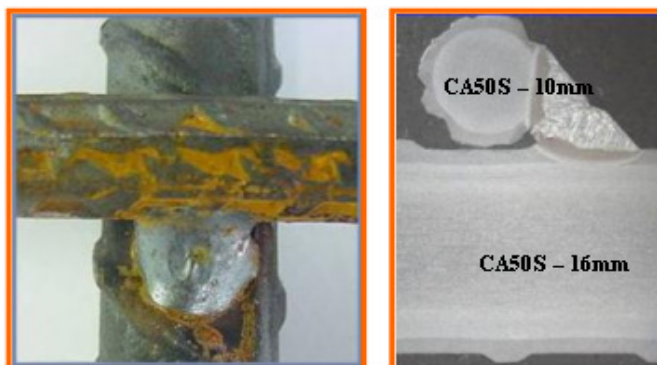


Figura 3.20 – Aspecto macrográfico da solda entre barras de CA50 (Ralf Schuttenberg, 2009)

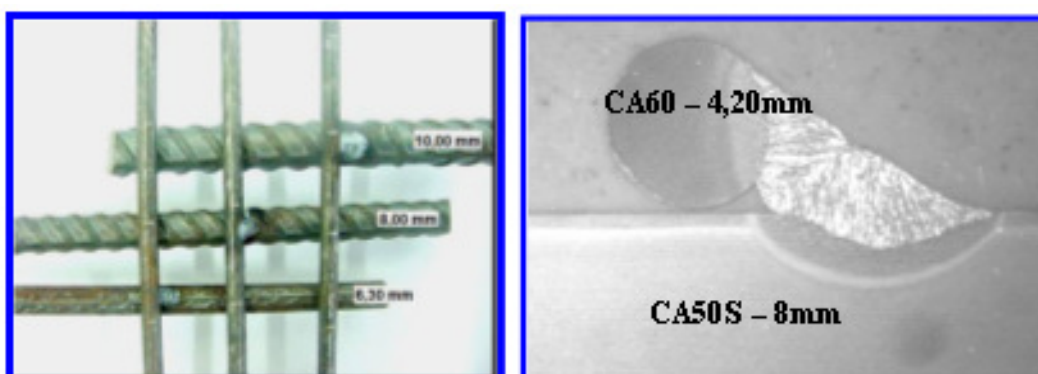


Figura 3.21 – Aspecto macrográfico da solda entre barras de CA50 e CA60 (Ralf Schuttenberg, 2009)

4- METODOLOGIA EXPERIMENTAL

4.1 Forma de avaliação prática e numérica do processo

A redução dos custos é uma constante de todo processo fabril, porém para se chegar a uma análise prática tem-se que levar em conta uma série de outros fatores como a customização de todo o processo produtivo, redução do tempo de produção das peças, melhorar qualidade do serviço, facilitar o transporte e eliminar o retrabalho, sem deixar de lado a segurança e o desgaste físico do trabalhador.

A aplicação do arame recozido é utilizada na amarração das armaduras desde que se tem notícia da utilização do próprio concreto armado. No início tivemos arames menos apropriados que evoluíram para um material com a maciez e resistência adequada para este fim. O ponto importante é que se pode amarrar qualquer tipo de vergalhão, o mesmo não ocorre com a solda ponto, pois a mesma só se tornou possível após a produção do aço soldável.

De qualquer forma sempre existe uma resistência em se mudar de técnica ainda mais tendo em vista que a solda ponto exige um investimento em equipamento de solda e com um consumo de insumos variáveis e de difícil mensuração.

Um ponto importante a ser desmistificado é a questão da mão de obra, pois se tem atualmente o pré-conceito de que o soldador deve ser um profissional qualificado e certificado, o que oneraria muito o custo da mão de obra. Diferente disso será demonstrado que qualquer pessoa com o conhecimento básico de armação poderá realizar a solda ponto, desde que o mesmo receba um treinamento básico adequado e que utilize um

equipamento adequado que não prejudique sua saúde nem dificulte a realização do trabalho com a precisão necessária.

Para avaliar pratica e numericamente estes dois sistemas, se faz necessário uma análise criteriosa de todos os insumos, bem como de todos os custos, direta e até indiretamente envolvidos em todas as etapas da armação.

4.2 Forma de elaboração do trabalho

Algumas empresas do setor dos pré-moldados foram visitadas e os processos de armação foram acompanhados para que se tenha uma base de dados suficiente para realizar a análise.

Após análise e pesquisas, definimos que iríamos acompanhada a produção de peças idênticas, com duas técnicas de produção distintas:

A – Peça montada na bancada e amarrada com arame recozido.

B – Peça montada na bancada e solidarizada por solda ponto.

Para avaliar as diferenças entre as duas técnicas de produção todas as etapas serão cronometradas e todos os insumos utilizados serão mensurados, valorizados e comparados.

Como iremos citar informações reservadas, tais como condições comerciais, custo dos insumos, técnicas produtivas, iremos omitir os seus nomes chamando-as apenas como empresa I e II.

5- METODOLOGIA USADA NA COLETA DOS DADOS

5.1 Escolha do elemento estrutural teste

Iniciamos os trabalhos escolhendo, para cada uma das empresas, um elemento que pudesse ser executado com as duas técnicas que queríamos colher as informações. O elemento escolhido foi um poste com as seguintes características:

Empresa I: Poste tipo DT 11 / 300 montado com:

2 barras do CA 50 # 8,00 mm com 7,00 m

4 barras do CA50 # 10,00 mm com 10,95 m

19 estribos do CA50 # 4,20 mm espaçados a 50,00 cm

6 estribos do CA50 # 4,20 mm espaçados a 33,00 cm



Figura 5.1– Poste tipo DT 11 / 300 (Ralf Schuttenberg, 2013)

Empresa II: Poste tipo Red 11 / 300 formado por:

- 5 barras do CA 50 # 8,00 mm com 9,50 m
- 5 barras do CA50 # 10,00 mm com 11,00 m
- 14 estribos do CA50 # 5,00 mm espaçados a 1,00 mm

Acompanhamos o processo usual da fábrica, neste caso, já tinham projeto.

5.2 Preparo do elemento estrutural teste

Depois de especificado o elemento estrutural, todas as barras foram cortadas e dobradas em máquinas específicas.

Os elementos que compõe a estrutura como, barras cortadas, estribos dobrados, arame recozido, espaçadores de concreto, solda, garrafa de Oxigênio, foram posicionados na área de produção. As barras, estribos e espaçadores foram colocados sobre a mesa de montagem.

Num segundo momento, este comum aos dois processos, as barras foram marcadas para o posicionamento dos estribos estes, mais os espaçadores de concreto, são pré-posicionados.

Após esta etapa, da-se a fixação das barras longitudinais a uma série de estribos conferindo à estrutura de aço uma sustentabilidade inicial que permitirá a colocação e fixação dos demais estribos.



Figura 5.2 – Posicionamento dos elementos
(Ralf Schuttenberg, 2013)

5.3 Critério para coleta dos dados de medição

Os dados serão coletados após o posicionamento dos elementos básicos das estruturas, pois esta etapa é comum nos dois processos.

Como critério, iremos mensurar os seguintes itens da montagem da estrutura:

- Mão de obra (MO) empregada. Unidade, homem hora (H/h)
- Peso dos elementos estruturais. Unidade, kilo (kg)
- Consumo de arame recozido, solda e gás. Unidade, kilo (kg)
- Tempo de produção da armação. Minuto (min)
- Preço de todos os principais insumos. Reais por tonelada (R\$/t). Neste caso como simplificação e evitarmos a influência da competência comercial de cada uma das empresas, iremos tomar como base os preços médios
- No custo do homem/hora levamos em consideração o fator de 2,07 como o impacto do encargos e outros benefícios sobre o salário. Reais / Homem / hora (R\$/Hh)

Julgamos justificável esta simplificação na coleta de dados, pois os outros itens que compõe o custo total da armação (EPI's, energia elétrica, ferramental empregado, depreciação da máquina de solda) são mínimos quando rateados pelo total da produção além de ser complicada a sua mensuração na hora da execução do ensaio. De qualquer forma, apesar de não mensurarmos, na prática estes itens, os nossos clientes nos passaram estes custos através da rubrica "custos incorporados".

5.4 Considerações

Procuramos recrutar profissionais que tivessem uma expertise no processo de amarração com arame recozido e no processo de solda topo.

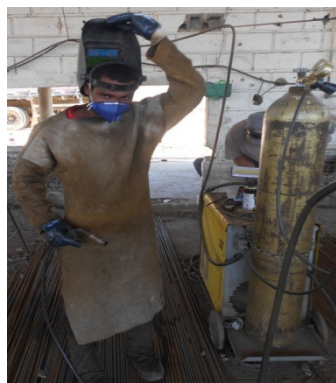


Figura 5.3 – Profissional soldador
(Ralf Schuttenberg, 2013)



Foto 5.4 – Profissionais armadores
(Ralf Schuttenberg, 2013)

6- COLETA DOS DADOS

6.1 Da empresa I

6.1.1 Levantamento dos dados

ITEM	ROTEIRO	Unidade	ENSAIO RECOZIDO				
			Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	
1	Poste	Tipo	POSTE DT 11 / 300				
2	Equipe (Armadores)	homens	2				
3	Consumo CA 50 # 8,00 mm	kg	5,60	5,60	5,60	5,60	
	Consumo CA 50 # 10,00 mm	kg	27,60	27,60	27,60	27,60	
	Consumo CA 60 # 4,20 mm	kg	3,50	3,50	3,50	3,50	
	Consumo Total de Vergalhão	kg	36,70	36,70	36,70	36,70	
4	peso inicial do recozido	kg	4,20				
	peso final do recozido	kg	3,60				
	Consumo de recozido	kg	0,60				
	Desperdício de recozido	kg	0,20				
5	preparação base da estrutura						
6	Tempo de amarração	min: seg	06:14	06:06	06:07	06:05	
	Tempo de amarração	hs	0,10289	0,10167	0,10194	0,10139	
	Produtividade	%	0,00	1,19	0,92	1,46	
7	peso final da estrutura	kg	37,30	37,3	37,3	37,3	
8	Preço Médio Vergalhão	R\$ / kg	2,68	2,68	2,68	2,68	
9	Preço do recozido	R\$ / kg	4,13	4,13	4,13	4,13	
10	Preço hora / homem (sem encargos)	R\$ / HH	5,10	5,10	5,10	5,10	
11	Custos Incorporados	R\$ / kg	0,05	0,05	0,05	0,05	
CUSTOS	Vergalhão	R\$	98,36	98,36	98,36	98,36	95,54%
	Recozido	R\$	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32%
	Recozido Desperdício	R\$	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16%
	MO (com encargos)	R\$	2,17	2,15	2,15	2,14	2,09%
	Incorporado	R\$	1,94	1,94	1,94	1,94	1,88%
	Final	R\$	102,96	102,94	102,94	102,93	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,80	2,80	2,81	2,80	2,80

Tabela 6.1 – Estrutura Armada com Arame recozido – Empresa I

ETAPA	ROTEIRO	Unidade	ENSAIO SOLDA				
			Amostra Conjunto 1	Amostra Conjunto 2	Amostra Conjunto 3	Amostra Conjunto 4	
1	Poste	especificação		POSTE DT 11 / 300			
2	Equipe	Soldador		1			
		Ajudante		1			
3	Consumo CA 50 # 8,00 mm	kg	11,20	11,20	11,20	11,20	
	Consumo CA 50 # 10,00 mm	kg	55,20	55,20	55,20	55,20	
	Consumo CA 60 # 4,20 mm	kg	7,00	7,00	7,00	7,00	
	Consumo Total de Vergalhão	kg	73,40	73,40	73,40	73,40	
4	peso inicial da solda	kg			11,35		
	peso final da solda	kg			10,65		
	Consumo de solda	kg			0,70		
5	peso inicial do cilindro de gás	kg	6,49			3,04	
	peso final do cilindro de gás	kg	6,32			2,89	
	Consumo de gás	kg	0,17			0,15	
6	preparação base da estrutura						
7	Tempo de soldagem (soldador)	min:seg	10:10	10:25	09:55	09:42	
	Tempo de soldagem (soldador)	hs	0,16944	0,17361	0,16528	0,16167	
	Tempo de posicionamento (ajudante)	min:seg	04:04	05:19	05:02	04:22	
	Tempo de posicionamento (ajudante)	hs	0,08778	0,08861	0,08389	0,07278	
	Tempo total do processo	min:seg	14:14	15:44	14:57	14:04	
	Tempo total do processo	hs	0,25722	0,26222	0,24917	0,23445	
	produtividade	%	0,00	-1,94	3,13	8,85	
8	peso final do conjunto	kg	73,58	73,58	73,58	73,58	
9	Preço Médio Vergalhão	R\$ / kg	2,68	2,68	2,68	2,68	
	Preço da solda	R\$ / kg	5,4	6,4	6,4	6,4	
	Preço do gás	R\$ / kg	18,29	18,29	18,29	18,29	
	Preço hora / homem Soldador (sem encargos)	R\$ / HH	5,10	5,10	5,10	5,10	
	Preço hora / homem Ajudante (sem encargos)	R\$ / HH	4,01	4,01	4,01	4,01	
	Custos Incorporados	R\$ / kg	0,05	0,05	0,05	0,05	
CUSTO	Vergalhão	R\$	196,71	196,71	196,71	196,71	96,65%
	Solda	R\$	0,47	0,21	0,21	0,21	0,14%
	Gás	R\$	1,55	1,55	1,37	1,37	0,72%
	MO soldador (com encargos)	R\$	1,79	1,83	1,74	1,71	0,87%
	MO ajudante (com encargos)	R\$	0,73	0,74	0,70	0,60	0,34%
	Incorporado	R\$	3,31	3,31	3,31	3,31	1,63%
	Final	R\$	203,84	203,62	203,35	203,32	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,77	2,77	2,76	2,76	2,77

Tabela 6.2 – Estrutura Armada com Solda – Empresa I

6.1.2 Considerações

A rotina padrão dessa empresa é utilizar dois profissionais armadores por poste amarrado. No caso do poste soldado um profissional soldador e um ajudante por cada dois ou três postes.

A empresa desmobilizou a bancada gabaritada que causou uma perda de produtividade na produção das armações testadas. Estrategicamente todo o equipamento, para a montagem da armação de estrutura através de solda, foi transferida para outra unidade. Somente a unidade de Minas Gerais ainda divide a produção das armações entre da amarração com recozido e fixação através da solda.

A qualidade da solda ficou abaixo dos resultados já apresentados e analisados em trabalhos e treinamentos anteriores feitos internamente pela empresa. As principais justificativas foram;

- a- Como, no momento não havia postes circulares a serem produzidos e estes são preferencialmente soldados, escolhemos postes quadrados que são mais complexos e normalmente aramados com arame recozido e que apresentam uma dificuldade extra na soldagem
- b- Tivemos problemas nos primeiros dois conjuntos ensaiados, pois o equipamento de solda esta desregulado, apresentando consumo excessivo de solda e gás, obstrução no bico, respingos entre outros



Figura 6.1– Qualidade da solda feita em 2009 (Ralf Schuttenberg, 2009)



Figura 6.2 – Qualidade da solda feita em 2013 (Ralf Schuttenberg, 2013)

As considerações acima afetaram consideravelmente nos resultados esperados. Poderemos observa pela tabela 3 abaixo, que o ganho, apesar de existir, foi pequeno e marginal (da ordem de 1,30 %). Neste ensaio não poderemos concluir que a troca do processo resultará em ganhos justificáveis. Por outro a lado ficou demonstrado o desperdício de arame recozido que apesar de representar em média 0,16% no processo da amarração representou em torno de um terço do consumo do arame recozido. Ficou demonstrado também que o custo do aço é muito representativo (em torno de 95% do custo total da estrutura) o que se concluir que para esta unidade, melhoramentos no processo irão acarretar poucos ganhos.

Quando à produtividade, novamente podemos observar as considerações acima feitas. Pela tabela 3 fica comprovado a evolução da produtividade, entre a amostra, onde no recozido a equipe apresentou um ganho de 1,46 % e na solda de 8,85%. O mais interessante foi perda de produtividade considerável entre os dois processos. A solda levou o dobro de tempo em comparação ao recozido. Isto se justifica, pois neste tipo de poste, o processo usual de armação é com o recozido e não soldado. Uma suposição, com base na evolução do processo de soldagem, possivelmente este quadro poderia se inverter.

		Amostra 1 Amostra 2 Amostra 3 Amostra 4				Média		
PRODUTIVIDADE Empresa I	Recozido	Tempo de amarração	min: seg	06:14	06:06	06:07	06:05	0,10197
		Tempo de amarração	hs	0,10289	0,10167	0,10194	0,10139	
		Produtividade	%	0,00	1,19	0,92	1,46	
	Solda	Tempo soldagem	min:seg	14:14	15:44	14:57	14:04	0,25077
		Tempo de soldagem	hs	0,25722	0,26222	0,24917	0,23445	
		produtividade	%	0,00	-1,94	3,13	8,85	
Produtividade Média							-59,3%	

Tabela 6.3 – Evolução e Comparação da Produtividade entre processos – Empresa I

Lembramos novamente que esta situação não inviabilizou o processo de armação com a utilização da solda MIG nesta empresa, pois, conforme dito acima, as outras unidades todo processo de armação utiliza o processo da solda MIG.

		CUSTOS						
			AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	Média	Participação
RECOZIDO	Vergalhão	R\$	98,36	98,36	98,36	98,36	98,36	95,54%
	Recozido (incluso desperdício)	R\$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,48%
	MO (com encargos)	R\$	2,17	2,15	2,15	2,14	2,15	2,09%
	Incorporado	R\$	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,88%
	Final	R\$	102,96	102,94	102,94	102,93	102,94	100,00%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,80	2,80	2,81	2,80	2,80	2,80
SOLDADO	Vergalhão	R\$	196,71	196,71	196,71	196,71	196,71	96,65%
	Solda	R\$	0,47	0,21	0,21	0,21	0,28	0,14%
	Gás	R\$	1,55	1,55	1,37	1,37	1,46	0,72%
	MO (com encargos)	R\$	2,52	2,57	2,44	2,31	2,46	0,87%
	Incorporado	R\$	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	1,63%
	Final	R\$	203,84	203,62	203,35	203,32	203,53	100,00%
Final Unitário	R\$ / kg	2,77	2,77	2,76	2,76	2,77	2,77	
GANHO Solda / Recozido		R\$ / t	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		(%)	0,93	1,33	1,47	1,47	1,30	1,30

Tabela 6.4 – Resumo comparativo – Empresa I

6.2 Da empresa II

6.2.1 Estrutura armada com recozido

ITEM	ROTEIRO	Unidade	ENSAIO RECOZIDO			
			Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
1	Poste	Tipo	POSTE Red 11 / 300			
2	Equipe (Armadores)	homens	2			
3	Consumo CA 50 # 8,00 mm	kg	18,76	18,76	18,76	
	Consumo CA 50 # 10,00 mm	kg	33,94	33,94	33,94	
	Consumo CA 60 # 4,20 mm	kg	2,63	2,63	2,63	
	Consumo Total de Vergalhão	kg	55,33	55,33	55,33	
4	peso inicial do recozido	kg	31,20			
	peso final do recozido	kg	29,10			
	Consumo de recozido	kg	2,10			
	Desperdício de recozido	kg	0,95			
5	preparação base da estrutura					
6	Tempo de amarração	min: seg	32:27	29:37	27:57	
	Tempo de amarração	hs	0,54083	0,49361	0,46583	
	Produtividade	%	0,00	8,73	13,87	
7	peso final da estrutura	kg	56,03			
8	Preço Médio Vergalhão	R\$ / kg	2,68	2,68	2,68	
9	Preço do recozido	R\$ / kg	4,13	4,13	4,13	
10	Preço hora / homem (sem encargos)	R\$ / HH	5,10	5,10	5,10	
11	Custos Incorporados	R\$ / kg	0,05	0,05	0,05	
CUSTOS	Vergalhão	R\$	148,28	148,28	148,28	90,06%
	Recozido	R\$	1,58	1,58	1,58	0,96%
	Recozido Despedício	R\$	1,31	1,31	1,31	0,80%
	MO (com encargos)	R\$	11,42	10,42	9,84	6,41%
	Incorporado	R\$	2,91	2,91	2,91	1,77%
	Final	R\$	165,51	164,51	163,92	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,95	2,97	2,96	2,96

Tabela 6.5– Estrutura Armada com arame recozido – Empresa II

6.2.2 Estrutura armada com solda

ETAPA	ROTEIRO	Unidade	ENSAIO SOLDA			
			Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
1	Poste	especificação	POSTE Red 11 / 300			
2	Equipe	Soldador	2			
3	Consumo CA 50 # 8,00 mm	kg	18,76	18,76	18,76	
	Consumo CA 50 # 10,00 mm	kg	33,94	33,94	33,94	
	Consumo CA 60 # 4,20 mm	kg	2,63	2,63	2,63	
	Consumo Total de Vergalhão	kg	55,33	55,33	55,33	
4	peso inicial da solda	kg	18,00			
	peso final da solda	kg	17,60			
	Consumo de solda	kg	0,40			
5	peso inicial do cilindro de gás	kg	4,59			
	peso final do cilindro de gás	kg	4,47			
	Consumo de gás	kg	0,12			
6	preparação base da estrutura					
7	Tempo de soldagem	min:seg	7:57	7:12	7:37	
	Tempo de soldagem	hs	0,13250	0,12000	0,12694	
	produtividade	%	0,00	-0,09	-0,04	
8	peso final do conjunto	kg	55,46	55,43	55,43	
9	Preço Médio Vergalhão	R\$ / kg	2,68	2,68	2,68	
	Preço da solda	R\$ / kg	5,4	6,4	6,4	
	Preço do gás	R\$ / kg	18,29	18,29	18,29	
	Preço hora / homem Soldador (sem encargos)	R\$ / HH	5,10	5,10	5,10	
	Custos Incorporados	R\$ / kg	0,05	0,05	0,05	
CUSTO	Vergalhão	R\$	148,28	148,28	148,28	95,95%
	Solda	R\$	0,36	0,36	0,36	0,23%
	Gás	R\$	0,73	0,73	0,73	0,47%
	MO soldador (com encargos)	R\$	2,80	2,53	2,68	1,73%
	Incorporado	R\$	2,50	2,49	2,49	1,61%
	Final	R\$	154,67	154,40	154,55	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,79	2,79	2,79	2,79

Tabela 6.6 – Estrutura armada com solda – Empresa II

6.2.3 Considerações

A rotina padrão dessa empresa é utilizar dois profissionais armadores por poste. Como a empresa possui bancadas gabaritadas e com fixadores de estribos, o processo é produtivo e processo de soldagem segue o sentido das extremidades para o centro do poste.



Foto 6.3 – Lay out da linha de montagem (Ralf Schuttenberg, 2013)



Foto 6.4 – Bancada gabaritadas e posicionadores de estribos. (Ralf Schuttenberg, 2013)

Como todas as armações são soldadas, os profissionais perderam um pouco da sua habilidade no processo da amarração da estrutura com recozido. Este fato acarretou numa perda de produtividade e qualidade da amarração.

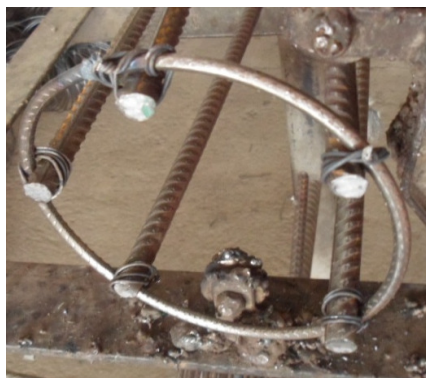


Foto 6.5 – Estribo amarrado com recozido (Ralf Schuttenberg, 2013)

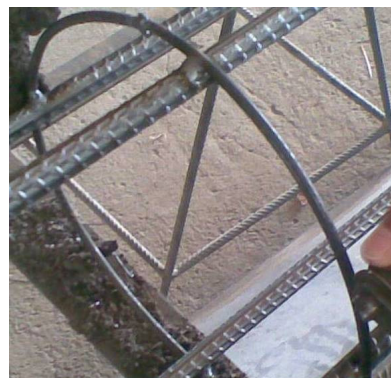


Foto 6.6 – Estribos soldado (Ralf Schuttenberg, 2013)

As considerações acima afetaram na qualidade da fixação da estrutura amarrada. Apesar de ligeiramente frouxas não irão comprometer o seu papel de fixação dos elementos estruturais.

Poderemos observa pela tabela 8 abaixo, que o ganho obtido já é considerável (da ordem de 5,93 %). Esta situação se justifica plenamente pela estrutura montada como lay-out, equipamento, bancadas preparadas, gabaritadas e com fixadores e treinamento dos profissionais,

Quando à produtividade podemos novamente comprovar habilidade da equipe no processo de solda. Observamos uma pequena evolução do processo por solda (4,20%) e uma grande no processo do recozido (13,87%). O ganho entre os processos nos parece, apesar de medido, muito elevado não representando a realidade.

			Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
PRODUTIVIDADE Empresa II	Recozido	Tempo de amarração	min: seg 32:27	29:37	27:57	0,50009
		Tempo de amarração	hs 0,54083	0,49361	0,46583	
		Produtividade	% 0,00	8,73	13,87	
	Solda	Tempo soldagem	min:seg 7:57	7:12	7:37	0,12648
		Tempo de soldagem	hs 0,13250	0,12000	0,12694	
		produtividade	% 0,00	9,43	4,20	
Produtividade Média						295%

Tabela 6.7 – Evolução e Comparação da Produtividade entre processos Empresa II

Destacamos novamente o desperdício de arame recozido que representou em média 0,88% (agravado aí pela perda da prática na amarração) do custo da estrutura montada e se manteve em torno de um terço do consumo do arame recozido.

Novamente ficou demonstrado que o custo do aço é muito representativo (em torno de 90,06% do custo total da estrutura). Neste caso a participação da MO começa ter uma representatividade seguramente justificável pela utilização de uma mão de obras mais especializada.

CUSTOS	Vergalhão	R\$	148,28	148,28	148,28	90,06%
	Recozido	R\$	1,58	1,58	1,58	0,96%
	Recozido Despedício	R\$	1,31	1,31	1,31	0,80%
	MO (com encargos)	R\$	11,42	10,42	9,84	6,41%
	Incorporado	R\$	2,91	2,91	2,91	1,77%
	Final	R\$	165,51	164,51	163,92	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,95	2,97	2,96	2,96

CUSTO	Vergalhão	R\$	148,28	148,28	148,28	95,95%
	Solda	R\$	0,36	0,36	0,36	0,23%
	Gás	R\$	0,73	0,73	0,73	0,47%
	MO soldador (com encargos)	R\$	2,80	2,53	2,68	1,73%
	Incorporado	R\$	2,50	2,49	2,49	1,61%
	Final	R\$	154,67	154,40	154,55	100%
	Final Unitário	R\$ / kg	2,79	2,79	2,79	2,79

GANHO Solda / Recozido	R\$ / t	0,17	0,19	0,17	0,18	0,18
	(%)	5,60	6,31	5,89	5,93	5,93

Tabela 6.8 – Resumo comparativo – Empresa II

7- ANÁLISES e RESULTADOS CONCLUSIVOS FINAIS

7.1 Comentários finais

Conforme o exposto acima, o objetivo específico desse trabalho, é a simples troca do processo de amarração da armação com arame recozido pela solda ponto pelo processo MIG. A nossa expectativa inicial é que poderemos comprovar ganhos de qualidade e econômicos pela evolução do processo.

No decorrer dos ensaios foi possível notar e documentar que o processo não se resume na simples troca do recozido pela solda, mas sim demanda algumas etapas e recursos anteriores como: treinamento, equipamento, lay out, calibração e ajustes dos equipamentos.

Outro ponto importante é que no nosso trabalho foram consideradas algumas simplificações tais como, depreciação dos equipamentos, consumo de energia elétrica, análise qualitativa e metalográfica das soldas.

Julgamos serem importantes as colocações acima que, apesar da importância, não invalida o nosso trabalho, mas sim nos dar parâmetros e motivação para darmos mais um novo passo.

7.2 Análises dos resultados

7.2.1 Econômicos

Apesar das dificuldades encontradas e melhorias a serem feitas, os resultados econômicos, tabela 7 abaixo, que chegamos (da ordem de 3,62% no custo total) comprovam ganhos que justifiquem a troca dos processos de fixação dos elementos estruturais da armadura do arame recozido pela solda MIG

Empresa I - GANHO Solda / Recozido	R\$ / t	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
	(%)	0,93	1,33	1,47	1,47	1,30
Empresa II - GANHO Solda / Recozido	R\$ / t	0,17	0,19	0,17	0,18	0,18
	(%)	5,60	6,31	5,89	5,93	5,93
GANHO Solda / Recozido - Médio	R\$ / t	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
	(%)	3,26	3,82	3,68	3,70	3,62

Tabela 6.9 – Resumo dos ensaios

Também ficou comprovado (tabela 10) o índice de desperdício de arame recozido, da ordem de um terço. Apesar da sua participação no consumo total do aço ser pequena, da ordem de 1,23%, é uma prática que devemos evitar

			Participação Aço (%)	Participação Recozido (%)
Empresa I	Consumo total de arame recozido	0,6	1,61	75
	Consumo total de arame recozido despedaçado	0,2	0,54	25
	Consumo total de aço	37,3	100,00	
Empresa II	Consumo total de arame recozido	2,1	3,75	69
	Consumo total de arame recozido despedaçado	0,95	1,70	31
	Consumo total de aço	56,03	100,00	
Total	Consumo total de arame recozido	2,7	2,89	70
	Consumo total de arame recozido despedaçado	1,15	1,23	30
	Consumo total de aço	93,33	100,00	

Tabela 6.10 – Comparativo do desperdício de arame recozido

7.2.2 Produtividade

No que tange este item, observamos um fato interessante. As empresas têm experiências diferentes, uma no o processo de amarração com recozido e outra com a solda. Apesar dessas diferenças, o resultado final sinaliza claramente um ganho (tabela 11) na produtividade no processo de fixação através da solda MIG.

Como as diferenças e as dificuldades entre os processos, dentro de cada empresa, foram grandes, não podemos confirmar que o ganho de produtividade na solda seja em torno do dobro ao do amarrado.

		Amostra 1 Amostra 2 Amostra 3 Amostra 4				Média		
PRODUTIVIDADE Média	Recozido	Tempo de amarração	hs	0,64372	0,59528	0,56777	0,60148	0,60206
		Produtividade	%	0,00	7,53	11,80	6,56	
PRODUTIVIDADE Média	Solda	Tempo de soldagem	hs	0,38972	0,38222	0,37611	0,36093	0,37725
		produtividade	%	0,00	1,92	3,49	7,39	

Produtividade Média 59,6%

Tabela 6.11 – Evolução e Comparação da Produtividade entre processos

7.2.3 Qualitativos

Os resultados qualitativos mostraram, através das fotos documentais desse trabalho, que muito devemos melhoras e os principais itens de melhoria são:

- a- preparação de um lay out adequado
- b- escolha de equipamento adequados
- c- calibração dos equipamentos
- d- mão de obra treinada
- e- teste metalográfico da solda
- f- rotina padronizada de todo processo

7.3 Conclusão

Apesar dos resultados encontrados, devido às dificuldades apresentadas por cada uma das empresas, não serem tão significativos, consistentes e nem conclusivos, observamos que no seu somatório sinalizam ganhos interessantes.

Os dados, elementos e fotos levantadas neste trabalho nos levam a concluir que estamos nos caminho certo o da substituição de processos manuais (amarração com arame recozido) para os processos semi ou plenamente industriais (solda MIG).

Apesar do custo do aço ser um item muito relevante, o custo da MO, a produtividade e a qualidade final da estrutura começam a ter um significado. Muito temos a fazer, porém isto tudo nos motiva a evoluirmos e aprofundarmos ainda mais este assunto.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 6118:2003 Projeto de estruturas de concreto** – 21 de junho de 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004 Execução de Estruturas de Concreto** – 31 de maio de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:2007 Execução de Estruturas de Concreto** – 31 de maio de 2004.
Fortes, C. ESAB. **Assistência Técnica Consumíveis Soldagem Mig e Mag**. São Paulo, 2004.

FUSCO, P. B.; **Técnica de Armar as Estruturas de concreto**. São Paulo, 1994

ISAIA G. C. **Materiais de Construção Civil** - cap. 32 – pag. 1077.

MEP. **Maquina de Treliça**. Disponível em: (WWW.MEP.com)
Acesso em 15/07/2013 às 19h30m.

SCHNELL. **Maquina de Tela**. Disponível em: (<http://www.schnell.it/>)
Acesso em 15/11/2012 às 19:30 horas

Andrade, J.L.M.; Secco, Arnaldo M.R., Emendas com Solda - Cuidados e procedimentos básicos na confecção de emendas. Disponível em www.arcelor.com.br. Acesso em 15/07/2013 às 21 horas

MODENESI, PAULO J; MARQUES, PAULO V.; SANTOS, DAGOBERTO B.; Introdução à Metalurgia da Soldagem – UFMG-Depto. Eng. Metalúrgica e de Materiais- março/04)