

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY
ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Curso Engenharia de Produção

Paulo Sergio Alves da Silva
Raoni Martins Machado

**PROTENSÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO PDCA NA GESTÃO DO TEMPO
DO PROJETO EM UMA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PONTES**

DUQUE DE CAXIAS
2015

Paulo Sergio Alves da Silva

Raoni Martins Machado

**PROTENSÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO PDCA NA GESTÃO DO TEMPO
DO PROJETO EM UMA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PONTES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio “Prof. José de Souza Herdy” como
parte dos requisitos necessários para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenheiro de Produção.

Orientadora: Maria Cristina Ravagnani

DUQUE DE CAXIAS

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS

S586p

Silva, Paulo Sergio Alves da.

Protensão e implementação do ciclo PDCA na gestão do tempo do projeto em uma empresa de engenharia de pontes /Paulo Sergio Alves da Silva, Raoni Martins Machado. – Duque de Caxias, 2015.
42 f. : il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Ciências e Tecnologia, 2015.

“Orientadora: Prof.^a Maria Cristina Ravagnani Gonçalves”.

Referências: f. 41-42

1. Engenharia de produção. 2. Gestão da qualidade. 3. Pontes – Projetos e construção. 4. Gerenciamento de projetos. I. Machado, Raoni Martins. II. Gonçalves, Maria Cristina Ravagnani. III. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. IV. Título.

CDD – 658.5

Paulo Sergio Alves da Silva

Raoni Martins Machado

**PROTENSÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO CILCO PDCA NA GESTÃO DO TEMPO
DO PROJETO EM UMA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PONTES**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso Superior em Engenharia de Produção da Universidade do Grande Rio- Prof. José de Souza Herdy, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenheiro de Produção.

Aprovado por:

Aparecida Cristina Mauro, M.Sc.

Rubens Lopes de Oliveira, D.Sc.

Orientado por:

Maria Cristina Ravagnani Gonçalves, Esp.

Duque de Caxias – RJ
2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos nossos pais, esposas, filhos e aos nossos amigos e professores do curso de Engenharia de Produção da Unigranrio que sempre nos apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus em primeiro lugar por estar conosco a cada dia, guiando e iluminando nossos caminhos, aos nossos familiares pelo apoio e todos aqueles que contribuíram de forma positiva para nossa graduação, tornando esse sonho realidade.

RESUMO

Na última década, a utilização do concreto protendido em obras, com destaque as obras de arte especiais, tem evoluído rapidamente, principalmente comparado ao concreto armado convencional, uma vez que possui como características principais a leveza, ausência de fissuração, resistência a ambientes agressivos e possibilidade de execução de pré-moldagem de peças, tornando-se necessário, portanto, uma compreensão profunda do conceito, materiais, equipamentos, tipos e sistemas desenvolvidos para o concreto protendido, pois é através desses conhecimentos que o profissional e / ou estudante terá condições de planejar, desenvolver, verificar e executar projetos inovadores, aplicando o ciclo PDCA na gestão do tempo do projeto.

Palavras-chave: Protensão, PDCA, Gestão do tempo do projeto.

ABSTRACT

In the last decade, the use of the concrete extended in workmanships, with prominence the special Works of art, has evolved quickly, mainly when compared with the conventional armed concrete, a time that possess as characteristic main the slightness, absence of fissuration, resistance the aggressive environments and possibility of execution of daily pay-molding of parts, becoming necessary therefore, a deep understanding of the concept, materials, equipment, types and systems developed for the extended concrete, therefore is through this knowledge that the professional and/or student will have conditions to develop, verify and implement innovative project, applying the PDCA cycle in project time management.

Keywords: Protensão, Cycle PDCA, Project time management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -Viga de concreto armado convencional	7
Figura 2 - Viga de concreto protendido	7
Figura 3 - Possíveis combinações dos processos e tipos de protensão no estado de utilização.	10
Figura 4 - Equipamento para o ensaio de compressão.	13
Figura 5 - Ligação de um respiro num ponto intermediário da bainha.	15
Figura 6 - Corte esquemático de um macaco hidráulico simples, com pistão e em coroa de círculo	16
Figura 7 - Bomba hidráulica elétrica fabricação Prepon	17
Figura 8 - Bomba para injeção de calda de cimento	18
Figura 9 - Ciclo PDCA	20
Figura 10 – Cronograma com diagrama de precedência e gráfico de Gantt	34
Figura 11 - Ciclo de execução de ordens de serviço.....	36
Figura 12 – Cronograma Final.....	38
Figura 13 – Imagem Meramente Ilustrativa da Finalização da Ponte.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ciclo de vida de projetos	22
Quadro 2 - Processos de gerenciamento de projeto	23
Quadro 3 - Áreas do conhecimento.....	24
Quadro 4 - Processos de gerenciamento do tempo	25
Quadro 5 - Métodos de representação esquemática do sequenciamento	26
Quadro 6 - CPM e PERT	27
Quadro 7 - Dias de atraso do projeto	31
Quadro 8 - Causas de atraso em projetos.....	31
Quadro 9 - Acumulado real X Acumulado planejado X Mensal	34
Quadro 10 - Acumulado real X Acumulado planejado X Mensal após três meses....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Causas de atraso em projetos no Diagrama de Pareto	32
Gráfico 2 – Acumulado Planejado X Acumulado Real.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAP	Estrutura Analítica de Projeto
FCK	Resistência Característica do Concreto à Compressão
FIP	Fédération Internationale de la Précontraint
NBR	Norma técnica brasileira
PDCA	Plan, Do, Check, Act (Planejar, Executar, Checar e Agir)
PEAD	Polietileno de alta densidade
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
RB	Baixa relaxação
RN	Relaxação normal

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Unidade de medida – centímetros
CP	Concreto protendido
kgf/cm ²	Kilograma força por centímetros quadrados
mm	Unidade de milímetros
MPa	Unidade de medida – Mega Pascal
N/mm ²	Newton por milímetros
Ø	diâmetro
St	Área de seção
Wk	Limite de abertura das fissuras

SUMÁRIO

1 - Introdução.....	1
1.1 Problema	4
1.2 Objetivo.....	4
1.2.1 Objetivo Geral	4
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Justificativa	5
1.4 Metodologia	5
2 - Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 Concreto protendido	6
2.2 Conceitos	6
2.3 Tipos de Protensão	8
2.3.1 Protensão Completa.....	8
2.3.2 Protensão Limitada	9
2.3.3 Protensão Parcial	9
2.4 Materiais para Protensão	10
2.4.1 Concreto	10
2.4.1.1 Resistência a compressão	12
2.4.2 Aços para protensão.....	13
2.4.2.1 Fios trefilados	13
2.4.2.2 Cordoalhas	14
2.4.2.3 Barras de aço-liga	14
2.4.3 Bainhas.....	15
2.4.4 Nata de injeção	15
2.5 Equipamentos deProtensão	16
2.5.1 Cabo de Protensão	16
2.5.2 Macacos de Protensão	16
2.5.3 Ancoragens.....	17
2.5.4 Bombas para injeção da calda de cimento	18
2.6 Aplicações do Concreto Protendido.....	18

2.6.1 Estais	19
2.7 Ciclo PDCA como ferramenta da qualidade.....	19
2.8 Projeto	21
2.8.1 Gerenciamento do Projeto	21
2.8.2 Ciclo de Vida de Projeto	22
2.8.3 Processos de Gerenciamento de Projeto	22
2.8.4 Áreas de Conhecimento do Gerenciamento de Pojeto	23
2.8.5 Gerenciamento do Tempo	24
2.8.5.1 Definição da atividade	25
2.8.5.2 Sequenciamento de atividades	25
2.8.5.3 Estimativa de recursos da atividade	26
2.8.5.4 Estimativa de duração da atividade.....	26
2.8.5.5 Desenvolvimento do cronograma	27
2.8.5.6 Controle do cronograma.....	29
3 ESTUDO DE CASO	30
3.1 A Empresa	30
3.2 Problemas.....	30
3.3 Proposta de Solução e Melhoria.....	33
3.4 Planejamento Inicial.....	33
3.5 Cronograma.....	33
3.6 Análise de dados	35
3.7 Plano de Ação	35
3.8 Qualificação da mão de obra	35
3.9 Resultados Obtidos.....	36
3.10 Conclusão.....	39
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 - Introdução

Segundo Leonhardt (1983), a ideia de protensão é muito antiga, tendo sua primeira proposição de pré-tensionar o concreto em 1886, realizada por P.H Jackson de S. Francisco. Desde então, ensaios e patentes surgiram, mas não seguiram em frente por muito tempo, pois naquela época ainda se conhecia a perda de protensão devido aos efeitos da tração e fluência do concreto protendido.

O Engenheiro Eugène Freyssinet pesquisando essa retração e essa fluência do concreto, desenvolveu um sistema de protensão com tensões no aço superiores a 400N/mm^2 e o patenteou em 1928. Em 1941 executou a primeira obra em concreto protendido, a ponte em pórtico biarticulado sobre o Rio Marne em Luzancy, desencadeando na sequência a construção de mais cinco pontes do mesmo tipo também sobre o Rio Marne (LEONHARDT, 1983).

Novas contribuições e inovações foram surgindo, principalmente pelos engenheiros alemães e em 1938 foram construídas as primeiras pontes em concreto protendido da Alemanha, na forma de viadutos sobre as auto-estradas. Os processos de Freyssinet, com feixes constituídos de fios de 5 mm, com licença adquirida na Alemanha pela empresa WaysseFreitag AG, o processo da empresa Dyckerhoff e Windmann (Dywidag), com barras de aço St 600/900 de 25mm de diâmetro processo Leoba, de Leonhardt e Baur, com ancoragens especiais para os feixes com cabos concentrados para forças de protensão muito elevadas também fizeram parte dessas inovações (LEONHARDT, 1983).

Gustave Paul Robert Magnel, engenheiro civil e educador belga criou entre 1940 e 1942 um processo particular, utilizando o concreto protendido sem aderência. Em 1948, escreveu o primeiro livro sobre concreto protendido (LEONHARDT, 1983).

A primeira grande obra em viga contínua, denominada Ponte de Obere Badstrasse, foi construída na Alemanha em 1949 por F. Leonhardt e W. Baur, apresentando cabos concentrados constituídos por fios e vão principal com 96m sobre o canal do Neckar, em Heibronn. Sobre o mesmo canal, Leonhardt e Baur construíram também a primeira ponte ferroviária, de laje oca, esconsa e com cinco vão (LEONHARDT, 1983).

Outros destaques importantes na história do concreto protendido são a primeira conferência sobre concreto protendido, realizada no ano de 1950 em Paris, pela FIP (Fédération Internationale de La Précontraint) e a publicação em 1954 do primeiro livro de envergadura sobre concreto protendido (“Spannbeton für die Praxis”), pelo autor Fritz Leonhardt, engenheiro alemão que contribuiu muito no desenvolvimento do concreto protendido nas últimas décadas (LEONHARDT, 1983).

No Brasil, esse sistema construtivo tardou a chegar. Segundo Vasconcelos (1985), a história do concreto protendido no Brasil deve ser dividida em pós-tração e pré-tensão, pois essas duas modalidades entram no país em épocas distintas e em condições em diversas.

A pós-tração foi a primeira modalidade introduzida no Brasil, onde a protensão nos cabos é feita após a cura do concreto e a primeira obra em concreto protendido no Brasil, executada nessa modalidade foi a ponte do Galeão, no Rio de Janeiro, construída em 1948 com utilização do sistema Freyssinet, tendo materiais como aço, as ancoragens, os equipamentos e até mesmo o projeto importados da França (VASCONCELOS, 1985).

A Companhia Siderúrgica Belgo – Minera foi a pioneira na fabricação do aço de protensão no Brasil, ano de 1952, e a segunda ponte executada em concreto protendido no país, a ponte de Juazeiro, já utilizou em sua ponte o aço brasileiro (VASCONCELOS, 1985). A princípio eram fabricadas apenas três categorias de aço: 115/125, 125/140 e 140/160, onde os fios, fornecidos em rolos de diâmetro pequeno (60 ou 85cm) necessitavam de um endireitamento antes de sua utilização, além de possuírem tensões internas que prejudicavam o seu comportamento na peça protendida (VASCONCELOS, 1985).

O tratamento térmico de alívio de tensão veio em 1958, melhorando assim o desempenho de aço. Também nesse ano, iniciou-se a fabricação de diâmetros de 7 e 8 mm, sendo que este último teve pouca aceitação na época e hoje em dia, sua produção é bastante limitada, geralmente utilizado somente em casos especiais (VASCONCELOS, 1985).

Na década de 60, começaram a aparecer as cordoalhas de dois, três e sete fios, e estas, estão gradativamente substituindo os fios isolados de diâmetros 5, 7 e 8 mm e praticamente já são mais utilizados em outros países, pois essas cordoalhas, comparadas aos fios, são mais econômicas (VASCONCELOS, 1985).

A Belgo – Mineira continuou se aprimorando na fabricação de aço e em 1974 adquiriu o “know-how” da Somerset Wire Company, a fim de fabricar aços estabilizados, em que o tratamento térmico era aplicado ao aço sob tensão elevada, produzindo assim aços de Baixa Relaxação (RB) e essa nova tecnologia permitiu reduzir consideravelmente as perdas progressivas de protensão que até então eram superiores aos 15% admitidos nas primeiras obras, segundo estudos da época. Atualmente no Brasil, são produzidos tanto os aços RN quanto os RB, porém, há uma nítida preferência pelos últimos (VASCONCELOS, 1985).

Em 1977, para execução das pistas de decolagem do Aeroporto Internacional do Galeão no Rio de Janeiro, foram utilizadas barras filetadas de Ø 16mm (aço 145/160 em rolos de 2,80m de diâmetro e comprimento até 500m) importadas da Alemanha e a partir dessa obra a Siderúrgica Barra Mansa passou a fabricar o aço filetado CP 85/105 com Ø de 32 mm, e posteriormente também as barras lisas de Ø 19 mm, essas últimas exclusivamente para a Protendidos Dywidag Ltda, representante de patente Dywidag no Brasil (VASCONCELOS, 1985).

Segundo Vasconcelos (1985), a aplicação da pré-tração no Brasil começou cinco anos depois da pós-tração e por esse motivo é importante apresentá-las em separado.

Apesar de ser uma ideia tão antiga quando as aplicações práticas do concreto armado, foi o engenheiro alemão Ewald Hoyer que estudou por sua vez foi estudado pelo engenheiro Ruben Duffles Andrade, responsável por conquistar a cessão de direitos de uso desse processo no Brasil em 03 de Dezembro de 1951 (VASCONCELOS, 1985).

Segundo Vasconcelos (1985), Duffles, foi o primeiro no Brasil a produzir peças de concreto protendido de fio aderente, denominado hoje de pré-tração, após ter praticamente reinventado esse sistema, uma vez que ainda não existia no país as matérias primas utilizadas por Hoyer, como cimento de alta resistência e aços de cordas de piano. Também foi pioneiro no uso de cordoalhas no Brasil, no final do ano de 1959, fazendo ele próprio a trançada de fios e mesmo depois que a empresa Belgo-Mineira começou a fabricar cordoalhas, Duffles continuou a produzi-las também, analisando preços e investimentos nos estoques.

Em 1964, em Curitiba, foi fundada a empresa PROTENSA, subsidiária da construtora MARNA, pioneira no sul do país na produção de vigas protendidas de

pontes, tendo seu maior desenvolvimento nos anos 70 (VASCONCELOS, 1985). Hoje, são inúmeras as empresas de pré-moldados no país, tendo como destaques:

- REAGO Indústria e Comércio S.A.;
- Premo e Precon, em Belo Horizonte
- Beltram, em Salvador
- PREMAG e Stahlton, no Rio de Janeiro
- Pré-concretos S.A Indústria e Comércio, em Porto Alegre

Atualmente, o menor número de operações de protensão pelo uso de maiores áreas de aço em cada cabo, a melhor aderência ao concreto e a facilidade de alojamento dos fios protendidos, facilitando o andamento do concreto, são as principais vantagens para preferência do emprego de cordoalhas RN e RB em relação aos fios lisos, que hoje são utilizados mais em peças de pequenas dimensões, como vigotas para lajes ou terças de telhados, painéis para lajes, placas finas e elementos para caixilhos de concreto (VASCONCELOS, 1985).

1.1 Problema

Construir uma ponte de protensão utilizando concreto, aço e equipamentos de alta performance, mais para que isso aconteça, precisa-se atingir os objetivos propostos dentro de parâmetros de qualidade determinados, obedecendo um planejamento prévio de prazos (cronograma).

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Mostrar os materiais e equipamentos para a protensão em uma ponte, buscando um método para estabelecer uma gestão de qualidade, melhorando e controlando o processo de tempo do projeto, sendo assim, acompanhá-las de maneira mais efetiva, sabendo exatamente onde precisa melhorar.

1.2.2 Objetivos Específicos

Utilizar uma ferramenta da qualidade na gestão de tempo do projeto que desempenhe uma função que analise detalhadamente tornando ampla visão do processo, resultando nos seguintes fatores:

- a) Propor realizar dentro do planejado
- b) Avaliar qualificação da mão de obra
- c) Implementar melhoria continua na gestão de tempo do projeto

1.3 Justificativa

Mostrar a relevância da gestão de projetos em uma empresa, adotando o controle e boas práticas, de modo que seja seguido a sequência cronológica das atividades, conforme o tempo previsto na EAP, bem como a entrega do projeto dentro dos prazos acordados entre a empresa e o cliente e assim obter a satisfação dos mesmos.

1.4 Metodologia

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os métodos e conceitos apresentados, bem como cada uma de suas aplicações dentro do tema proposto. Posteriormente foi elaborado um estudo de caso juntamente com a ferramenta da qualidade e o fluxo proposto, aplicando os conceitos anteriormente citados. Ocorreu também a comparação entre a situação real e a simulação do resultado esperado após a aplicação do modelo proposto.

A pesquisa busca entender os mecanismos que geram atrasos no desenvolvimento de projeto e como eles se relacionam com o método de gerenciamento do tempo adotado. Para atingir esse objetivo, foi utilizado um estudo de caso de uma empresa de engenharia de pontes.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1 Concreto protendido

Vários autores, a fim de exemplificar o conceito e vantagens do concreto protendido, costumam comparar essa tecnologia com a tecnologia do concreto armado. Porém, basta apresentar algumas características do concreto protendido para entender porque ele é hoje utilizado mundialmente, tanto em projetos arquitetônicos convencionais.

As pontes estaiadas, principalmente as de grandes vãos, são um exemplo prático do sucesso de aplicação do concreto protendido, pois além de estarem expostas aos ambientes agressivos e possuírem sempre uma arquitetura arrojada, cada vez mais esbeltas, o concreto protendido nessas estruturas proporciona a redução do peso próprio das mesmas e conseqüentemente o carregamento de suas fundações, reduzindo e controlando as deformações e a fissuração com aplicação de cargas adicionais, permitindo o máximo aproveitamento da resistência mecânica do aço e do concreto utilizados. (RUDLOFF, 2008).

Esses fatores, além de apresentarem ótima relação de custo x benefício no momento da construção, proporcionam uma longa vida útil dos materiais utilizados, sendo praticamente nula a necessidade de manutenção nesse tipo de estrutura (RUDLOFF, 2008).

2.2 Conceitos

O concreto protendido além das características já mencionadas anteriormente, tem como característica principal sua boa resistência a compressão, da ordem de 20 Mpa a 50 Mpa, porém quando submetido a tração, apresenta baixa resistência, cerca de apenas 10% da sua resistência à compressão. Aplicando-se uma compressão prévia (protensão), esse comportamento pode ser melhorado, nas regiões onde as solicitações produzem tensões de tração (PFEIL, 1988).

Segundo Pfeil (1988), protensão é a aplicação de tensões prévias de compressão nas partes de seção racionada pelas solicitações dos carregamentos, realizados por meio de cabos de aço de alta resistência, tracionados e ancorados no próprio concreto.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se visualizar essa aplicação, comparando uma viga em concreto armado com uma viga em concreto protendido.



Figura 1 -Viga de concreto armado convencional

Fonte: (PFEIL, 1988).

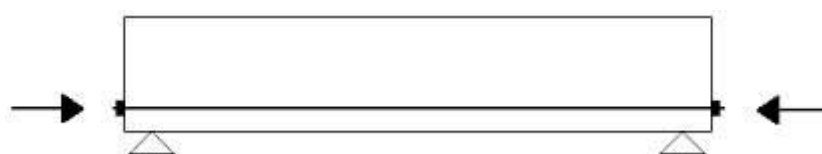


Figura 2 - Viga de concreto protendido

Fonte: (PFEIL, 1988).

Na Figura 1, é apresentada uma viga de concreto armado convencional, sujeita a uma solicitação de flexão simples, em serviço, a parte superior de concreto está comprimida e a parte inferior da seção está tracionada, admitindo-se fissuras para efeito de análise. Os esforços da tração são resistidos pelas armaduras de aço cuja tensão de tração.

Esses aços empregados como armaduras de concreto armado têm limite de escoamento variado de 2.500 kgf/cm² (250 Mpa) a 5.000 kgf/cm² (500 Mpa) e na prática, os valores são limitados aos valores das aberturas das fissuras, da ordem de 0,2mm a 0,4mm para aberturas máximas, valores esses considerados aceitáveis (PFEIL, 1988).

Além da limitação, a fissuração também limita o emprego de concretos de elevada resistência, uma vez que as tensões de compressão no concreto devem ser compatíveis com as tensões máximas utilizáveis nas armaduras (PFEIL, 1988).

Já na Figura 2, é apresentado o conceito de viga em concreto protendido, onde há uma aplicação de um estado prévio de tensões (protensão) na vida de concreto, mediante cabos de aço bem esticados e ancorados nas extremidades,

onde P é o esforço de protensão transmitido ao concreto pela ancoragem do cabo (PFEIL, 1988).

Segundo Pfeil (1988), a protensão, desloca a faixa de trabalho do concreto para o âmbito onde o material é mais eficiente e, como os cabos são tracionados e ancorados, pode-se empregar nesses cabos de alta resistência, trabalhando com tensões elevadas. Dessa forma, compatibiliza-se o emprego de dois materiais com elevada resistência:

- O concreto com elevada resistência à compressão e,
- Os aços com elevada resistência à tração.

A resistência à tração dos cabos de aço utilizados como armaduras protendidas é da ordem de 1.500 kgf/cm² (150Mpa) a 1.900 kgf/cm² (190 Mpa) (PFEIL, 1988).

Segundo Pfeil (1988), a protensão em uma viga de concreto melhora não só seu comportamento para solicitações de flexão com também para as solicitações de cisalhamento.

2.3 Tipos de Protensão

Segundo Veríssimo e Cesar Jr. (1998), os tipos de protensão existentes estão relacionados aos estados limites de utilização referentes a fissuração. Na sequencia serão apresentados os três tipos de protensão conhecidos.

2.3.1 Protensão Completa

Também conhecida como protensão total, esse tipo de protensão limita as flutuações de tensões no aço a valores moderados, além de proporcionar as melhores condições de protensão das armaduras contra a corrosão (VERÍSSIMO e CESAR JR.; 1998).

Nas situações em que carga permanente e sobrecargas atuam, não se admitem tensão de tração no concreto, quando há combinações raras de ações,

previstas em projeto, respeitando o estado limite de formação de fissuras (VERÍSSIMO e CESAR JR., 1998).

2.3.2 Protensão Limitada

As condições para a existência da protensão limitada de acordo com a NBR 7197 são:

- Para combinações quase permanentes de ações, previstas em projetos, é respeitado o estado limite de descompressão:
- Para combinações frequentes de ações, previstas em projeto, é respeitado o estado limite de formação de fissuras (VERÍSSIMO e CESAR JR., 1998).

Neste tipo de protensão, considera-se uma probabilidade muito pequena de fissuração de concreto, fissura essa que se abre quando a peça é submetida a uma sobrecarga transitória e se fecha após a passagem dessa carga, uma vez que as seções permanecem comprimidas sob o efeito das cargas quase permanentes (VERÍSSIMO e CESAR JR., 1998).

Utilizada comumente em pontes, passarelas e obras similares, a protensão limitada apresenta vantagens quando comparada a protensão total, como menores tensões de tração e compressão na época da protensão, melhor comportamento às flechas sob o efeito da influência do concreto e maior participação da armadura suplementar na ruptura (VERÍSSIMO e CESAR JR., 1998).

2.3.3 Protensão Parcial

Na protensão parcial, o critério é semelhante àquele utilizado na protensão limitada, porém, é permitido que as trações no concreto sejam maiores, ocasionando a formação de fissuras mais abertas (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

Segundo Veríssimo e César Jr. (1998), existe protensão parcial quando são verificadas as seguintes condições:

- É respeitado o estado limite de descompressão para as combinações quase permanentes de ações, previstas em projeto e;
- É respeitado o estado limite de abertura de fissuras, com $W_k \leq 0,2 \text{ mm}$ para as combinações frequentes de ações previstas em projeto.

Como as definições dos tipos de protensão já foram apresentadas, vejamos agora na Figura 3, um resumo das possibilidades de combinação dos processos e tipos de protensão no estado de utilização.

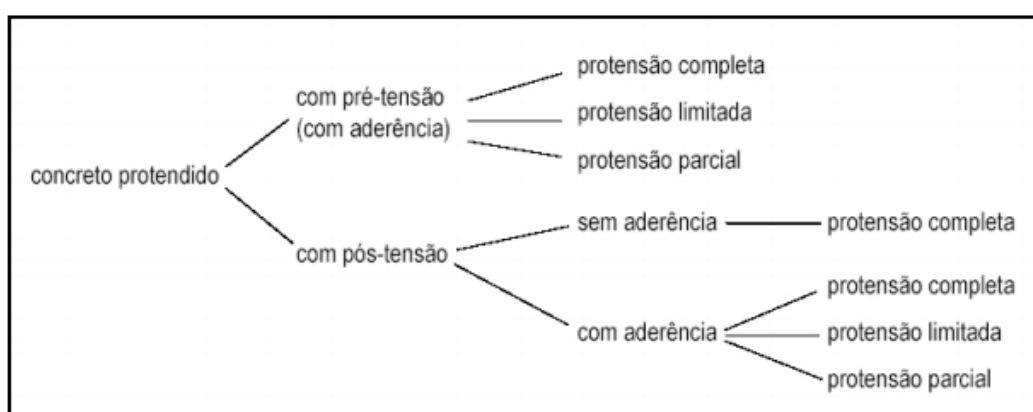


Figura 3 - Possíveis combinações dos processos e tipos de protensão no estado de utilização.

Fonte: (Autor, 2015)

2.4 Materiais para Protensão

O concreto protendido é constituído basicamente pelo concreto e o aço, como concreto armado, onde a diferença fundamental está na resistência desses dois materiais. Porém encontramos também nesse sistema, alguns materiais importantes como bainhas e nata de injeção.

2.4.1 Concreto

O concreto utilizado nesse sistema estrutural deve ser de alta Resistencia, das classes B 25 e B 55, pois deve assumir a função de:

- Limitar os valores de encurtamentos de retração e fluência, uma vez que tais encurtamentos dão origem às perdas de protensão;
- Elevar a resistência à compressão;

- Elevar a resistência à corrosão

Além dessas características, deve-se haver um controle no uso de aditivos geralmente só utilizados com uma permissão especial, e no uso de água de amassamento, que não deve conter cloro (LEONHARDT, 1983).

A construção de estruturas protendidas necessita de um controle de qualidade muito rigoroso. Devem-se exigir ensaios prévios, controle contínuo do cimento e dos agregados que serão utilizados, bem como uma fiscalização constante durante a fabricação do concreto.

Na maioria dos casos, os concretos utilizados em peças protendidas possuem resistência superior àquelas das peças de concreto armado. Recomendam-se resistências característica à compressão do concreto (f_{ck}) entre 30 e 40 MPa para concreto protendido. Existem várias razões que justificam a utilização de concretos de alta resistência em peças protendidas. A alta resistência, aliada ao fato de toda a seção da peça ser solicitada, resistindo aos esforços atuantes, resulta em seções com menores dimensões que no concreto armado convencional, consequentemente a estrutura fica com menor peso próprio. A diminuição do peso próprio viabiliza economicamente a execução de estruturas com grandes vãos.

Resistências normalmente utilizadas:

- Concreto armado: f_{ck} entre 20 e 35 MPa
- Concreto protendido: f_{ck} entre 30 e 40 MPa

Fatores que justificam as altas resistências do concreto e do aço:

- A introdução da força de protensão na peça pode causar solicitações prévias muito elevadas, frequentemente mais altas que as correspondentes a uma situação de serviço;
- O emprego de concretos e aços de alta resistência permite a redução das dimensões das peças, diminuindo o seu peso próprio;
- Concreto de alta resistência possui em geral, módulo de deformação mais elevado, o que diminui tanto as deformações imediatas como as que ocorrem

ao longo do tempo. Isso reduz os efeitos de perda de protensão oriundos da retração e fluência do concreto.

É importante citar também que o concreto tenha boas características de compacidade e baixa permeabilidade, para que as armaduras fiquem bem protegidas contra a corrosão. Tem-se comprovado através de experimentos que o aço de protensão, quando solicitado por tensões elevadas, torna-se mais susceptível à corrosão.

Para que o concreto atenda às elevadas exigências impostas às estruturas de concreto protendido, é necessário:

- Observar as recomendações da tecnologia de produção de concretos;
- Usar os tipos mais adequados de cimento Portland (como o CPV-ARI, CPIII, etc.);
- Utilizar agregados devidamente selecionados quanto à origem mineralógica e à granulométrica;
- Determinar proporções adequadas entre cimento, agregado, água e aditivos;
- Utilizar aditivos que não prejudiquem a integridade das armaduras;
- Executar uma cura cuidadosa;

2.4.1.1 Resistência a compressão

Um dos itens mais importante para a caracterização de um concreto é a sua resistência característica à compressão, o f_{ck} . Esse valor característico é estabelecido a partir da resistência à compressão, medida em corpos de prova cilíndricos de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, obtida aos 28 dias de idade. O f_{ck} é definido como a resistência para a qual a probabilidade de ocorrerem valores menores é de 5%.

Vejamos agora na Figura 4, equipamento utilizado para a realização do ensaio da resistência característica à compressão do concreto através de corpos de prova.



Figura 4 - Equipamento para o ensaio de compressão.

Fonte: (Autor, 2015)

2.4.2 Aços para protensão

Segundo Pfeil (1988), os aços utilizados como armaduras de protensão podem ser divididos em três categorias:

- Fios trefilados de aço carbono,
- Cordoalhas
- Barras de aço-liga

As principais propriedades mecânicas do aço são de protensão são as seguintes:

- Limite de elasticidade
- Limite de escoamento convencional

2.4.2.1 Fios trefilados

Segundo Leonhardt (1983), os fios de aço para protensão são produzidos de acordo com dois processos de fabricação: os fios de aço-liga beneficiados e os fios laminados a quente e trefilados a frio.

Segundo Pfeil (1988), o fio trefilado tem superfície lisa, devido a passagem desse material na fiação, no desejo de aumentar a aderência com o concreto, os fios podem ser fornecidos com entenações superficiais introduzidas após a trefilação.

2.4.2.2 Cordoalhas

Cordoalhas é o conjunto de fios enrolados em forma de hélice, onde a quantidade de fios varia de 2 a 7 unidades, de acordo com a NBR 7483 de 2008, as cordoalhas são classificadas em cordoalhas de sete fios e cordoalhas de três fios, onde a primeira é formada por seis fios de mesmo diâmetro nominal, encordoados juntos em torno de um fio central enquanto que a segunda é formada por três fios de mesmo diâmetro nominal tração, as cordoalhas apresentam duas categorias:

- Categoria CP – 190
- Categoria CP – 210

Onde os números 190 e 210 correspondem ao limite mínimo de resistência à tração na unidade kgf/mm².

2.4.2.3 Barras de aço-liga

As barras de aço-liga possuem alta resistência, diâmetros superiores a 12 mm e comprimento limitado (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

No mercado, encontramos vários tipos e bitolas de aços para protensão, que seguem as normas nacional e internacional, uma vez que o aço é vendido em praticamente todos os países do mundo, além de muitas fábricas atenderem também projetos especiais, produzindo aços diferentes daqueles já integrantes de seus catálogos de produtos (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

As categorias mais comumente encontradas no mercado brasileiro são:

- Aço CP 175 RN
- Aço CP 175 RB
- Aço CP 190 RN
- Aço CP 190 RB

2.4.3 Bainhas

A bainha, também conhecida por ductos, nada mais é do que um tubo, por onde a armadura de protensão é inserida à estrutura, sem sofrer atrito. Esse tubo, dependendo do tipo de protensão utilizada, pode ser fabricado em material metálico ou em PEAD.

Quando a protensão necessita da utilização de injeção de nata de cimento, a mesma é feita através de tubos de respiro, ligados em pontos da bainha, conforme apresentado na Figura 5.

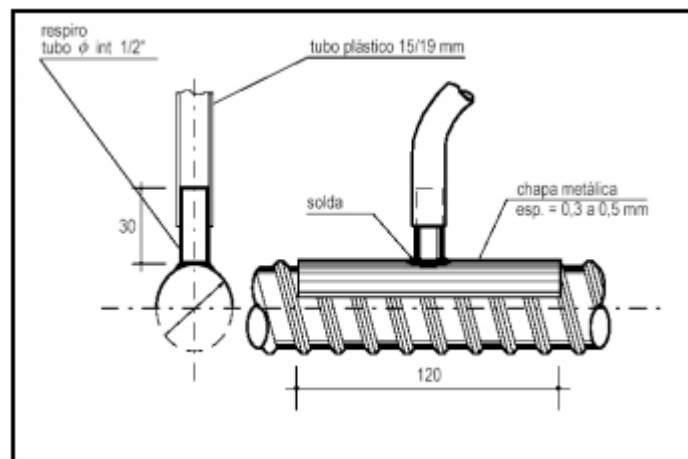


Figura 5 - Ligação de um respiro num ponto intermediário da bainha.

Fonte: (Autor, 2015)

2.4.4 Nata de injeção

A nata de injeção é uma mistura de água e cimento que tem finalidade de obter a aderência posterior da armadura de protensão com concreto, além de proteger a armadura de protensão com o concreto além de proteger a armadura contra a corrosão (LEONHARDT, 1983).

Para a utilização de nata de injeção devem-se atender alguns requisitos estabelecidos por normas técnicas, tais como: fluidez, exsudação, expansão, resistência mecânica, retração, absorção capilar, tempo de pega, tempo de injetabilidade, dosagem de aditivos e ausência de agentes nocivos (RUDLOFF, 2008).

2.5 Equipamentos de Protensão

A aplicação da protensão em uma peça de concreto, independente do processo utilizado, é feita através de equipamentos especiais que, produzem as forças e as transferem para a peça de concreto, com o mínimo de perdas. A seguir, serão apresentados os equipamentos mais utilizados na aplicação de protensão (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

2.5.1 Cabo de Protensão

Cabo de protensão é o conjunto formado pela bainha e pelos fios e/ou cordoalhas, apresentados no item 2.2 deste capítulo.

2.5.2 Macacos de Protensão

Constituídos por um cilindro e um pistão de seção cheia ou em coroa circular, os macacos hidráulicos conforme a Figura 6 são equipamentos cuja finalidade é aplicar aos cabos de protensão ou blocos de concreto a força de protensão, tecnologia desenvolvida após o fim da segunda guerra mundial (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

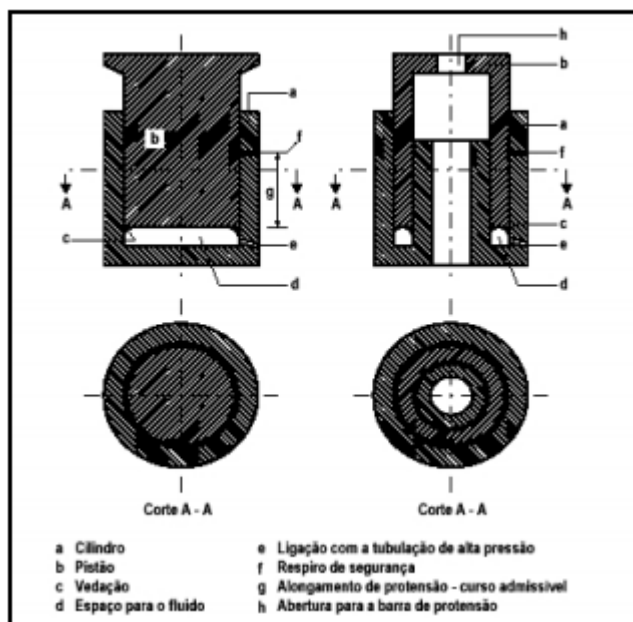


Figura 6 - Corte esquemático de um macaco hidráulico simples, com pistão e em coroa de círculo

Fonte: (Veríssimo e César Jr., 1998).

Para a aplicação dessa força, os macacos na Figura 7, são ligados a bomba especiais, quais produzem pressões da ordem de 50 kN/cm². Essa ligação entre bomba e macaco é feita por mangueiras flexíveis de alta pressão (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).



Figura 7 - Bomba hidráulica elétrica fabricação Prepon
Fonte: (PREPON, 2008).

Durante o processo da aplicação da força de protensão, os cabos são presos aos macacos e sofrem um alongamento, ocasionando pelo deslocamento entre o pistão e o cilindro, quando este último recebe através da bomba de alta pressão, uma injeção de óleo diluído e pressurizado (VERÍSSIMO e CÉSAR JR., 1998).

2.5.3 Ancoragens

Ancoragem é o nome dado aos dispositivos responsáveis pela fixação de cabo protendido, mantendo a carga aplicada ao mesmo e impedindo o retorno do cabo ao se estado original (VERÍSSIMO e CESAR JR, 1998).

O termo ancoragem é aplicado aos dispositivos e, ou, artifícios utilizados para a fixação dos cabos de protensão tensionados, de forma a manter a carga aplicada pelo macaco hidráulico, impedindo que o cabo volte ao estado original, isto é, fique frouxo, sem tensão.

As ancoragens podem se agrupadas conforme as seguintes categorias:

- Ancoragem por aderência
- Ancoragem por meio de cunhas
- Ancoragem por meio de rosca e porca
- Ancoragem por meio de cabeçotes apoiados em calços de aço ou em argamassa injetada

2.5.4 Bombas para injeção da calda de cimento

São equipamentos utilizados para a aplicação da calda (nata) de cimento dentro das bainhas. Devem executar a aplicação desse material de acordo com as normas técnicas existentes.

Na Figura 8, é apresentada uma bomba de fabricação RUDLOFF.



Figura 8 - Bomba para injeção de calda de cimento

Fonte: (RUDLOFF, 2008).

2.6 Aplicações do Concreto Protendido

O numero de aplicações do concreto protendido é infinito, uma vez que é sempre possível inventar um modo diferente de utilizar a protensão. Vale a pena

citar as estruturas protendidas de grande porte, tais como as plataformas marítimas (offshore) de exploração de petróleo ou gás, os invólucros de proteção de centrais atômicas, as torres de concreto e as pontes estaiadas. É comum também, a utilização de tirantes de ancoragem protendidos em obras de terra como cortinas atirantadas, estruturas de contenção, barragens e outros três exemplos que serão detalhados a seguir.

2.6.1 Estais

Criados com finalidade de sustentar pontes, os estais são um sistema de ancoragem diferenciado da ancoragem utilizada na protensão de estruturas em concreto, porém com características bem semelhantes, como seu material constituinte.

Constituídos por cordões galvanizados, enrolados em espiral, pré-fabricados e pré-tensionados, inicialmente, os cabos dos estais eram constituídos apenas por múltiplos fios de seção redonda e hoje os mais utilizados apresentam-se em um feixe de cordoalhas paralelas, fixado em uma extremidade com uma ancoragem ativa (regulável), e na outra uma ancoragem passiva (fixa).

2.7 Ciclo PDCA como ferramenta da qualidade

Neves (2007), afirma que o ciclo PDCA auxilia na resolução de problemas e tomadas de decisões, sendo um meio eficaz para se atingir as metas. Se executado corretamente pode trazer vantagens enormes de qualidade, produtividade e de custos para a organização.

É uma metodologia de tomada de decisões para garantir o cumprimento das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. Consiste na seguinte etapas conforme a Figura 9.

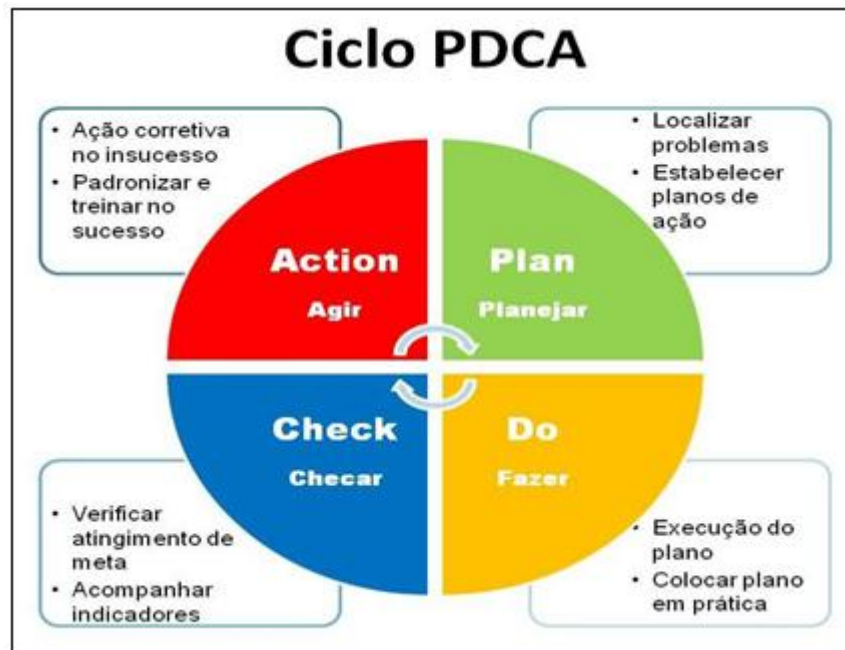


Figura 9 - Ciclo PDCA

Fonte: Portal administração, 2013.

P (Planejar)

- Estabelecer metas;
- Estabelecer métodos para alcançar as metas propostas.

D (Desenvolver)

- Executar as tarefas como foi previsto na etapa de planejamento e coletar dados que ajudarão na próxima etapa.

C (Checar)

- A partir dos dados coletados na execução, fazer a comparação através do resultado alcançado.

A (Atuação corretiva)

- Atuar no processo através dos resultados obtidos. Agir corretivamente caso o que tenha sido planejado não tenha sido atingido.

Esta ferramenta da qualidade é utilizada na indústria da construção para elaborar procedimentos de execução de serviço (PES-documento que padroniza o método de execução e controle de qualidade dos processos) e os planos de ação dos funcionários, garantindo a melhoria contínua da produção da empresa.

2.8 Projeto

Segundo o Project Management Body of Knowledge - PMBOK (2004, p.5), "um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo". Já para Menezes (2009, p.26), o conceito de projetos pode ser entendido como "um empreendimento único que deve apresentar um início e um fim claramente definidos e que, conduzido por pessoas possa atingir seus objetivos respeitando os parâmetros de prazo, custo e qualidade".

2.8.1 Gerenciamento do Projeto

A área de gerenciamento de projetos abrange as técnicas e ferramentas utilizadas para a condução de um projeto durante sua concepção, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento (PMBOK, 2008). A aplicação dessas técnicas e ferramentas visa garantir que seja executado o trabalho necessário e somente o necessário, para a entrega do produto ou serviço atendendo as restrições de prazo, custo e qualidade. A garantia da aplicação das técnicas e ferramentas no gerenciamento de projetos é de responsabilidade do gerente de projetos (Heldman, 2009).

Muitos avanços têm sido feitos no sentido de padronizar os conceitos, métodos e teorias na área de gerenciamento de projetos. As publicações do PMI (Project Management Institute) são as literaturas mais difundidas na área de gerenciamento de projeto e serão utilizadas como referência na elaboração deste artigo.

2.8.2 Ciclo de Vida de Projeto

Todo projeto passa por uma série de fases, sendo que cada fase tem suas necessidades e características. Essa série de fases é chamada de ciclo de vida e a maioria dos projetos tem uma estrutura de ciclo de vida semelhante (MAXIMIANO, 2002; KEELING, 2005; VARGAS, 2005).

Quadro 1 - Ciclo de vida de projetos

FASE	DESCRIÇÃO
Conceituação	É a fase de desenvolvimento da idéia até que se obtenha a aprovação da proposta para a execução.
Planejamento	A fase de planejamento se inicia quando é tomada a decisão de seguir a diante e é a fase de estruturação e viabilização do projeto.
Implementação	É a parte de execução do trabalho em que se concentra o maior número de atividades. A efetividade da execução está diretamente ligada à qualidade do planejamento.
Conclusão	É o fechamento do projeto.

Fonte: Adaptado de Maximiano (2002), Keeling (2005) e Vargas (2005).

2.8.3 Processos de Gerenciamento de Projeto

Os processos de gerenciamento de projetos descrevem e organizam a forma de realizar o projeto. O guia PMBOK descreve cinco grupos de processos de gerenciamento de projetos que se distribuem durante todo o ciclo de vida do projeto (MACHADO, 2002; HELDMAN, 2009).

Quadro 2 - Processos de gerenciamento de projeto

GRUPO DE PROCESSO	DESCRIÇÃO
Iniciação	Define e autoriza o projeto ou uma fase do projeto.
Planejamento	Detalha e define os objetivos e refina o escopo do projeto, além de programar todas as atividades para que ele seja atingido.
Execução	Combina os recursos humanos e outros para a realização do planejamento.
Monitoramento e controle	Monitora e controla regularmente o progresso do andamento do projeto, de forma a indicar possíveis desvios do planejamento (prazo, custo, qualidade, escopo e riscos) para que ações corretivas possam ser tomadas caso necessário.
Enceramento	Oficializa o aceite do produto, serviço ou resultado e conduz o projeto ou uma fase a um término organizado.

Fonte: Adaptado do PMBOK (2008).

2.8.4 Áreas de Conhecimento do Gerenciamento de Projeto

Dentro de cada um dos cinco grupos de processos existe uma coleção de processos. O Guia PMBOK agrupa essa coleção de processos nas chamadas áreas do conhecimento. Esse agrupamento leva em consideração os pontos em comum dos processos (HELDMAN, 2009).

Quadro 3 - Áreas do conhecimento

ÁREA DO CONHECIMENTO	DESCRIÇÃO
Integração	Trata da integração efetiva dos processos entre os grupos de processos do gerenciamento de projetos.
Escopo	Inclui os processos necessários para incluir no projeto o trabalho necessário e somente o necessário para conclusão do projeto.
Tempo	Inclui os processos necessários para a conclusão do projeto no prazo.
Custos	Inclui os processos necessários para a conclusão do projeto dentro do orçamento previsto.
Qualidade	Trata da garantia de que o projeto atenda às necessidades que o geraram.
Recursos humanos	Inclui os processos necessários para organizar e gerenciar a equipe do projeto.
Comunicações	Inclui os processos de geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação de toda informação sobre o projeto no momento e na forma adequada.
Riscos	Inclui os processos para identificar, analisar, responder, monitorar e controlar os riscos envolvidos no projeto.
Aquisições	Inclui os processos de compra de produto ou contratação de serviços fora da equipe de projeto para realizar o trabalho.

Fonte: Adaptado do PMBOK (2008).

2.8.5 Gerenciamento do Tempo

A área do conhecimento de gerenciamento do tempo está dividida em seis processos (PMBOK, 2008).

Quadro 4 - Processos de gerenciamento do tempo

GRUPO DE PROCESSO	PROCESSO	DESCRIÇÃO
Planejamento	Definição da atividade	Identificação das atividades necessárias para atender às entregas do projeto.
Planejamento	Sequenciamento de atividades	Identificação das dependências entre as atividades.
Planejamento	Estimativa de recursos da atividade	Estimativa dos recursos (material e humano) para realizar as atividades.
Planejamento	Estimativa de duração da atividade	Estimativa do tempo de trabalho necessário para a conclusão das atividades.
Planejamento	Desenvolvimento do cronograma	Análise dos recursos, restrições, duração e sequência das atividades para a criação do cronograma do projeto.
Monitoramento e controle	Controle do cronograma	Controle das mudanças no cronograma.

Fonte: Adaptado do PMBOK (2008).

2.8.5.1 Definição da atividade

As entregas definidas pela declaração de escopo são as geradoras de pacotes de trabalho nos projetos. A decomposição dessas entregas em pacotes de trabalho é feita através da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A EAP é uma decomposição hierárquica que orienta a equipe sobre o trabalho a ser executado para atingir os objetivos do projeto. A EAP subdivide o trabalho do projeto em partes menores mais facilmente gerenciáveis. Os detalhes dos itens da EAP são registrados no dicionário da EAP (código do identificador de conta, declaração do trabalho, organização responsável, lista de marcos do cronograma, informações de contrato, requisitos de qualidade e referências técnicas para facilitar o trabalho). A decomposição dos pacotes de trabalho da EAP em unidades menores auxilia a definir a lista de atividades (KEELING, 2005; VARGAS, 2005; PMBOK, 2008).

2.8.5.2 Sequenciamento de atividades

O sequenciamento de atividades estabelece a lógica do cronograma e indica as dependências entre as atividades que podem ser obrigatórias, arbitrarias e externas. Para a representação esquemática do sequenciamento, utilizam-se os

métodos de Diagrama de Precedência (MDP) ou Diagrama de Setas (MDS) (PMBOK, 2008).

Quadro 5 - Métodos de representação esquemática do sequenciamento

MDP	MDS
Dependências: Término para Início, Início para Término, Término para Término e Início para Início	Dependência: Término para Início
Uso de uma estimativa de tempo	Possibilidade de mais de uma estimativa de tempo possível em qualquer representação

Fonte: Adaptado de Heldman (2009).

2.8.5.3 Estimativa de recursos da atividade

Para a estimativa de recursos, a opinião de membros experientes da equipe que já executaram atividades semelhantes pode ser utilizada. Muitas vezes podem surgir diferentes métodos para se realizar uma atividade. Quando isso ocorrer, pode ser efetuada uma análise de alternativas para a escolha do melhor método para executar uma atividade (escolha do melhor custo benefício). O uso de um software de gerenciamento de projeto auxilia no processo de planejar, organizar e estimar os recursos, pois facilita a análise rápida de alternativas. Quando não há referências na organização, uma opção é utilizar dados de referência publicados (PRADO, 2003; PMBOK, 2008).

Outra forma de efetuar a estimativa de recursos é a técnica de estimativa “bottom-up”. Nessa técnica, as estimativas de recursos das atividades individuais são feitas de baixo para cima na EAP. Então, agrupam-se as estimativas individuais em um conjunto para chegar à estimativa do pacote de trabalho (MENEZES, 2003; PMBOK, 2008).

2.8.5.4 Estimativa de duração da atividade

Para obter a duração da atividade, a opinião especializada de membros experientes da equipe pode ser utilizada. Outra opção é utilizar a base histórica de

atividades realizadas em projetos juntamente com a opinião especializada (Phillips, 2003; PMBOK, 2008). Quando o trabalho pode ser mensurado através de uma estimativa paramétrica, pode se chegar à duração multiplicando a quantidade de trabalho a ser realizado pela produtividade, como, por exemplo, x m2 de piso assentado por dia (Menezes, 2003; PMBOK, 2008). Além das técnicas descritas acima, outra opção é a estimativa de três pontos. A estimativa de três pontos baseia-se na análise do cenário mais provável, otimista e pessimista. A estimativa de duração média da atividade é o resultado da média ponderada dos três cenários (PMBOK, 2008).

2.8.5.5 Desenvolvimento do cronograma

A análise de rede do projeto produz o cronograma e envolve o cálculo das datas de início mais cedo e término mais tarde de todas as atividades do cronograma. A análise de rede utiliza técnicas analíticas como o método do caminho crítico (CPM - Critical Path Method) ou PERT (Program Evaluation and Review Technique) para o cálculo das datas, sem considerar a limitação de recursos. Ao final de desse processo de cálculo, é possível determinar a folga total e também as atividades críticas (HELDMAN, 2009).

Quadro 6 - CPM e PERT

CPM	PERT
Desenvolvido pela Dupont	Desenvolvido pela marinha norte-americana
Usa a duração mais provável para calcular a duração total do projeto	Usa a média ponderada da estimativa de três pontos para calcular a duração total do projeto $te = \frac{to + 4tm + tp}{6}$ <i>to: estimativa otimista</i> <i>tm: estimativa mais provável</i> <i>tp: estimativa pessimista</i>
Utilizado quando a estimativa de duração mais provável é precisa	Utilizado para prever a duração de atividades complexas com alto grau de incerteza

Fonte: Adaptado de Heldman (2009).

Algumas vezes os cronogramas precisam ser ajustados para cumprir datas de contrato ou diminuir o prazo agendado. O objetivo nesses casos é reduzir o cronograma sem mudar o escopo através das técnicas de compressão e paralelismo. A compressão objetiva obter o máximo de compressão do cronograma com mínimo de custo incremental. No paralelismo atividades que seriam feitas em sequência são feitas em paralelo, porém com o risco de retrabalho (PMBOK, 2008).

É possível utilizar durante o desenvolvimento do cronograma a análise de cenários “o que se”. Essa análise simula vários cenários como atrasos de entregas importantes, greves e variações climáticas com o objetivo de avaliar a viabilidade do cronograma em situações adversas e preparar planos de resposta e contingência utilizando, por exemplo, a simulação de Monte Carlo (PMBOK, 2008).

O nivelamento de recursos é outra análise de cronograma realizada durante o desenvolvimento. No nivelamento de recursos o cronograma é preparado com o método do caminho crítico tendo enfoque em recursos (adequar as atividades aos recursos e as limitações de datas impostas). É utilizado quando há recursos sobrecarregados ou ociosos e quando há limitação de recursos no tempo (principalmente os alocados nas tarefas do caminho crítico). O nivelamento de recursos pode causar mudanças no caminho crítico (MAXIMIANO, 2002; MENEZES, 2003).

Outro método que leva em conta os recursos limitados é o método da cadeia crítica. É uma técnica de análise de rede levando-se em conta o cronograma baseado em recursos limitados. O método da cadeia crítica adiciona atividades que não são trabalho, os chamados “buffers”, para gerenciar as incertezas na execução das atividades (PMBOK, 2008).

No desenvolvimento de cronograma, a utilização de um software de gerenciamento de projeto auxilia e automatiza o cálculo da análise matemática do caminho crítico de ida e de volta e do nivelamento de recursos e possibilita com isso, a avaliação de diversos cenários de forma rápida e prática (HELDMAN, 2009).

Ao final do desenvolvimento, obtém-se o cronograma do projeto. Ele contém pelos menos uma data de início e fim planejado para cada atividade. Pode ser apresentado no formato de tabela e também na forma gráfica de Gráfico de barras (Gantt). Após o aceite do cronograma, é definida a linha de base. A linha de base é o aceite e a aprovação do cronograma pela equipe de gerenciamento do projeto e

será a referência para as datas de início e término de todas as atividades do cronograma (PMBOK, 2008).

2.8.5.6 Controle do cronograma

Para o monitoramento e controle, o software de gerenciamento de projeto possibilita o acompanhamento das datas reais versus as planejadas. Uma vez alimentado com as datas reais das entregas, no caso de desvios, pode ajudar a prever os impactos das mudanças de cronograma no projeto (Menezes, 2003; PMBOK, 2008). Para o controle do cronograma podem se utilizar relatórios de progresso. Os relatórios de progresso incluem as datas de início e término reais e as durações restantes das atividades não terminadas do cronograma (papel ou meio eletrônico). Através dos dados desses relatórios podem se efetuar as medições de desempenho. Essas medições produzem a variação de prazos e o índice de desempenho e prazos utilizados para avaliar a extensão dos atrasos no cronograma de projeto. Um grande atraso em uma atividade não crítica pode não ter efeito no prazo total do projeto, enquanto que um pequeno atraso em uma atividade do caminho crítico pode requerer uma ação imediata.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 A Empresa

A empresa XYZ surgiu em 2000 para atuar no mercado nacional de engenharia e construção pesada no Território brasileiro. O setor de atuação da empresa é extremamente competitivo e exige grande capacidade de inovação tecnológica e constantes atualizações nos serviços contratados. A velocidade e agilidade em identificar as necessidades do cliente e transformá-las em uma infraestrutura consolidada e economicamente sustentável são fatores cruciais para o sucesso. Portanto, trata-se de um caso onde o gerenciamento do tempo nos projetos é fator determinante para o sucesso e crescimento da empresa.

3.2 Problemas

A empresa XYZ está passando por problemas de atrasos nos seus projetos, a situação de atrasos de entrega do projeto está se tornando frequência. A frequência com qual isso ocorre começou a prejudicar a reputação da empresa e a custar clientes para ela, pois não tinha nenhum plano de ação no requisito de não conformidade da obra e o cronograma do projeto era mau acompanhado.

O primeiro passo foi identificar as possíveis causas para os atrasos em questão. A empresa analisou 20 projetos com atrasos entregues num período de 12 meses e levantou a principal causa para cada um deles. Foi organizado pela empresa essas informações, conforme o Quadro 7:

Quadro 7 - Dias de atraso do projeto

Projeto	Dias de Atraso	Principais Causas
Projeto 1	15	acidente
Projeto 2	12	atraso do fornecedor
Projeto 3	30	atraso na aprovação
Projeto 4	12	não conformidade
Projeto 5	8	indisponibilidade da equipe
Projeto 6	7	incidente
Projeto 7	12	falta de serviço especializado
Projeto 8	10	atraso do fornecedor
Projeto 9	14	atraso na aprovação
Projeto 10	15	mudança de escopo
Projeto 11	20	atraso na aprovação
Projeto 12	8	falha técnica
Projeto 13	40	mudança de escopo
Projeto 14	7	indisponibilidade da equipe
Projeto 15	4	não conformidade
Projeto 16	12	atraso da aprovação
Projeto 17	8	atraso do fornecedor
Projeto 18	12	atraso do fornecedor
Projeto 19	28	atraso da aprovação
Projeto 20	8	falha da gestão

Fonte: (Autor, 2015).

Para os projetos com atrasos levantados, tem-se as seguintes causas, por ordem de frequência decrescente, conforme o Quadro 8:

Quadro 8 - Causas de atraso em projetos

Causas	Projetos Afetados
atraso na aprovação	5
atraso do fornecedor	4
Indisponibilidade da equipe	2
Mudança de Escopo	2
Não Conformidade	2
Acidente	1
Falha da Gestão	1
Falha Técnica	1
Falta de serviço especializado	1
Incidente	1

Fonte: (Autor, 2015).

Com as informações do Quadro 8, foi agrupado no Diagrama de Pareto para visualizar as informações. No eixo X (horizontal), temos as categorias que foram selecionadas, ou seja, as causas identificadas para atrasos nos projetos. No eixo Y

(vertical), temos a frequência de ocorrência de cada causa, ou seja, em quantos projetos da nossa amostra esse problema foi encontrado, conforme o Gráfico 1:

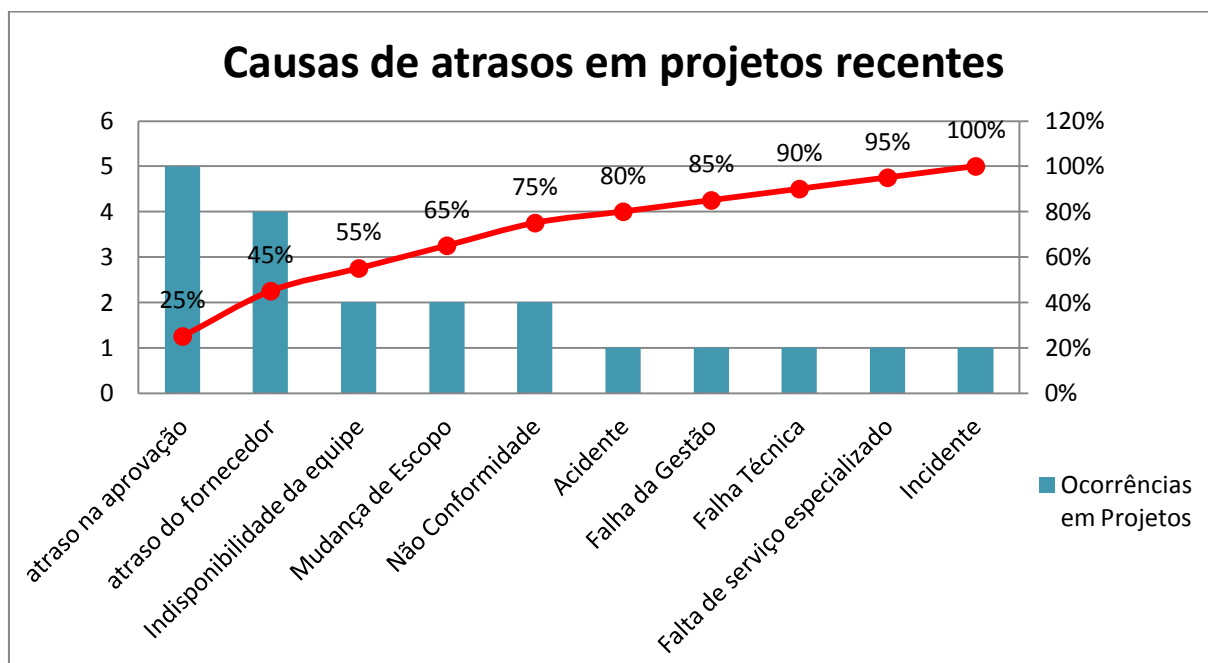


Gráfico 1 - Causas de atraso em projetos no Diagrama de Pareto

Fonte: (Autor, 2015).

Analisando o Diagrama de Pareto, mostrou os problemas que teve maior impacto, os itens “atraso na aprovação” e “atraso do fornecedor” juntos foram responsáveis por atraso em 9 dos 20 projetos analisados, um total de 45%.

Com todas essas informações levantadas pela empresa, tendo como premissa que as razões para o desvio foram devidamente identificadas. Trata-se, portanto, de uma intervenção em forma de ação corretiva, enquanto a causa não for eliminada por completo, o efeito persistirá.

A empresa XYZ foi contratada pelo seu cliente para construir uma ponte sobre um canal. A construção da mesma será localizada no estado do Rio de Janeiro.

Em nome do meio ambiente e da proteção dos manguezais existentes na região, foi determinado que não houvesse pilares de apoio nas águas do canal e tivesse uma altura mínima para navegação de pequeno porte.

Identificado os principais objetivos do projeto, as restrições e quais são os envolvidos e interessados, o gerente de projeto terá que desenvolver um cronograma simplificado e resumido para que ocorra a entrega da ponte no período

de oito meses, como foi acordado pela empresa e seu cliente, caso isso não ocorra, a empresa será punida através de multa.

3.3 Proposta de Solução e Melhoria

Identificadas as restrições e as reais necessidades da construção da ponte, tipos de serviços, tempo de ação e o processo de gestão a partir de então, através de uma ponte estaiada que é um tipo de ponte suspensa por cabos de protensão constituída de um ou mais mastros, de onde partem cabos de sustentação para os tabuleiros da ponte, com isso irá atender as especificações do meio ambiente e da proteção dos manguezais que não houvesse pilares de apoio nas águas do canal e tivesse uma altura mínima para navegação de pequeno porte.

Para a ponte ser entregue no prazo de oito meses como acordado com o cliente, a empresa irá implementar o ciclo PDCA no gerenciamento de tempo do projeto, estudando a melhor ação para eliminar e prever as causas que irão prejudicar a conclusão da obra no prazo estipulado.

3.4 Planejamento Inicial

Cleland (1999) diz que, “Quanto maior for o tempo gasto com planejamento em todas as fases do ciclo de vida do projeto, maiores as chances de sucesso do mesmo” assim foi elaborada a programação do cronograma do projeto que foi uma atividade que demandou tempo e esforço condizentes, com isso, o primeiro passo para otimização e redução da ocorrência de falhas no projeto é a definição do ciclo PDCA e apuração dos dados, para posterior análise e plano de ação.

3.5 Cronograma

A obra foi planejada para uma duração de oito meses, com início em Janeiro/2015 e término em agosto/2015, conforme o cronograma apresentado na Figura 10.

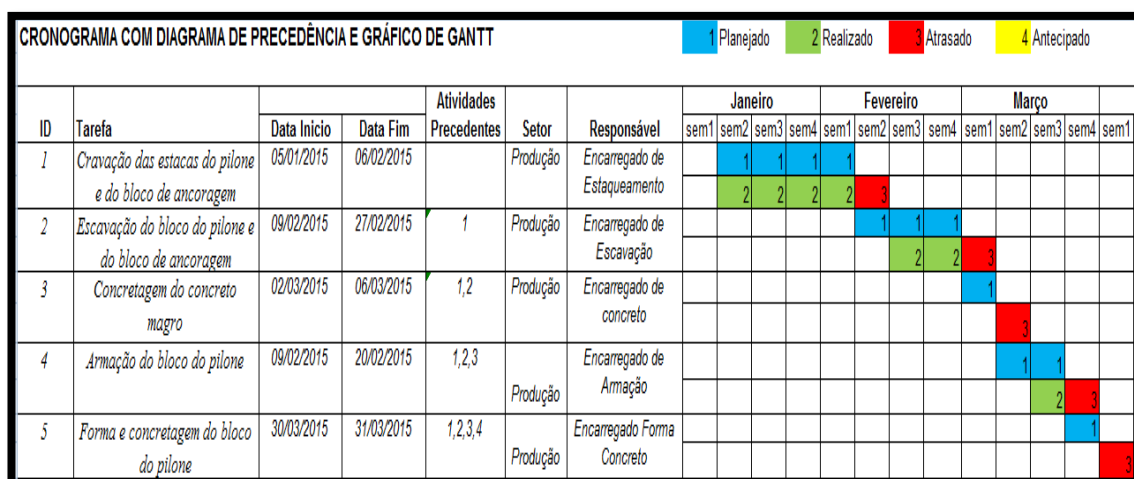


Figura 10 – Cronograma com diagrama de precedência e gráfico de Gantt

Fonte: (Autor, 2015)

No plano que a construção iria avançando no cronograma, foi implementado junto ao mesmo uma tabela dinâmica com as porcentagens do acumulado planejado, acumulado real e mensal.

O Quadro 9 mostra os dados coletados. Esses dados foram utilizados para análise na fase de verificação.

Quadro 9 - Acumulado real X Acumulado planejado X Mensal

	Acumulado real	Acumulado planejado	Mensal
JANEIRO	10%	10%	100%
FEVEREIRO	19%	23%	75%
MARÇO	23%	35%	25%
ABRIL	32%	48%	75%

Fonte: (Autor, 2015)

A obra desta ponte sofreu um atraso de cronograma na fase de fundações em decorrência dos seguintes problemas:

- Chuvas
- Instabilidade do solo e consequente processo de troca de solo não previsto
- Atraso na mobilização da perfuratriz para execução das estacas
- Falhas no abastecimento da usina de concreto.

3.6 Análise de dados

Após a apuração de dados e análise no cronograma com a tabela dinâmica, temos as seguintes informações:

No mês de Janeiro o cronograma com a tabela dinâmica mostrou um total de 100% realizado do planejado.

No mês de Fevereiro o cronograma com a tabela dinâmica mostrou 75% realizado do planejado, devido ao atraso da tarefa 1, que impactou 25%.

No mês de Março o cronograma com a tabela dinâmica mostrou somente 25% realizado do planejado.

A análise das informações de realizado com o planejado direciona o mês mais crítico onde se deve atuar imediatamente.

3.7 Plano de Ação

Com base na análise de dados, verificou-se que se deve atuar imediatamente no mês seguinte, que seria o mês de Abril, pois o projeto estava completamente comprometido.

Nesse momento foi analisado junto com a área de custo do projeto, que seria mais viável contratar mais uma equipe do que ser punido através de multa e ter a insatisfação do cliente.

Assim foi contratado mais uma equipe composta por nove integrantes experientes, por um período determinado de três meses.

É proposta uma análise mensal dos históricos realizado com o planejado, utilizada para direcionar as ações e assim mantendo a melhoria continua do processo PDCA.

3.8 Qualificação da mão de obra

Neste estudo é proposta uma matriz de flexibilidade, a equipe contratada foi dividida em três grupos, as mesmas devem estar aptas a realizar todo tipo de atividades.

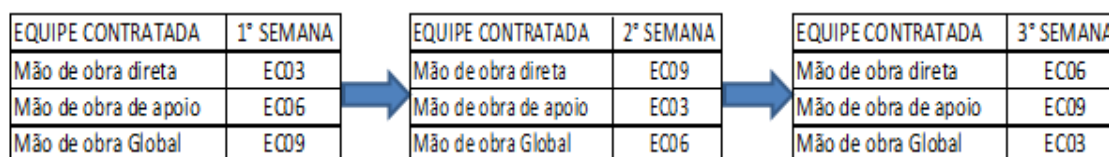


Figura 11 - Ciclo de execução de ordens de serviço

Fonte: (Autor, 2015)

A metodologia proposta garante que a cada três semanas todas as equipes contratadas tenham realizado todos os tipos de atividades e todos estejam aptos a executar qualquer tipo de serviço.

Após três meses todas as equipes realizaram ao menos quatro vezes cada tipo de serviço.

Após a implantação da nova metodologia e fluxo de trabalho guiado por indicadores, o processo de execução de ordem de serviço é mapeado da seguinte forma:

O novo fluxo teria apenas uma pequena e importantíssima mudança: Conhecer realmente o problema e quem os execute com excelência atingindo assim os objetivos traçados.

3.9 Resultados Obtidos

Após o período de três meses obtive as seguintes informações:

Quadro 10 - Acumulado real X Acumulado planejado X Mensal após três meses

	Acumulado real	Acumulado planejado	Mensal	
JANEIRO	10%	10%	100%	
FEVEREIRO	19%	23%	75%	
MARÇO	23%	35%	25%	
ABRIL	32%	48%	75%	Novos Contratados Atualdo
MAIO	52%	61%	150%	
JUNHO	71%	74%	150%	
JULHO	90%	87%	150%	
AGOSTO	100%	100%	125%	

Fonte: (Autor, 2015)

No Gráfico 2 mostra que nos três meses em que os novos contratados atuaram, teve-se a retomada do planejado.

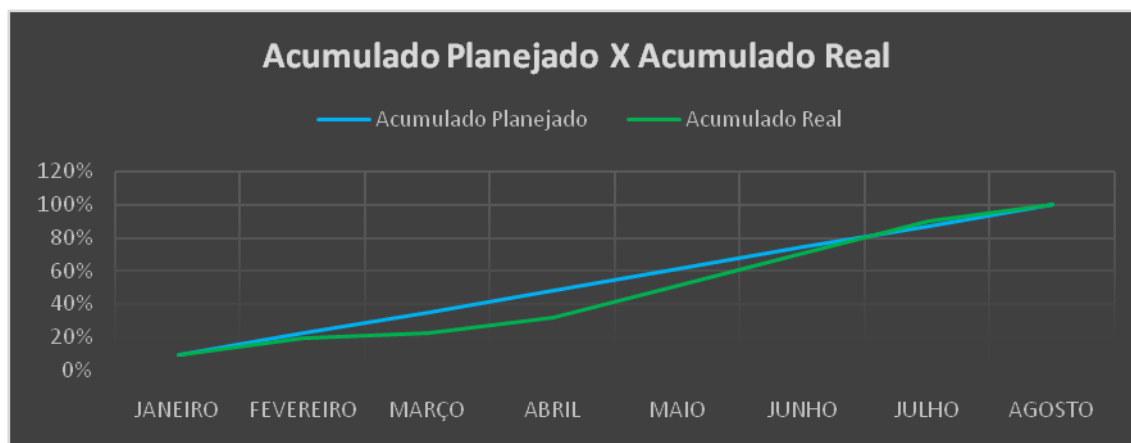


Gráfico 2 – Acumulado Planejado X Acumulado Real

Fonte: (Autor, 2015)

Com toda a gestão envolvida no tempo do projeto, acarretou o começo da tarefa 11, ou seja, a última tarefa sendo realizada na 3ª semana ao invés da 4ª semana como havia sido planejado e proposto, isso trouxe a empresa uma redução de custo já que 50% da equipe foi reduzida pelo ganho de tempo na produção, ressaltando a satisfação do cliente pelo contrato ter sido entregue no tempo estabelecido.

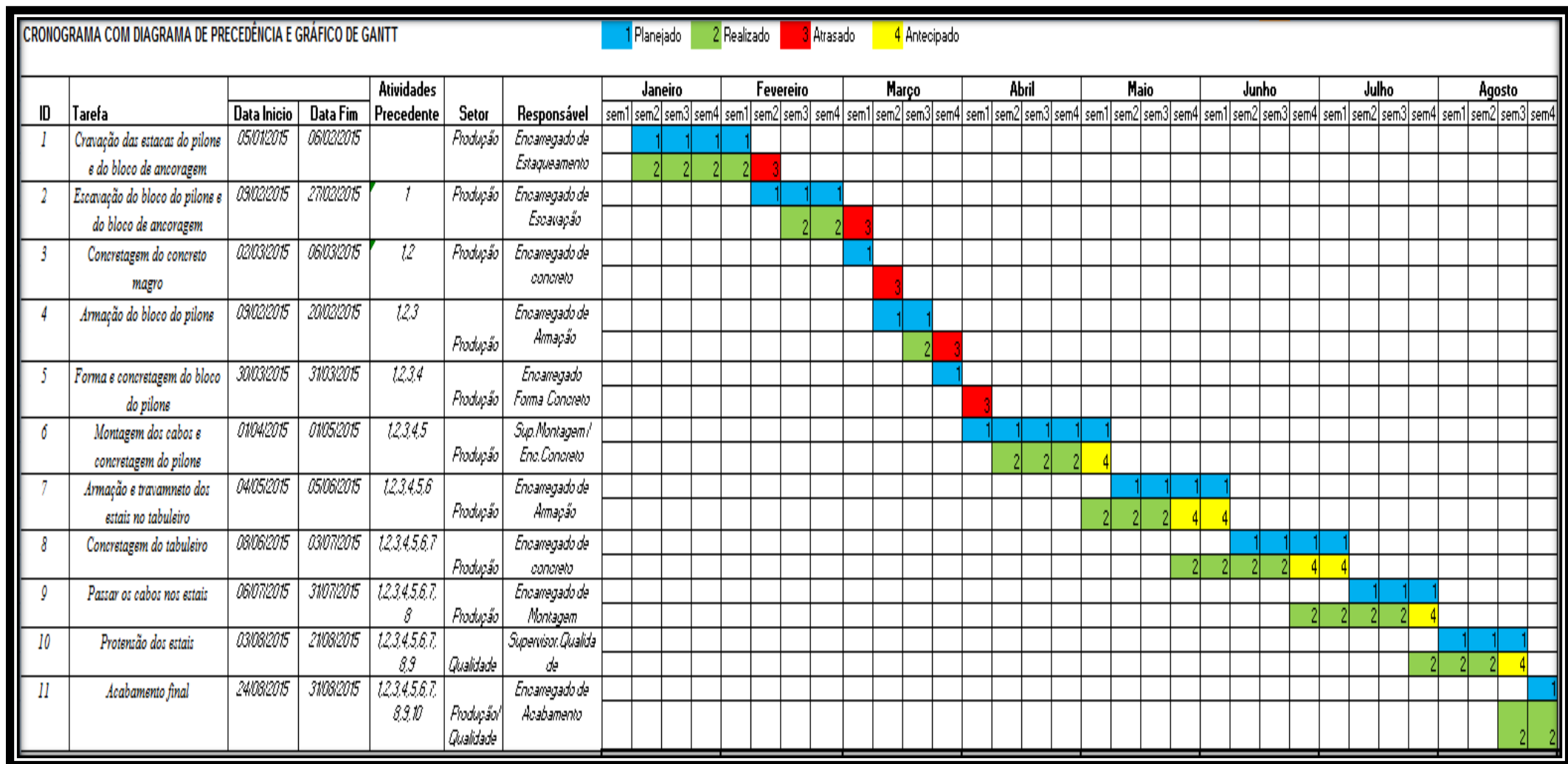


Figura 12 – Cronograma Final

Fonte: Autor (2015)



Figura 13 – Imagem Meramente Ilustrativa da Finalização da Ponte

Fonte: Milazzo, 2015

3.10 Conclusão

Com o novo modelo de gestão do tempo de projeto, foram observados os seguintes pontos de melhoria:

- a) Redução de entregas de projetos atrasadas
- b) Mão de obra qualificada
- c) Aumento da Disponibilidade e Confiabilidade dos ativos
- d) Melhoria Continua no Projeto

A aplicação das técnicas de gerenciamento de projetos e o ciclo PDCA colaboraram para a melhoria no planejamento e acompanhamento dos projetos nas organizações. Os recursos são cada vez mais limitados e dessa forma, o gerente de

projetos deve trabalhar para otimizá-los. Nessa direção, essa pesquisa teve o objetivo de avaliar a forma de gerenciar o tempo nos projetos de uma empresa de engenharia de pontes de forma a contribuir com sugestões de melhorias.

Com o objetivo de identificar os pontos de melhorias, buscou-se confrontar as ferramentas de gerenciamento do tempo levantadas no referencial teórico com as ferramentas atualmente em uso na empresa pesquisada. O resultado mostrou que o planejamento traz forte influência da experiência da equipe o que é positivo no sentido de evitar falhas sobre o que precisa ser feito. No entanto, as ferramentas em uso para alocação e o controle dos recursos humanos mostraram-se ineficientes.

A alocação dos recursos humanos por número de projetos e categorias na forma de estrutura funcional clássica gerou “ilhas” dentro do time e tornou inflexível o compartilhamento de mão de obra.

Outro aspecto relevante também detectado foi a falta de controle sobre as horas de suporte prestadas a outros departamentos que consomem tempo precioso que não pode ser recuperado. Segundo Kerzner (2003), o gerenciamento disciplinado do tempo é uma das chaves para um gerenciamento de projeto efetivo. Esse mesmo autor enumera vários “timerobbers” em sua obra, tradução nossa – “ladrões de tempo”, que se não forem bem gerenciados podem consumir tempo que depois não será levado em consideração nas avaliações de desempenho. Foi evidenciada grande ocorrência desse fenômeno e cabe ampla reflexão para time de projeto da empresa pesquisada sobre como lidar com os “ladrões de tempo”.

É importante ressaltar que o gerenciamento efetivo de projeto é muito mais amplo do que ter o mais avançado e eficiente método de controlar o tempo. Não há dúvida de que se o projeto partir de um planejamento bem elaborado, com recursos bem definidos e controlados, aumenta sobremaneira as suas chances de sucesso. Mas mesmo que se alcance a vanguarda em gerenciamento do tempo, o mais importante ao se detectar um desvio de cronograma é definir qual ação será tomada para trazer o projeto aos prazos necessários e a identificação da causa raiz do atraso. Muitas vezes o atraso de cronograma é somente reflexo de outros problemas como: falhas em gerenciar o escopo, falhas em identificar e minimizar o impacto de riscos, falhas no treinamento dos recursos humanos e falhas do gerenciamento de custos, entre outras.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118:2003 / Emd.1?2007 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

BELGO – Especificações de Fios e Cordoalhas para Concreto Protendido. Disponível em http://www.belgo.com.br/produtos/construção_civil/fios_cordoalhas/pdf/fios_cordoalhas.pdf Acesso em 08/06/2015.

Cleland, David; Ireland, Lewis. Gerência de Projetos, Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2002.

Heldman, K. (2009). Gerência de Projetos: Guia para o exame do PMI. Rio de Janeiro: Elsevier

Keeling, R. (2005). Gestão de Projetos: uma abordagem global. São Paulo: Saraiva.

LEONHARDT, F. Construção de concreto: vol. 5: concreto protendido. Tradução João Luís Escosteguy Merino. Rio de Janeiro: interferência, 1983, 316p.

LEONHARDT, F. Construção de concreto: vol. 6: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Tradução João Luís Escosteguy Merino. Rio de Janeiro: interferência, 1979, 241p.

Maximiano, A. C. A. (2002). Administração de Projetos. São Paulo: Atlas.

Menezes, L.C. M. (2003). *Gestão de Projetos*. São Paulo: Atlas.

Menezes, L.C. M. (2009). *Gestão de Projetos*. São Paulo: Atlas.

NEVES, T. F. Importância da utilização do Ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística. Tese (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2007.

PFEIL, W. concreto protendido 1: Introdução. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1988, 2ª ed. Ver., 204 p.

PMBOK. (2008). Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. [Manual]. Global Standard. Campus Boulevard: Newtown Square.

RUDLOFF – catálogo Concreto Protendido. São Paulo, 2008.

Vargas, R. V. (2005). Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos. Rio de Janeiro: Brasport.

VASCONCELOS, A. C. O concreto no Brasil: recordes, realizações, história. São Paulo: 1985, 254 p.

VERÍSSIMO e CÉSAR JR., G. S. e CÉSAR JR., K. M. L. Concreto protendido: Fundamentos Básicos. 4ª ed., 1988, 78 f. Publicação – Coentro de Ciências Extras e Tecnológicas – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.