

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRENDA HORNA VARGAS

**APLICABILIDADE DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS  
INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO PARA A OBRA INDUSTRIAL**

MONOGRAFIA DE DISCIPLINA

Porto Alegre

2009

BRENDA HONA VARGAS

**APLICABILIDADE DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS  
INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO PARA A OBRA INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à conclusão do Curso  
de Engenharia Civil.

Professor: Eng. Civil Renato da Silva Solano, Me.

Porto Alegre

2009

BRENDA HORNA VARGAS

**APLICABILIDADE DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS  
INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO PARA A OBRA INDUSTRIAL**

Esta monografia foi julgada e aprovada pela banca para obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso.

Porto Alegre, 7 de julho de 2009.

Prof<sup>a</sup>. Maria Regina Costa Leggerini, Me.  
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Renato da Silva Solano, Me. – Orientador

---

Prof. Sergio Briaio Jardim, Dr. – PUCRS

---

Prof. Almir Schaffer, Me. – PUCRS

---

Este trabalho é dedicado aos meus pais, minhas irmãs, meu namorado e amigos pelo apoio, compreensão e dedicação durante esta etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Jorge e Liliana, as minhas irmãs Deborah e Pamela e a minha família que mesmo longe estão sempre ao meu lado.

Ao meu namorado e aos meus amigos, que quando precisei sempre estiveram presentes.

Aos meus colegas, pela amizade, solidariedade e apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas de serviço, que sempre foram compreensivos e tolerantes com as minhas responsabilidades da faculdade.

A todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Mestre Renato da Silva Solano, por suas orientações, sugestões na elaboração deste trabalho.

“Há homens que lutam um dia e são bons, há outros que lutam um ano e são melhores, há os que lutam muitos anos e são muito bons, porém há os que lutam toda a vida, esses são os imprescindíveis.”

**Bertolt Brecht**

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a avaliação da aplicabilidade do Método da Linha de Balanço na construção civil de uma obra Industrial. O método utilizado foi o estudo de caso onde foi realizado um comparativo da ferramenta *MS-Project*, utilizada anteriormente na execução do projeto, de encontro com o Método da Linha de Balanço. A conclusão deste trabalho é a viabilidade de aplicar este método selecionando atividades e definindo unidades de repetição similares, não necessariamente sendo aplicado em todo o escopo. A grande capacidade de visualização e a simplicidade do método permite a otimização na divisão de trabalho de equipes resultando em uma diminuição no prazo e custo de execução do projeto.

**Palavras-chave:** Método da Linha de Balanço. Planejamento de obras industriais. Gestão de projetos. Construção Civil. Controle de produção.

<sup>1</sup> **PMBOK** metodologia de gerência de projetos baseada no PMI.

<sup>2</sup> **PMI** certificado de gerenciador de projetos.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la aplicabilidad del método de línea de equilibrio en la construcción de obras industriales. El método utilizado fue el estudio de caso donde se realizó un comparativo de herramientas para *MS-Project*, utilizada anteriormente para la ejecución del proyecto, junto con el Método de la Línea de Equilibrio. La conclusión de este trabajo es la viabilidad de la aplicación de este método seleccionando actividades y definiendo las unidades de repetición parecidas, no necesariamente siendo aplicadas en todo el ámbito del escopo. La alta capacidad de visualización y la simplicidad del método permite optimizar la división del trabajo de equipos que da lugar a una disminución en el tiempo y el costo de ejecución del proyecto.

**Palabra-clave:** Método de la Línea de Equilibrio. Planeamiento de obras industriales. Gestión de Proyectos. Construcción Civil. Control de producción.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de processos, visão geral do gerenciamento de integração do projeto. ....	20
Figura 2 - Fluxograma de processos, visão geral do gerenciamento de tempo do projeto. ....	20
Figura 3 – Atividades básicas de um projeto.....	24
Figura 4 – Ciclo de retro alimentação do projeto.....	25
Figura 5 – Gráfico de Linhas de Balanço. ....	32
Figura 6 – Choque com a célula precedente, interrupção do fluxo. ....	35
Figura 7 – Fluxo contínuo, Células com ritmos diferentes.....	36
Figura 8 – Fluxo contínuo, Células com reaproveitamento de mão de obra ou ligação fim-início.....	36
Figura 9 – Fluxo contínuo, Células com sentidos alternados. ....	37
Quadro 1 - Estrutura organizacional na obra.....	43
Figura 10 – Vista de Satélite da Obra completa.....	44
Figura 11 – Canteiro avançado da obra em estudo. ....	44
Figura 12 – Exemplo da forma e armadura das bases em estudo.....	45
Figura 13 – Montagem de <i>Pipe-Rack</i> .....	46
Figura 14 – Instalação de placas pré-moldadas nas travessias.....	46
Figura 15 - Vista de Satélite da parte da Obra em estudo. ....	49
Figura 16 – Vista lateral da Base 01. ....	50
Figura 17 – Vista superior da Base 01. ....	50
Figura 18 – Vista lateral da Base 02 a 14. ....	51
Figura 19 – Vista Superior da Base 02 a 14.....	51
Figura 20 - Diagrama de Precedência - Seqüência de Execução da Unidade-base. ....	53
Figura 21 – Plano de ataque do projeto ..... ..	53
Quadro 2 - Definição das atividades para a construção de uma base. ....	57
Figura 22 – Linha de Balanço 01, Estudo dos Fluxos de Trabalho do Projeto.....	57
Figura 23 – Linha de Balanço 02, Estudo dos Fluxos de Trabalho de Projeto.....	58
Figura 24 – Comparativo da Alocação das Equipes.....	59
Quadro 3 - Quantitativos de serviços e mão-de-obra.....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	12
1.2	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO.....	12
1.3	PROBLEMA DA PESQUISA.....	13
1.4	OBJETIVOS.....	13
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo Principal</b> .....	<b>13</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Secundários</b> .....	<b>13</b>
1.5	HIPÓTESES .....	13
<b>1.5.1</b>	<b>Hipótese Principal</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Hipóteses Secundárias</b> .....	<b>14</b>
1.6	DELIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	14
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1	GERENCIAMENTO DE PROJETOS .....	16
2.2	PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) .....	16
2.3	GUIA PMBOK .....	17
<b>2.3.1</b>	<b>Gerenciamento de integração do projeto</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Gerenciamento de tempo do projeto</b> .....	<b>20</b>
2.4	ANALISE DE PROJETOS .....	21
2.5	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS.....	22
<b>2.5.1</b>	<b>Planejamento do projeto</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Controle do Projeto</b> .....	<b>25</b>
2.6	REDES DE PLANEJAMENTO.....	26
<b>2.6.1</b>	<b>Método PERT/CPM</b> .....	<b>26</b>
2.7	MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO.....	28
<b>2.7.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>28</b>
<b>2.7.2</b>	<b>A Influencia do Taylorismo</b> .....	<b>29</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Conceito da Linha de Balanço</b> .....	<b>31</b>
<u>2.7.3.1</u>	<u>Conceito de balanceamento</u> .....	<u>33</u>
<b>2.7.4</b>	<b>Implantação da Linha de Balanço</b> .....	<b>34</b>
<b>2.7.5</b>	<b>Montagem da Linha de Balanço</b> .....	<b>34</b>

<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>38</b>
3.1	Descrição da Empresa.....	38
3.2	Caracterização do objeto de estudo .....	42
<b>3.2.1</b>	<b>Considerações iniciais .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Re-locação de dutos.....</b>	<b>43</b>
3.3	Escopo do Projeto.....	44
3.4	Aplicação do Método da Linha de Balanço na execução do Projeto .....	49
<b>3.4.1</b>	<b>Definição da unidade de repetição.....</b>	<b>49</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Definição das atividades .....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Construção da rede de atividades.....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Duração dos serviços e dimensionamento das equipes .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Montagem das Linhas de Balanço .....</b>	<b>56</b>
3.5	APRESENTAÇÃO DO PLANEJAMENTO NO MS-PROJECT.....	56
3.6	COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE PLANEJAMENTO .....	60
3.7	RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO .....	61
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>62</b>
4.1	CONCLUSÕES.....	62
4.2	RECOMENDAÇÕES .....	62
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>64</b>
	<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o gradativo crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, a necessidade de moradia e trabalho para essa população implicou em grandes demandas para construção civil.

Devido a estas demandas existe uma quantidade muito grande de empresas dedicadas ao ramo da construção, e cada dia aumenta mais a competitividade entre elas o que leva ao desenvolvimento de novos sistemas de gestão para a otimização dos seus resultados.

Santiago Junior (2002) destaca que o diferencial das empresas passa, necessariamente, pela melhoria dos sistemas de gestão da engenharia, de tecnologia e de projetos, que fazem parte da inteligência das mesmas, onde o êxito dos seus novos sistemas as torna mais competitivas e rentáveis no mercado. Ele ainda destaca que o setor da construção civil é o mais atrasado em termos de gestão empresarial com a relação aos outros seguimentos produtivos.

Conforme Limmer (1997) numa época em que se fala em qualidade é, por via de consequência, em produtividade, é preciso que o gerenciamento de um projeto seja feito como um todo, concatenando-se recursos humanos, materiais, equipamentos e também políticos, de forma a obter-se o produto desejado-a obra construída-dentro dos parâmetros de prazo, custo, qualidade e risco previamente estabelecidos. Para tanto, é preciso planejar e controlar o projeto, visto que planejar e controlar são atividades mutuamente exclusivas: Não existe uma sem a outra.

Os empreendimentos de grande porte denominados projetos complexos, implicam em um eficaz sistema de planejamento, estes projetos de modo geral são industriais e devem ser executados obedecendo um cronograma e a sua seqüência de atividades. Esta seqüência não é absoluta, isto é, não necessariamente se aguarda o fim de uma etapa para iniciar a seguinte, mas sim que ao atingir certo grau de desenvolvimento de uma etapa, dela se extraem requisitos para iniciar a seguinte, ganhando-se com isso no prazo total de execução do empreendimento.

É neste panorama que entra a aplicação do Método da Linha de Balanço que proporciona uma visão ampla em acompanhamento dos prazos, seqüências e quantidades de serviços.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Método da Linha de Balanço é um método que traz vantagens por ser uma técnica simples. Uma de suas vantagens é o formato gráfico que permite uma fácil visualização da produção e da duração da atividade, bem como a sua interferência com as atividades subseqüentes. A otimização das equipes dentro das condições e prazos necessários proporciona uma redução de custos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Nocêra (2005) afirma que a competitividade no setor de construção civil exige das empresas investimento em metodologia eficiente de planejamento e controle de obras, que permita domínio pleno do projeto. O controle dos processos favorece as tomadas de decisões pontuais, racionalização dos custos, aumento da produtividade e melhoria da qualidade, com base no conhecimento amplo das tarefas, recursos e prazos.

A maioria dos profissionais de construção civil tem em sua formação maior ênfase em assuntos técnicos do que gerenciais, ocasionando uma lacuna na habilidade de administrar projetos. Capacitar os profissionais com ferramentas de gestão de obras, possibilitará às construtoras atingir melhores níveis de eficiência.

De acordo com Ichihara (1997), a Linha de Balanço é a técnica mais adequada à programação de projetos repetitivos da Construção Civil. No entanto, sua utilização requer cuidados com algumas influências tayloristas<sup>1</sup>, que podem vir a causar problemas com a mão de obra; é necessário um bom desempenho da gerencia e do controle para evitar excessos relativos ao cumprimento das metas de produtividade e ritmo.

---

<sup>1</sup> TAYLOR, Frederick Winslow. É considerado o Pai da Administração Científica por propor a utilização de métodos científicos cartesianos na administração de empresas. Seu foco era a eficiência e eficácia operacional na administração industrial. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Taylor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Frederick_Taylor)>. Acesso em: 04 abr. 2009.

### 1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

Diante da justificativa apresentada, o problema da pesquisa deste trabalho de conclusão de curso é representado pela seguinte questão: *O Método da Linha de Balanço pode ser aplicado em obras industriais?*

### 1.4 OBJETIVOS

A partir do problema nesta pesquisa, propõem-se o objetivo principal e objetivos secundários deste estudo.

#### 1.4.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é verificar se o Método da Linha de Balanço é aplicável em obras industriais.

#### 1.4.2 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários deste trabalho apresentam-se:

- a) Identificar os conceitos teóricos do Método da Linha de Balanço;
- b) Identificar a unidade de repetição para aplicação do Método da Linha de Balanço para obras industriais;
- c) Verificar vantagens e desvantagens do Método de Linha de Balanço comparativamente ao planejamento da obra deste estudo de caso onde foi utilizado o *MS-Project*.

### 1.5 HIPÓTESES

A partir dos objetivos propostos, apresentam-se a hipótese principal e as hipóteses secundárias deste estudo.

### 1.5.1 Hipótese Principal

As aplicações do conceito do Método da Linha de Balanço podem ser viáveis em obras industriais desde que se encontre uma unidade de repetição que justifique sua utilização.

### 1.5.2 Hipóteses Secundárias

Para orientar o desenvolvimento deste trabalho foram estabelecidas as seguintes hipóteses secundárias de trabalho e que estão vinculadas a cada um dos objetivos secundários:

- a) Existem poucas referências bibliográficas dos conceitos teóricos da Linha de Balanço com foco na área industrial porque o método foi criado para obras repetitivas;
- b) As atividades das unidades de repetição são diferentes umas das outras sendo este o motivo de sua pouca utilização neste segmento da construção civil;
- c) O Método da Linha de Balanço facilita o gerenciamento da obra pela forma visual como é apresentado provocando fácil interpretação do planejamento da obra.

## 1.6 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

São delimitações deste trabalho de conclusão de curso:

- a) A aplicação do Método da Linha de Balanço será feito em uma obra industrial;
- b) O referencial teórico será obtido na Biblioteca da PUCRS, no Infohab, em teses de mestrado e na internet;
- c) A produtividade dos operários e equipes é considerada uma produtividade média.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído em 4 capítulos.

Neste capítulo 1 apresenta-se a introdução, contextualização, justificativa do estudo, o problema da pesquisa, os objetivos, as hipóteses, as delimitações de estudo e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, será apresentada a revisão do referencial teórico pesquisado sobre o Método da Linha de Balanço, descrevendo o conceito, procedimento, ferramentas e resultados.

Será exposta, no capítulo 3, a aplicação do Método da Linha de Balanço através de um estudo de caso em uma Obra Industrial, são abordados, também, os resultados obtidos do estudo de caso, criando um comparativo entre o planejamento da obra onde foi utilizada a ferramenta *MS-Project* e realizado com o Método da Linha de Balanço.

Por fim, no capítulo 4 apresentam-se as conclusões e recomendações obtidas na realização deste estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Segundo Prado (2000) no capítulo 1, a palavra projeto lembra construção de uma barragem hidroelétrica, o lançamento de uma nave espacial ou desenvolvimento de um *software*. Todos complexos e de longa duração. Este pensamento é totalmente obsoleto, pois de acordo com o PMI, é um esforço temporário para produzir um produto/serviço único. Por tanto tem principio, meio e fim.

A quantidade de projetos realizados em empresas e nas suas instalações tornou-se uma constante. Selecionar novos talentos para a empresa é um projeto. Substituir ou reformar um equipamento também é um projeto, assim como efetuar a padronização das operações rotineiras de uma nova seção da empresa. Eles se repetem, mas cada vez que são executados, temos um produto algo diferente do que foi produzido na vez anterior.

São centenas de pequenos projetos ocorrendo simultaneamente com as operações rotineiras da maioria das organizações, e elas estão empregando técnicas e métodos de gerenciamento de projeto com estrondoso sucesso.

Estes processos, por tanto, tem um pouco de projetos e um pouco de operações rotineiras. Por tanto gerenciamento de projetos consiste em gerenciar diversos subprojetos simultaneamente.

### 2.2 PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI)

Estabelecido em 1969 e situado nos arredores da Filadélfia, Pensilvânia, Estados Unidos, o *Project Management Institute* (PMI) – Instituto de Gerenciamento de Projeto, foi fundado por cinco voluntários. A comunidade americana da Pensilvânia emitiu artigos de empresas para PMI que resultaram na concretização oficial da organização. Durante aquele mesmo ano, o primeiro Simpósio e Seminário PMI foi realizado em Atlanta, Geórgia, Estados Unidos, obtendo uma audiência de 83 pessoas

O PMI oferece dois níveis de certificação.

- a) Certificado de Associado em Gerência de Projeto – *Certified Associate in Project Management (CAPM)* – demonstrou uma base comum do conhecimento e dos termos no campo da gerência de projeto. Ele requer 1500 horas do trabalho em uma equipe de projeto ou 23 horas/aula em gerência de projeto;
- b) Profissional da Gerência de Projeto – *Project Management Professional (PMP)* – contém curso de especialização e experiência, concordando em aderir a um código da conduta profissional, e aprovação para avaliar e medir objetivamente o conhecimento da gerência de projeto. Além disso, um certificado PMP deve estar sempre atualizado com o risco de perda da certificação.

Até 2005, o PMI tinha mais de 110.000 membros e mais de 50.000 profissionais da gerência de projeto (PMP) em 125 países.

### 2.3 GUIA PMBOK

O Livro “*Guide to the Project Management Body of Knowledge*” ou “Guia para o Universo do Conhecimento de Gerenciamento de Projetos” é um marco na história do gerenciamento de projetos. Mais conhecido como “*PMBOK Guide*”, ele é de autoria do *Standards Committee ou Comitê de Padronização do Project Management Institute* – PMI e procura contemplar os principais aspectos que podem ser abordados no gerenciamento de um projeto genérico. Não se trata de uma metodologia de gerenciamento de projetos e, sim, de uma padronização, identificando e nomeando processos, áreas de conhecimento, técnicas, regras e métodos. Ele foi reconhecido, em 1999, como um padrão de gerenciamento de projetos pelo ANSI – *American National Standards Institute*.

O PMBOK pressupõe que durante o ciclo de vida, tem-se o envolvimento com o gerenciamento do produto, bem ou serviço que está sendo desenvolvido.

Segundo sua ótica o gerenciamento do trabalho acontece da seguinte maneira:

- a) A divisão do trabalho ocorre em etapas (ciclo de vida);
- b) Em cada etapa ocorrem processos;

- c) Em cada processo são executadas ações gerenciais que podem abranger até nove áreas de conhecimento.

Os itens a seguir, mostram os principais conceitos citados no PMBOK (1999), onde maiores informações podem ser encontradas.

### **2.3.1 Gerenciamento de integração do projeto**

De acordo com o PMI (2004) capítulo quatro, o gerenciamento de integração de projeto são processos e atividades necessárias para definir, coordenar, unificar e identificar atividades e processos no contexto do gerenciamento de projetos.

A integração inclui características de unificação, articulação, consolidação e a ações integradoras necessárias para o termino do projeto.

É na integração também onde são feitas escolhas de onde concentrar recursos e esforços, antecipando possíveis problemas de maneira preventiva para não se tornarem críticos.

Na pratica as interfaces se sobre põem e se interagem de maneira que não podem ser detalhadas no guia PMBOK.

Um exemplo pratico no qual podemos definir uma integração de projeto é quando uma estimativa de custos necessária para um plano de contingência envolve a integração dos processos de planejamento descritos e detalhados nos processos de gerenciamento de custos do projeto, gerenciamento de tempo do projeto e de gerenciamento de riscos do projetos.

Identificando os riscos adicionais associado a diversas alternativas de pessoal, fica fundamental reexaminar um ou mais desses processos. As entregas dos projetos também precisam ser integradas às operações em andamento da organização executora ou da organização do cliente ou ao planejamento estratégico de longo prazo, que compreende em futuros problemas e oportunidades.

Para melhor entender a natureza integradora dos projetos, se exemplifica algumas atividades realizadas pela equipe de gerenciamento que podem ser:

- a) Análise e compreensão de escopo, onde inclui critérios e premissas além de restrições e requisitos do produto e do projeto, inclui também influencias relacionadas a um projeto, definindo como cada um deles será abordado;

- b) Documentação dos critérios específicos dos requisitos do produto;
- c) Compreensão de como transformar as informações identificadas em um plano de gerenciamento, usando o grupo de processos de planejamento;
- d) Realizar a estrutura analítica de projeto;
- e) Agir adequadamente de maneira que o projeto seja realizado de acordo com o plano de gerenciamento do projeto, com conjunto planejado de processos integrados e com escopo planejado;
- f) Medir e monitorar o andamento, os processos e o produto do projeto;
- g) Analisar os riscos do projeto.

Ainda de acordo com o PMI (2004) o processo de gerenciamento integrador inclui:

- a) Desenvolver o termo de abertura do projeto, no qual autoriza formalmente um projeto ou uma fase do projeto;
- b) Desenvolver a declaração do escopo preliminar do projeto, onde fornece uma descrição de alto nível do escopo;
- c) Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto, que consiste na documentação das ações necessária para definir, preparar, integrar e coordenar todos os planos auxiliares em um plano de gerenciamento do projeto;
- d) Orientar e gerenciar a execução do projeto, que realiza execução do trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto para atingir os requisitos de projeto definido na declaração do escopo do projeto;
- e) Monitorar e controlar o trabalho do projeto usado para iniciar, planejar, executar e encerrar um projeto para tender os objetivos de desempenho definidos no plano de gerenciamento do projeto;
- f) Controle integrado de mudanças, utilizado para rever todas as solicitações de mudança, aprovação e controle de mudanças nas entregas e nos ativos de processos organizacionais;
- g) Encerrar o projeto que finaliza todas as atividades em todos os grupos de gerenciamento de projetos para encerrar formalmente o projeto.

Para obtermos uma visão geral dos principais processos integradores do gerenciamento de projetos a figura 01 apresenta um fluxograma dos processos, suas entradas e saídas.

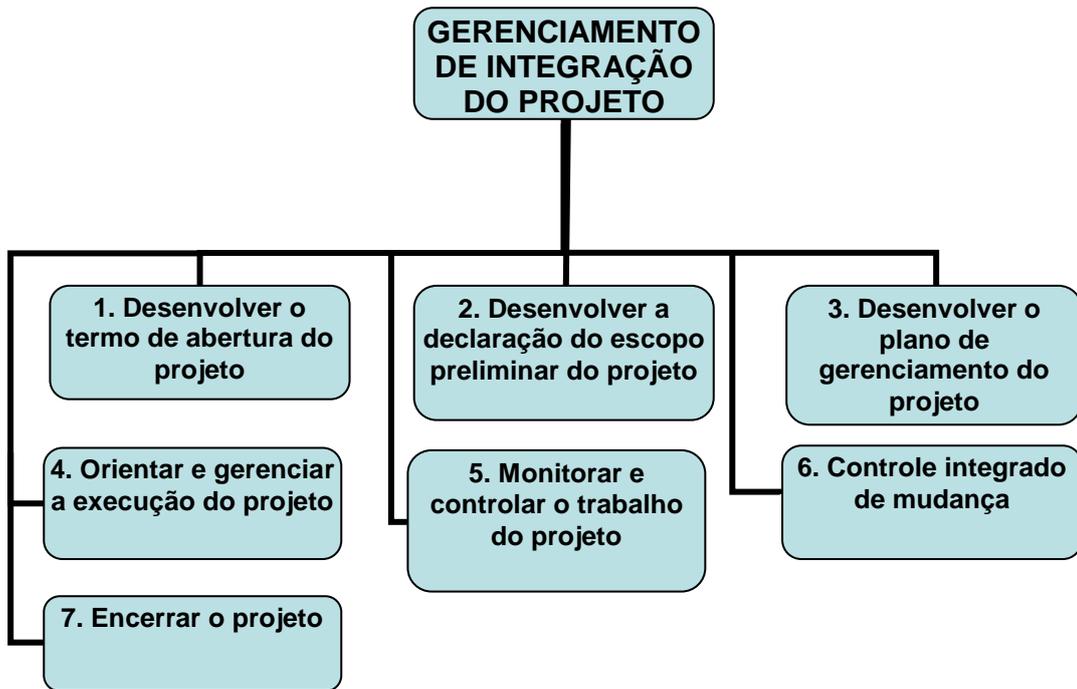


Figura 1 - Fluxograma de processos, visão geral do gerenciamento de integração do projeto.<sup>2</sup>

### 2.3.2 Gerenciamento de tempo do projeto

De acordo com o PMI (2004) capítulo seis, o gerenciamento do tempo do projeto faz parte de uma etapa do gerenciamento de projetos onde inclui processos necessários para realizar o término do projeto no prazo. Os processos de gerenciamento de tempo do projeto esta no diagrama abaixo:

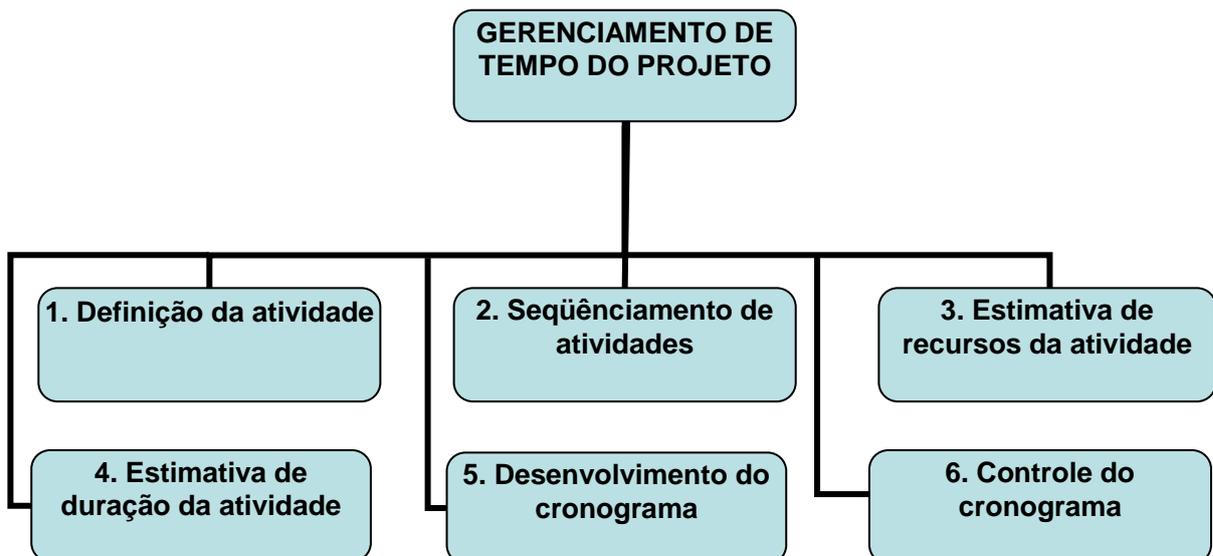


Figura 2 - Fluxograma de processos, visão geral do gerenciamento de tempo do projeto.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Fonte: Adaptado do PMI (2004, p. 79).

<sup>3</sup> Fonte: Adaptado do PMI (2004, p. 125).

Existem determinados projetos, especialmente nos de menor escopo, que os seqüenciamentos de atividades e estimativas de recursos, assim como a duração das atividades são considerados um único processo, onde pode ser realizado somente por uma pessoa em um período de tempo relativamente curto. Podemos definir estes processos como processos distintos, pois suas ferramentas técnicas para cada um deles são diferentes.

O trabalho envolvido na realização dos processos de gerenciamento de tempo do projeto é precedido por um grande esforço de planejamento executado pela equipe que gerencia o projeto. Esse esforço de planejamento faz parte do processo desenvolver o plano de gerenciamento do projeto, produzido um plano de gerenciamento do cronograma onde é definido o formato e estabelecido critérios para desenvolvê-lo e controlá-lo de acordo com o cronograma do projeto.

O controle, as ferramentas e as técnicas associadas para os processos de gerenciamento do tempo do projeto variam por sua área de aplicação e são definidos como parte do ciclo de vida do projeto, tendo a necessidade da documentação do plano de gerenciamento do cronograma. Este plano é auxiliar ao plano de gerenciamento do projeto, podendo ser formal ou informal, bem detalhado ou não, de acordo com as necessidades do projeto.

## 2.4 ANALISE DE PROJETOS

A análise de um projeto deve evidenciar não só a sua viabilidade sob a ótica econômica, mas também como este se insere no contexto mais amplo, setorial e macroeconômico. Nesse sentido, avalia os aspectos microeconômicos sob a abordagem da inter-relação destes com os efeitos buscados em nível do planejamento.

As atividades de análise deveram incorporar alguns procedimentos de caráter geral, devem ser estabelecidos e discutidos cenários alternativos para a evolução das variáveis considerada e estudado o seu comportamento sob tais cenários.

A análise de projetos deverá considerar, tomando por base o definido no processo de planejamento, as questões relativas aos seguintes aspectos:

- a) O padrão de concorrência do mercado do projeto;
- b) A avaliação da empresa/grupo e de sua estratégia;

- c) O projeto e seus impactos micro e macroeconômicos;
- d) A avaliação do projeto sob a ótica da política de alocação de recursos;
- e) As conclusões e recomendações da análise.

A análise do projeto deve corresponder a uma avaliação dos elementos analisados, caso a análise conclua por apoiar o projeto, deve-se explicitar as condições contratuais da operação, as quais deverão guardar estreita ligação com as políticas operacionais e, principalmente, com a real capacidade financeira da empresa.

Deve-se ainda, apresentar nas conclusões todas as recomendações que a análise sugere, tanto para o projeto quanto para seu acompanhamento posterior. Além disso, o conjunto de informações geradas durante a etapa de análise passa a constituir fonte de informação para análises futuras.

A análise de projetos também é um instrumento de planejamento. Nesse sentido, cabe à análise propor a reavaliação das determinações estabelecidas no planejamento, tendo em vista tanto as conclusões do projeto avaliado quanto a experiência de análise acumulada.

## 2.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS

Focando no objetivo final, o planejamento e o controle de projetos estabelecem expectativas de situações previstas, definem resultados e informações entre a unidade de trabalho, departamentos de uma empresa e às vezes entre elas.

O planejamento de um projeto é feito em nível estratégico e tático para ser posteriormente realizado no nível operacional, após isso é formulada uma programação. Estabelecidas as programações de um projeto surgem necessidades de controles, pois com eles se avalia a qualidade e a quantidade do que foi planejado para esse período permitindo, caso necessário, a reprogramação.

Para planejar e controlar é necessário ter atitudes e tomar decisões continuamente, pois antecipação é fundamental para corrigir desvios que vejam comprometer o objetivo final.

Conforme Ackoff (1970) citado por Limmer (1997) Planejamento é algo que fazemos antes de agir, isto é, a tomada antecipada de decisões. Ele ainda destaca a necessidade do planejamento de um projeto ao afirmar que “O Planejamento é

necessário quando a consecução do estado futuro que desejamos envolve um conjunto de decisões interdependentes, isto é, sistema de decisões”.

O Planejamento esta intimamente ligado ao gerenciamento de um projeto, pois ainda segundo Ackoff o planejamento é um processo que se destina a produzir um ou mais estados futuros desejados e que não deverão ocorrer, a não ser que alguma coisa seja feita, então a função do gerenciamento é justamente fazer isso.

### 2.5.1 Planejamento do projeto

Conforme Limmer (1997) capítulo 4, deve-se andar em conjunto com as atividades de suprimento, engenharia, construção, onde se torna indispensável o desenvolvimento e a dinâmica de um plano de execução do projeto, com o intuito de cumprir o seu escopo dentro do prazo, do custo, qualidade e com riscos pré-definidos.

É estabelecido um plano inicial com a lógica e com base no conhecimento de todos os dados relativos ao projeto, de maneira que haja disponibilidade de dados e recursos na época de este plano inicial.

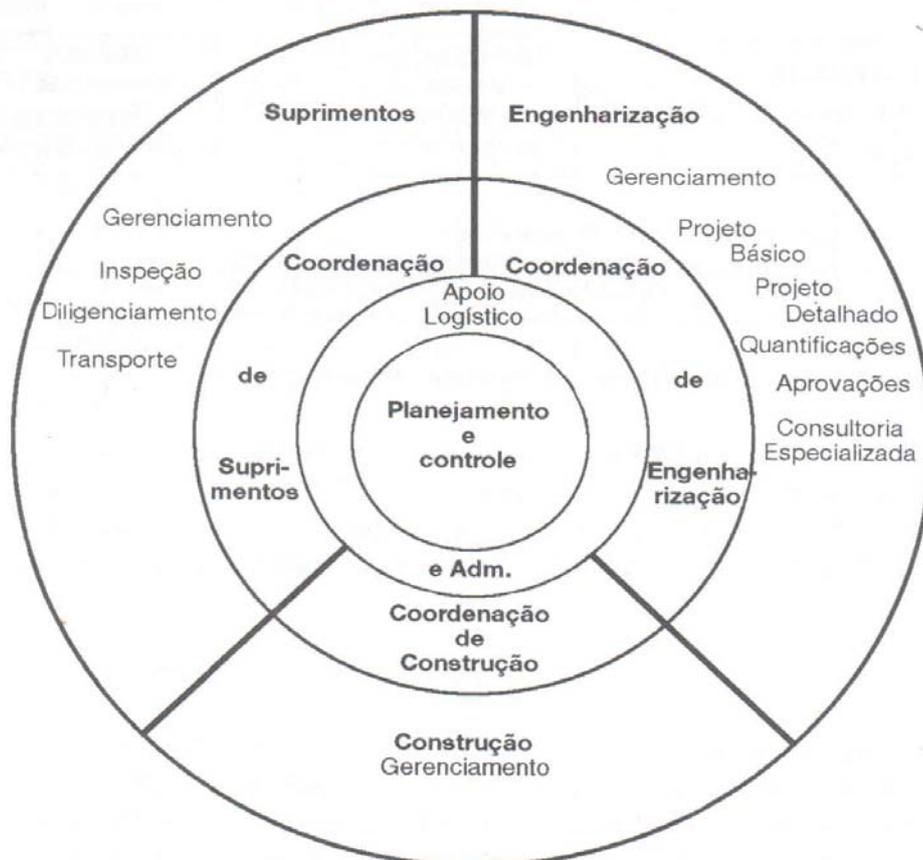
Este plano é popularmente chamado como *MASTERPLAN*, no qual é utilizado como diretriz na implementação do projeto e nos seus estágios iniciais, de acordo com a maior ou menor precisão que envolve as estimativas dos atributos das inúmeras atividades do projeto. Estes atributos vêm do histórico de projetos similares realizados anteriormente. Verificar a validade das hipóteses ajusta-se o *MASTERPLAN* tornando-o definitivo ao atingir uma fração de aproximadamente 30% em casos de obras industriais ou petroquímicas do prazo total previsto para execução do projeto. O monitoramento da sua confiabilidade é em função da confirmação ou não das hipóteses inicialmente feitas.

Segue abaixo os elementos necessários para o *MASTERPLAN*.

- a) Resumo descritivo do projeto;
- b) Especificações das características e níveis de desempenho do produto final;
- c) Definição da metodologia de execução;
- d) Cronograma máster; com suas redes de atividades, listagem de eventos e marcos significativos;
- e) Procedimentos e praticas de projetos, administrativos e operacionais, os do gerenciador harmonizados com os do proprietário, como, por exemplo:

- Admissão e dispensa do pessoal, mão de obra temporária, incentivos salariais, atribuição de autoridade e emissão de novos procedimentos;
- f) Alocação de recursos de mão de obra, materiais e equipamentos, com respectivos histogramas de distribuição e curvas S;
  - g) Matriz de responsabilidades;
  - h) Organização do projeto, com sua estrutura operacional;
  - i) Plano de gerenciamento;
  - j) Plano de alocação qualitativa de pessoal;
  - k) Sistema de informação do projeto;
  - l) Sistema do controle do projeto.

Para a melhor visualização da organização de projetos e suas principais atividades básicas é mostrada abaixo uma figura que demonstra as atividades e suas correlações.



**Figura 3** – Atividades básicas de um projeto.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Fonte: LIMMER, Carl V. (1997, p. 17) .

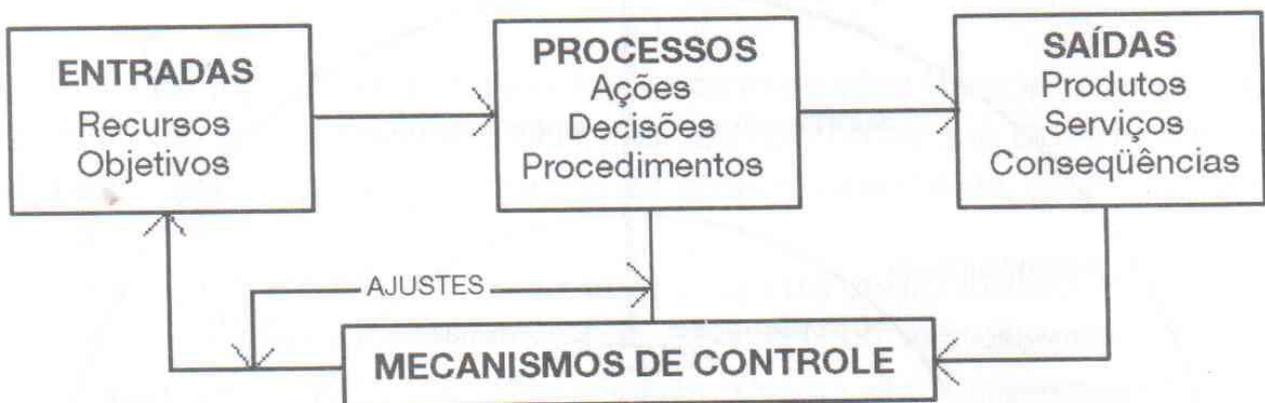
### 2.5.2 Controle do Projeto

De acordo com Limmer (1997) a elaboração de um *MASTERPLAN* é um conjunto de hipóteses, entendimentos e interpretações dos fatores externos e internos que influem o desenvolvimento do projeto. Assim, a qualidade das informações e uma boa definição do projeto proporcionam uma menor probabilidade de erro.

Frequentemente do decorrer do projeto existiram desvios em relação ao *MASTERPLAN*. Para mensurar esses desvios é necessário controlar os parâmetros significativos dos projetos e compará-los com os objetivos estabelecidos no plano mestre com a relação ao mesmo, para as diferentes etapas do projeto.

De acordo com o tamanho do desvio apurado, elaborasse novamente o *MASTERPLAN* e definem-se ações e providencias para que as atividades subseqüentes à data de conferencia sejam adaptadas de modo a atender o objetivo final.

As atividades de controle assim como as atividades de planejamento devem ser desenvolvidas de forma contínua, segundo mutuamente complementar, e a referenciação de ambas ao *MASTERPLAN* constituem o ciclo de retro-alimentação do projeto, conforme a figura 04.



**Figura 4** – Ciclo de retro alimentação do projeto.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Fonte: LIMMER, Carl V. (1997, p. 18).

## 2.6 REDES DE PLANEJAMENTO

Segundo Limmer (1997) no capítulo 6, as redes de planejamento são grafos degenerados, que resultam da teoria dos grafos e tiveram origem na busca de uma solução para transitar em uma rede viária interligando quatro pontos da cidade de Königsberg, sem passar duas vezes por um mesmo ramo da rede. Esse problema foi formulado em 1736 pelo matemático Euler<sup>6</sup>, que viveu naquela cidade.

As redes podem ser representadas de duas maneiras: com as atividades em setas e com as atividades em nós. No primeiro tipo, as atividades são representadas por uma seta, para cuja definição, em um sistema cartesiano de duas dimensões, são necessárias cinco variáveis, duas para a extremidade do início da seta, duas para a extremidade de fim e uma para caracterizar o seu sentido. No segundo tipo, a atividade é representada por um nó, para cuja definição são suficientes apenas duas variáveis.

Ainda de acordo com Limmer, para elaborar uma rede de planejamento procede-se da seguinte maneira:

- a) Listar todas as atividades do projeto;
- b) Estabelecer a ordem de execução das atividades, ou seja, a lógica da rede;
- c) Determinar a duração de cada atividade;
- d) Determinar os eventos iniciais e finais da rede;
- e) Determinar as atividades que podem ser executadas em paralelo;
- f) Calcular as datas dos eventos iniciais e finais de cada atividade.

### 2.6.1 Método PERT/CPM

A implantação do Método PERT/CPM com a utilização da informática como lastro tem se mostrado um processo recheado de desafios e quebra de paradigmas. Interfere diretamente nas culturas conservadoras do ambiente de trabalho, requerendo dos administradores do negócio esforço vertical na tomada de decisões

---

<sup>6</sup> EULER, Leonhard Paul. Matemático e físico suíço de língua alemã que passou a maior parte de sua vida na Rússia e na Alemanha, fez importantes descobertas em campos variados nos cálculos e grafos. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Leonhard\\_Euler](http://pt.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler)>. Acesso em: 16 abr. 2009.

que, muitas vezes, passa por uma reciclagem da equipe. Pela importância do processo para a sobrevivência da empresa, investe-se considerável soma em treinamentos específicos e paralelos. Certamente, todo esse dinheiro e tempo retornam em forma de eficiência e ganho.

Com a metodologia para elaboração de Redes de Planejamento se busca uma visão diferente do modo tradicional de planejar, uma abordagem simples, mas focada na aplicação adequada do modelo PERT/CPM.

As redes PERT/CPM são técnicas de planejamento e controle de grandes projetos, a partir do escalonamento das diversas atividades é possível montar gráficos e estudar o planejamento do projeto. As principais vantagens da utilização deste método são:

- a) Clareza e facilidade de compreensão das fases do projeto e o projeto como um todo;
- b) Verificação das atividades;
- c) Mostrar a coerência técnica do projeto;
- d) Compreensão da lógica interna do projeto;
- e) Guia para execução e controle do projeto.

O PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) foi desenvolvido nos anos 50 para, primeiramente, simplificar o planejamento e criação de cronogramas de projetos grandes e complexos. Possibilita incorporar a incerteza tornando viável planejar um projeto sem saber precisamente os detalhes e as durações de todas as atividades.

O Método de Caminho Crítico - CPM (*Critical Path Method*) é um algoritmo matematicamente baseado para programar uma rede de atividades de um projeto. É uma ferramenta muito importante e eficaz para o gerenciamento de projetos. Foi desenvolvido nos na década de 1950 pelas empresas *DuPont Corporation* e *Ramington Rand Corporation* para gerenciamento de manutenção de plantas de produção. Hoje a técnica é usada em projetos de construção, desenvolvimento de software, projetos de pesquisa, desenvolvimento de produto, engenharia, manutenção, entre outros. Todo o projeto com atividades interdependentes pode utilizar este método.

De acordo com Leite (2007) PERT e CPM representaram um avanço em relação ao diagrama de barras. O particionamento do projeto em atividades com durações fixadas e interconectadas através do relacionamento lógico entre

atividades precedentes e sucedentes, possibilita justamente superar este aspecto negativo dos diagramas de Gantt. O cálculo das datas “mais cedo” e “mais tarde” das atividades, a determinação das suas folgas e a identificação daquelas que constituem o caminho crítico possibilita justamente que se acompanhe não só a realização de cada atividade, mas também a influencia destas no andamento global da obra.

## 2.7 MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO

### 2.7.1 Introdução

De acordo com Mendes Junior (1997) a técnica de Linha de Balanço para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 40 e, posteriormente, desenvolvido pela Marinha dos estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, para a programação e controle de projetos repetitivos e não repetitivos. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção. Seu uso na construção civil se difundiu mais na Europa em obras com serviços bastante repetitivos, como estradas e pontes. Recentemente, vários pesquisadores vêm procurando diversas formas de difundir o uso da Linha de Balanço em todos os países, sendo em conjuntos habitacionais ou edifícios altos, estudando seus conceitos juntamente com outras técnicas matemáticas ou computacionais, como simulação e sistemas baseados no conhecimento.

Nas ultimas décadas, Japão, Taiwan, Coreia do Sul e Alemanha conseguiram retirar grandes porções do mercado industrial norte-americano. Este fato e a recente reação norte-americana tiveram como elemento principal uma intensa reavaliação das filosofias de produção, bem como o surgimento de outras novas.

No Brasil vários pesquisadores têm estudado e incentivado o uso da Linha de Balanço nos projetos de conjuntos habitacionais e edifícios altos. O uso de programas de última geração pode auxiliar na aplicação da técnica, mas, sem dúvida, a primeira grande barreira é conceitual e metodológica, inserindo-se nos esforços da indústria da construção civil brasileira por melhor qualidade e produtividade.

Este fenômeno, que assume proporção mundial, tem causado uma recente e profunda reavaliação das tecnologias de produção em todos os níveis, e é neste contexto que este estudo será realizado analisando uma técnica já consolidada em um campo de atuação para um mesmo segmento porém com características diferentes.

No planejamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período de construção e tem como objetivo a definição dos ritmos das atividades, que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento como, por exemplo, a estrutura, a alvenaria e as instalações hidrossanitárias. Em função do fluxo de recursos financeiros, desenvolvidos no estudo de viabilidade e da estimativa de custo, são dadas instruções para a coordenação destas atividades.

Outra importante decisão, relacionado a esse nível de planejamento, trata da definição da estratégia de ataque à obra. Através deste estudo é estabelecido o Seqüenciamento das atividades, eliminando-se possíveis interferências entre equipes proporcionando a melhoria dos fluxos de materiais e mão-de-obra dentro do canteiro.

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como linha de balanço, no qual são especificadas informações a respeito do início e fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para execução do empreendimento.

### **2.7.2 A Influencia do Taylorismo**

Segundo Ichihara (1997) as idéias de Frederick Taylor, iniciadas no final do século 19, corresponderam às necessidades reais do segundo estágio da Revolução Industrial. Bertero (1973), conclui que estas idéias tinham como fundamento o contratualismo político do século XVII, de Thomas Hobbes<sup>7</sup>, assim como o liberalismo econômico, especialmente de David Ricardo<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> HOBBS, Thomas. Foi um matemático, teórico político, e filósofo inglês, autor de *Leviatã* (1651) e *Do cidadão* (1651). Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Hobbes](http://pt.wikipedia.org/wiki/Thomas_Hobbes)>. Acesso em: 18 abr. 2009.

<sup>8</sup> RICARDO, David. Nascido em Londres é considerado um dos principais representantes da economia política clássica. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/David\\_Ricardo](http://pt.wikipedia.org/wiki/David_Ricardo)>. Acesso em: 18 abr. 2009.

A Linha de Balanço, criada na década de 40 do século atual, constitui em um atendimento eficiente às necessidades originadas na segunda fase da Revolução Industrial e é construída nos domínios da ótica taylorista. Suas características de acordo com Maziero (1990), bem indicam este enquadramento:

- a) Determinar uma razão de produção;
- b) Manter a produção uniforme, sem cumes e vales;
- c) Aumentar a produtividade pela redução da descontinuidade no trabalho;
- d) Tirar benefícios da repetitividade do trabalho;
- e) Otimizar o emprego dos recursos;
- f) Encurtar a duração do projeto pela alocação racional dos recursos;

A Linha de Balanço impõe um ritmo de execução às atividades repetitivas, que é função do prazo a ser cumprido para o termino do projeto, ou é função de ritmos ditos naturais, mas que na verdade são baseados em uma taxa de produtividade adotada pelo planejamento, em ambas as situações, não existe a consideração devida dos tempos de recuperação do trabalhador e nem são consideradas variações de produtividade ao longo do tempo.

Sobre as equipes de trabalho, Taylor considera que tal propensão geral para o menor esforço agrava-se consideravelmente quando se reúnem vários homens, a fim de realizar trabalho semelhante e receber remuneração diária uniforme. Sob este sistema o melhor trabalhador, gradual e inevitavelmente, baixa seu rendimento ao nível dos mais fracos e ineficientes.

No modelo de produção contínua da Linha de Balanço, em que a execução das unidades repetitivas é análoga a fabricação de várias unidades de um produto da indústria fabril, existe a potencial indução à especialização, outra característica do Taylorismo. Segundo esta visão, os trabalhadores também ganham com a especialização, porque têm seu trabalho reduzido a uma única operação simples que, tomando todo o seu tempo, aumenta sua destreza.

Argumenta-se, então, que no modelo Taylorista, o projeto de cargos está exclusivamente centrado na tecnologia e na eficiência, e pode provocar efeitos psicológicos nos trabalhadores, assim como pode prejudicar o desempenho da empresa.

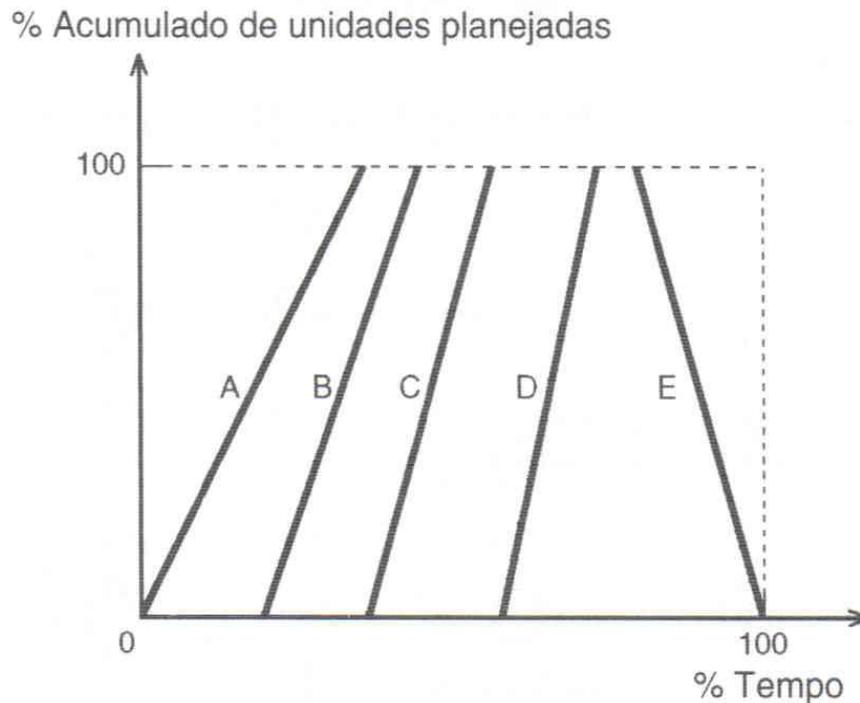
### 2.7.3 Conceito da Linha de Balanço

Segundo Mendes Junior (1997) Linha de Balanço é uma técnica derivada de um gráfico de barras *Gantt*, onde ao invés de colocarmos as atividades ou fases da obra no eixo vertical, colocamos, por exemplo, os pavimentos. Assim cada barra continua representando uma atividade ou fase da obra. Porém deixa de ser horizontal para se ter uma inclinação que representará o ritmo com que avança pelos pavimentos.

Desta forma, a Linha de Balanço pode indicar o Seqüenciamento das atividades pelas diversas unidades de repetição da obra. Essas unidades de repetição podem ser os pavimentos, os apartamentos, as casas unifamiliares, os quilômetros de estradas, os metros de canalização e assim por diante.

O conceito da Linha de Balanço é geralmente aplicado em construção ou à manufatura de qualquer projeto repetitivo, em construção de estradas, e de saneamento, tanto água quanto esgoto, conjunto de casas, ou conjunto de blocos de apartamentos e especialmente em edifícios altos.

Segundo Limmer (1997) a Linha de balanço, ou também conhecida como Técnica do Tempo-Caminho é uma técnica gráfica que propõe um conjunto de linhas de produção onde nos informa sobre a produção e a duração de cada atividade repetitiva num formato gráfico que pode ser facilmente interpretado tanto pelo pessoal de canteiro quanto ao de projeto. As atividades são mostradas num plano cartesiano, com unidades de repetição como, por exemplo, cômodos, apartamentos, pavimentos, trechos, bases, ou seja, módulos de produção localizadas no eixo das ordenadas, e durações, semanas, dias ou meses, no eixo das abscissas, definindo-se ritmos de trabalho iguais ou diferentes onde promove-se linhas balanceadas.



**Figura 5** – Gráfico de Linhas de Balanço.<sup>9</sup>

Ainda de acordo com Limmer (1997) a declividade de cada reta indica o ritmo no qual a atividade deverá ser executada, sendo que, no caso da atividade E, ela deverá ser executada da última para a primeira unidade do produto. É o caso, por exemplo, do revestimento externo de um prédio de vários andares, com pavimentos todos iguais.

O ritmo de execução de cada atividade pode ser prefixado ou então calculado em função do consumo de energia que cada atividade demanda, da produtividade da mão-de-obra e da composição das equipes para a execução.

Segundo Mendes Junior (1997) a linha de balanço pode ser utilizada como controle atualizando-a e traçando no dia a dia da obra ao lado do previsto. A diferença entre o número acumulado de unidades de produção concluídas e a quantidade de Linhas de Balanço num determinado instante pode ser chamada de criticidade podendo ser positiva ou negativa.

Todos os principais componentes necessários à programação de obra são identificados na Linha de Balanço:

- a) O que deve ser feito?

<sup>9</sup> Fonte: LIMMER, Carl V. (1997, p. 51).

- b) Quem deve fazer?
- c) Onde fazer?
- d) Quando fazer?

Resumindo, a Linha de Balanço permite atender às necessidades de programação de uma obra tradicional, a melhoria da produtividade na forma clássica ou o apoio à gestão moderna da produtividade e qualidade. O que irá determinar quais são os benefícios mais importantes, atendendo aos objetivos da empresa, é a sua estratégia de produção.

### 2.7.3.1 Conceito de balanceamento

De acordo com Mendes Junior (1997) o balanceamento das linhas pode ser obtido através de:

- a) Eliminação de conflitos entre equipes pela mudança da data de início da tarefa ou pela mudança de ritmo. Número de operários executando a tarefa basicamente é o que indica o ritmo;
- b) Eliminação dos gargalos<sup>10</sup> na obra, definição de estratégias de execução que permitam o espalhamento das atividades pela obra diminuindo o tempo de ocupação ou de entrega de uma unidade, entre outras decisões gerenciais que a Linha de Balanço pode apoiar de uma forma mais efetiva do que outras técnicas de planejamento e controle.

O grande benefício do balanceamento é que as atividades seguirão ritmos de produção previamente definidos. Nesta situação, diz-se que a produção está balanceada. É este balanceamento que permite definir quantas unidades, pavimentos, trechos ou lotes, estarão concluídos num determinado tempo, onde permite o estudo do reaproveitamento de equipes, uma melhor programação das equipes evitando interrupções do trabalho de uma equipe e melhorando sua produtividade, assim resulta na minimização dos estoques de produtos em processo, melhora as possibilidades de implantação do trabalho em grupo ou cédulas de produção, modulando melhor o trabalho com suas tarefas definidas.

---

<sup>10</sup> GARGALOS, são partes do planejamento que causam interrupção, atrasos ou problemas no fluxo da produção.

#### **2.7.4 Implantação da Linha de Balanço**

A implantação pode ser processada manualmente para poucas atividades. Podemos aplicá-la no estudo prévio da estratégia da obra onde ao invés de colocarmos atividades podemos colocar as faces da obra como, por exemplo, estrutura, alvenaria, revestimento, base, sub-base, reforço de sub-leito. Porém para um numero maior de atividades e com atividades em paralelo há a necessidade do uso dos computadores. No momento ainda não existem softwares específicos para Linha de balanço, esse é um dos motivos para o seu pouco uso, no entanto utilizam-se alguns softwares como o Excel, para a construção da Linha. Outros softwares como, por exemplo, MS Project constrói gráficos automaticamente porem não com as características da Linha de Balanço.

#### **2.7.5 Montagem da Linha de Balanço**

A elaboração da Linha de balanço é dito por muitos como um trabalho quase artesanal, onde algumas simplificações podem ter o apoio do computador. De acordo com Mendes Junior (1997) os passos da metodologia da Linha de Balanço podem ser descrito como:

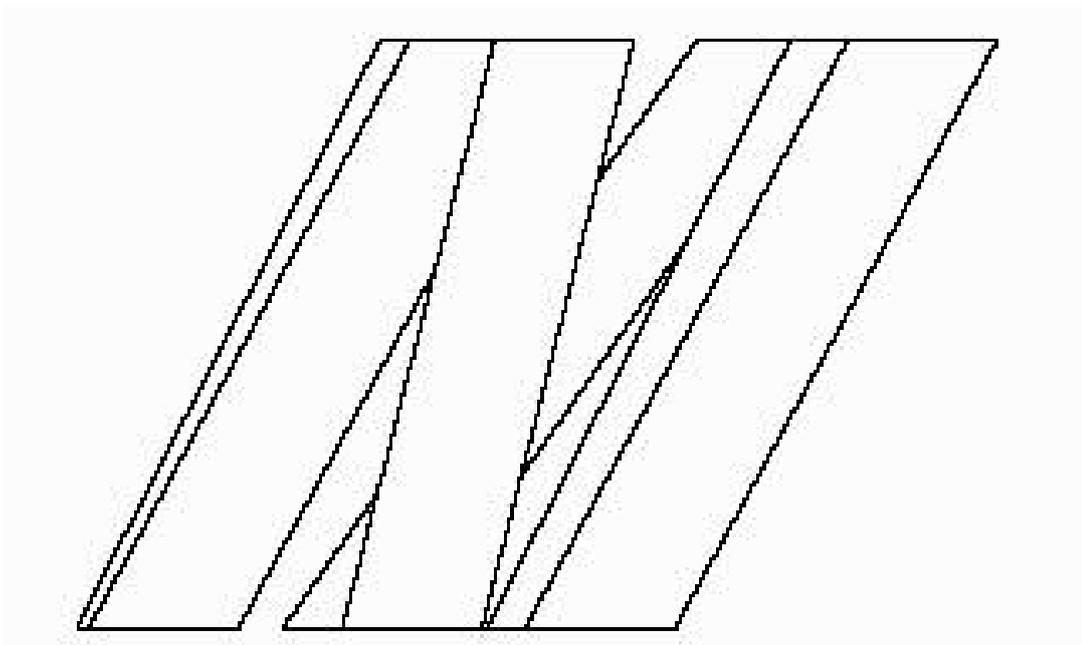
- a) Escolha das unidades básicas como, por exemplo, peças, apartamentos, pavimentos, fachadas, bases entre outras. Um projeto pode ter unidades básicas diferentes, tornando-o um pouco mais complicado;
- b) Definição das atividades que serão envolvidas na execução da unidade básica escolhida e suas precedências;
- c) Montagem de uma rede de atividades (PERT/CPM) para uma unidade básica, se necessário. Se possível, definir as atividades em seqüência, que na prática não significará nenhuma restrição ao Método da Linha de Balanço;
- d) Definição das equipes de trabalho, homens por equipe na unidade básica, ou unidades básicas e determinação das suas durações;
- e) Calculo do ritmo para cada uma das atividades, chamado de ritmo natural. Em projetos de poucas atividades e/ou muitas repetições nas

unidades, pode-se conseguir um único ritmo para todas, o que determinará o ritmo de entrega das unidades;

- f) Finalmente desenham-se as Linhas, tendo suas durações, projeção no eixo horizontal do tempo, e ritmos, inclinação da Linha, verificando eventuais cruzamentos.

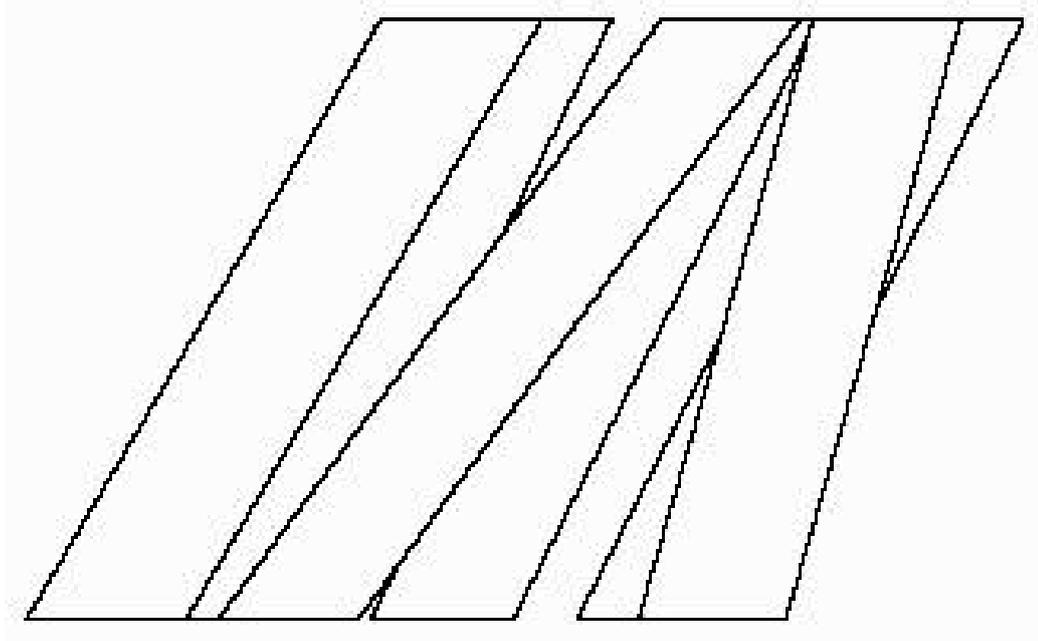
Os eventuais cruzamentos devem ser evitados retardando o início da atividade posterior, ou pode-se simplesmente retardar toda a atividade ou aumentar o seu ritmo para não retardar seu término.

A Linha de Balanço pode retratar diversas situações conforme mostrado nas figuras a seguir:



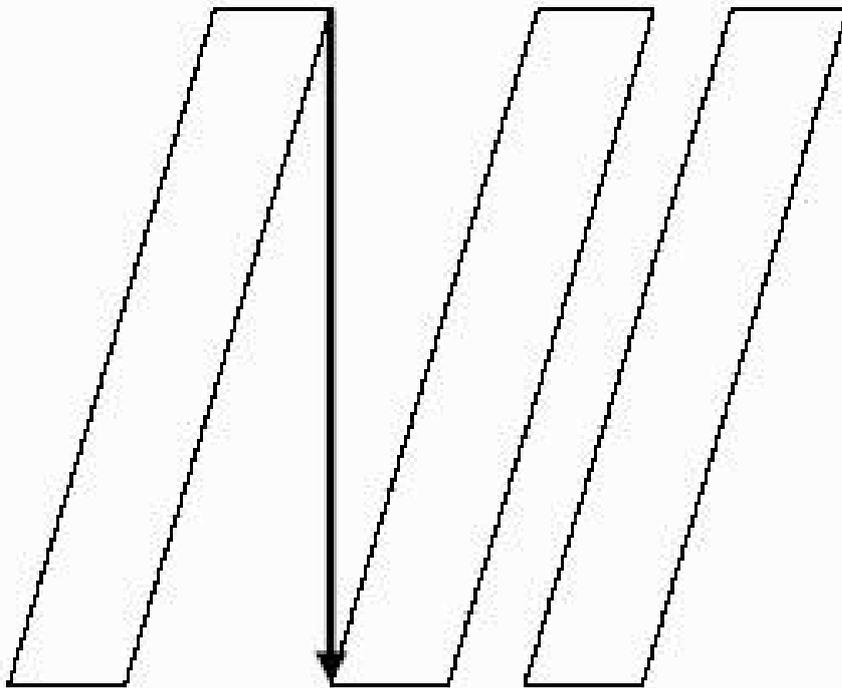
**Figura 6** – Choque com a Célula precedente, interrupção do fluxo.

Fonte: FERRAZ, José; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy. (2005, p. 5). Disponível em: <[http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>



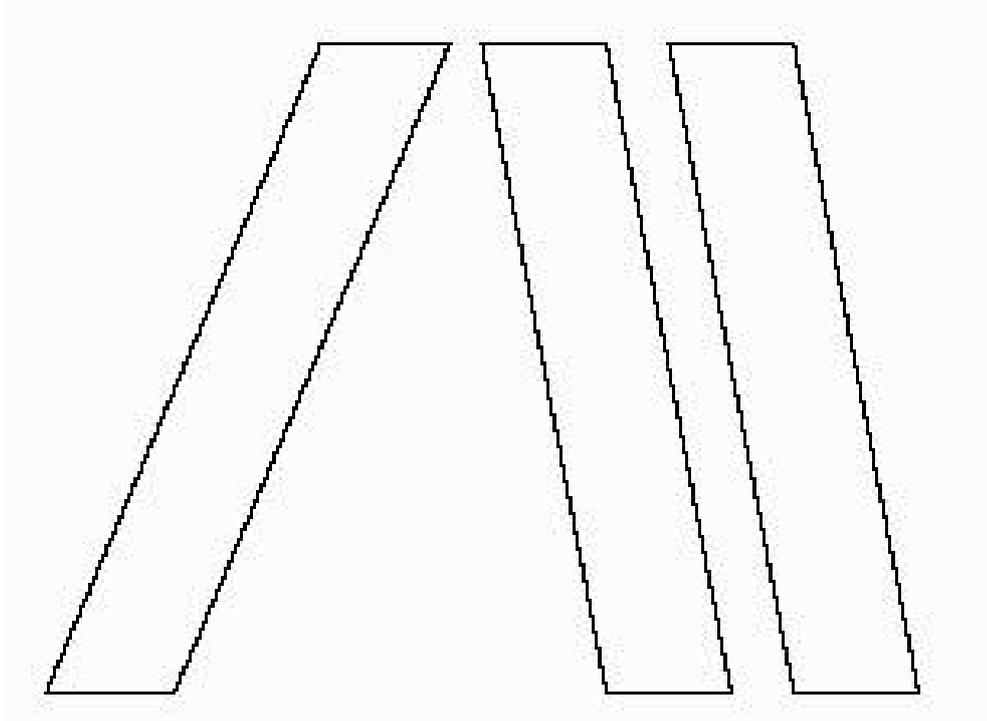
**Figura 7** – Fluxo contínuo, Células com ritmos diferentes.

Fonte: FERRAZ, José; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy. (2005, p. 5). Disponível em: <[http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>



**Figura 8** – Fluxo contínuo, Células com reaproveitamento de mão de obra ou ligação fim-início.

Fonte: FERRAZ, José; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy. (2005, p. 5). Disponível em: <[http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>



**Figura 9** – Fluxo contínuo, Células com sentidos alternados.

Fonte: FERRAZ, José; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy. (2005, p. 5). Disponível em: <[http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>

O uso da Linha de Balanço para ilustrar os ritmos e seqüências de produção das diversas células é fundamental no atual modelo de gestão da empresa, pois possibilita de forma rápida e eficaz a simulação de diversas alternativas estratégicas relacionadas a execução das atividades. Tais simulações só importantes devido à existência de fatores que podem determinar uma alteração no ritmo e prazos da obra.

### 3 ESTUDO DE CASO

O Método de aplicação da Técnica da Linha de Balanço será apresentado no seguinte estudo de caso. O objetivo deste trabalho é justamente apresentar o Método através do estudo de caso em uma obra industrial a qual consiste na relocação de dutos, será apresentado também um comparativo entre o Método da Linha de Balanço e o Método de Gantt no *Ms Project* no qual a obra já foi realizada. A seguir uma breve descrição da empresa onde foi realizado o estudo.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa atua no mercado da construção civil desde 1977 desenvolvendo trabalhos para clientes de diversos setores em variadas características de obras e diferentes modalidades de contratação. Para isto a empresa investe na capacitação dos seus profissionais e no aperfeiçoamento dos seus sistemas de qualidade, segurança do trabalho e preservação do meio ambiente.

A mesma é uma construtora classificada como de médio porte em função do número de funcionários registrados e de seu faturamento. Localizada na cidade de Porto Alegre, ela dispõe de canteiro centralizado e permanente para a produção de armaduras, formas e estruturas industrializadas na cidade de Marau, além de contar com estruturas móveis, máquinas e equipamentos próprios que proporcionam inícios rápidos e precisos dos compromissos assumidos, possibilitando um perfeito controle sobre as atividades de execução. Atua principalmente em empreendimentos industriais, edificações, obras de infra-estrutura urbana e rural e obras de arte.

Para atender a demanda do mercado e buscar competitividade, a empresa busca atualização e se adéqua aos padrões de qualidade internacional sendo certificada pela ISSO 9001:2000 com o escopo “Projeto, Gerenciamento e Construções de Obras Civas”, além de também fazer parte do PBQP-H, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat. Também com este fim, foi desenvolvida a política de sistema integrado de gestão no qual existe uma melhoria de processos onde previne a poluição do meio ambiente e dos danos e doenças ocupacionais resultantes de nossas atividades e serviços.

A mesma mantém um contrato de serviços diversos de construção civil de grande porte em uma área industrial de alto grau de periculosidade, desde dezembro de 2007 e com previsão de termino para outubro de 2010.

A estrutura organizacional das pessoas na obra industrial em estudo é mostrada no Quadro 01, onde é especificada a função e as atividades correspondentes.

Função	Atividade
Direção – Diretor da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise final da obra (receitas e despesas)</li> <li>• Relatório de prós e contras (pontos positivos e pontos a serem melhorados ou evitados)</li> <li>• Contato com o cliente na pós-venda – satisfação do cliente com o SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade - da empresa e com seus funcionários.</li> </ul>
Supervisão – Engenheiro da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronograma do contrato</li> <li>• Acompanhamento do escopo</li> <li>• Aprovação do PQO – Plano de Qualidade da Obra</li> <li>• Aprovação de projetos executivos</li> <li>• Relatório final das atividades do contrato</li> <li>• Comunicação com o cliente</li> <li>• Gerenciamento do contrato</li> <li>• Verificação final – Vistoria de Entrega Provisória.</li> <li>• Formalização da entrega definitiva da obra ao cliente</li> </ul>
Gerente de Contrato – Engenheiro e/ou Arquiteto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preposto perante o cliente.</li> <li>• Cronograma do contrato.</li> <li>• Planejamento/cronograma da obra.</li> <li>• Planejamento do fornecimento de materiais e equipamentos (curva ABC).</li> <li>• Estabelecer critérios para o atendimento dos contratos de acordo com os requisitos destes (prazo, custo e qualidade).</li> <li>• Revisar orçamentos.</li> <li>• Elaboração do planejamento geral de cada obra em conjunto com o engenheiro.</li> <li>• Responsável pela solicitação e providências dos projetos necessários ao andamento da obra;</li> <li>• Atendimento ao cronograma e adequação dos aplicáveis (alteração de escopo).</li> <li>• Elaborar cronograma de desembolso/faturamento.</li> <li>• Acompanhar medições do contrato.</li> <li>• Avaliação de desempenho da obra.</li> <li>• Apresentar relatórios periódicos, com indicadores, sobre os resultados dos contratos à direção.</li> <li>• Solicitar medidas corretivo-preventivas.</li> <li>• Supervisionar o Planejamento Semanal dos Serviços – PPC e realizar Análise</li> <li>• Preparar a Estrutura Analítica do Projeto - EAP</li> <li>• Medições para faturamento, prévia</li> <li>• Responsável pelo recebimento dos BADs e encaminhamento para análise do supervisor.</li> <li>• Entrega definitiva da obra, documentação – manual do proprietário, As built.</li> </ul>

**Quadro 1** – Estrutura organizacional na obra. (Continua 1/4)

Função	Atividade
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação da equipe gerencial da obra – Engenheiro(s), Administrativo, Técnicos de segurança</li> <li>• Caixa da obra</li> </ul>
Engenheiro Residente - Canteiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atendimento aos requisitos do cliente de acordo com escopo do contrato</li> <li>• Coordenação geral e direção dos serviços</li> <li>• Elaborar o Projeto do Canteiro e supervisionar a logística de materiais</li> <li>• Elaborar e Executar do Planejamento semanal dos serviços</li> <li>• Requisição de suprimentos, equipamentos e recursos humanos.</li> <li>• Controle da Execução e orientação técnica, incluindo conferência de locações, marcações e alinhamentos</li> <li>• Verificação de formas e armaduras antes das concretagens</li> <li>• Atendimento do cronograma</li> <li>• Fiscalização de serviços terceirizados</li> <li>• Medições de empreiteiros e tarefeiros</li> <li>• Implantação do Sistema de Qualidade na obra</li> <li>• Verificação dos Serviços e preenchimento das VS's.</li> <li>• Providenciar ligação e o desligamento de redes provisórias de energia, água e outros.</li> <li>• Entrega provisória da obra e verificação</li> <li>• Entrega definitiva da obra, documentação – manual do proprietário, As built</li> <li>• Acompanhamento do controle tecnológico do concreto</li> <li>• Elaboração do manual do proprietário.</li> <li>• Responsável pelas VSs.- Verificações de serviço</li> <li>• Elaboração diária dos RDO's – Diário de Obra;</li> <li>• Avaliação da equipe de obra;</li> </ul>
Estagiária – Estudante de engenharia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memória de cálculo das medições (tarefeiros, terceiros e cliente)</li> <li>• Cartão de produção</li> <li>• Manutenção do indicador de PPC (inclusão de dados).</li> <li>• Organização e manutenção dos registros da qualidade em obra</li> <li>• Acompanhamento da moldagem de corpo de prova</li> <li>• Registros da Rastreabilidade do concreto</li> <li>• Execução de projetos de As Built</li> </ul>
Mestre de Obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenar e acompanhar a execução</li> <li>• Distribuição das tarefas diárias – atendendo ao planejamento semanal</li> <li>• Organização do canteiro de acordo com projeto e logística de materiais</li> <li>• Treinamento de PEIS – Procedimento de Execução e Inspeção de Serviço (registra no Anexo 04 PCO 19).</li> <li>• Utilização e conservação dos DMMs</li> <li>• Avaliação de funcionários em período de experiência.</li> <li>• Comunicação com funcionários</li> </ul>
Técnico de segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segurança das pessoas, com treinamento nas ITs correspondentes as atividades de risco previstas no PQO.</li> <li>• Elaboração, implementação e manutenção do plano de segurança</li> </ul>

**Quadro 1** – Estrutura organizacional na obra. (Continua 2/4)

Função	Atividade
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DDS – Diálogo diário de segurança</li> <li>• Manutenção dos programas PCMAT, PCMSO, PPRA e outros</li> <li>• Instrução, controle e aplicação de EPIs</li> <li>• Manutenção do indicador “frequência de acidentes”</li> <li>• Controle de exames médicos periódicos.</li> <li>• Emissão CAT</li> <li>• Atendimento de primeiros socorros</li> <li>• Comunicação visual</li> </ul>
Administrativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recebimento de materiais e aplicação de Verificações de materiais - VMs</li> <li>• Identificação dos centros de custo (distinção de obras)</li> <li>• Controle de estoque e conservação do material conforme PCO 13</li> <li>• Entrega e controle diário de ferramentas, máquinas e equipamentos</li> <li>• Controle e supervisão do uso de veículos</li> <li>• Liberação para abastecimento de máquinas e veículos.</li> <li>• Manutenção de ferramentas, máquinas, equipamentos e veículos</li> <li>• Livro de Inspeção do Trabalho</li> <li>• 2ª via da ficha de registro dos funcionários</li> <li>• Controle de ponto e turnos</li> <li>• Controle de refeições</li> <li>• Recebimento de documentos de terceiros de acordo com as exigências do contrato</li> <li>• Envio de NF para suprimentos</li> <li>• Controle e organização de documentos (contratos, cópias de notas fiscais, VM's, controle de estoque, e etc.)</li> <li>• Solicitação de liberação de entrada/saída de fornecedores para o cliente.</li> <li>• Levantamento da quantidade de vale-transporte por funcionários.</li> <li>• Controle de entrega de Vale transporte.</li> </ul>
Departamento comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orçamento e apresentação da proposta para contratação</li> <li>• Gerenciamento do contrato</li> <li>• Apuração das pesquisas de satisfação</li> <li>• Pesquisa de pós-venda</li> <li>• Manutenção dos indicadores relacionados à pesquisa de satisfação</li> </ul>
RD – Representant e da direção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção do sistema de gestão da qualidade da obra.</li> <li>• Auditorias internas da qualidade.</li> <li>• Acompanhamento de solução de não conformidades</li> <li>• Acompanhamento de ações preventivas e corretivas</li> <li>• Indicador de “satisfação das pessoas”</li> </ul>
Departamento de Pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envio de documentações dos funcionários para obra</li> <li>• Programação de pagamentos, salários e passagens</li> <li>• Programação de alojamento</li> <li>• Contratação de funcionários</li> <li>• Desligamento de funcionários</li> <li>• Treinamentos admissionais</li> </ul>

**Quadro 1** – Estrutura organizacional na obra. (Continua 3/4)

Função	Atividade
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exames médicos admissionais</li> <li>• Controle de cartões ponto</li> <li>• Acompanhamento de período de experiência</li> <li>• Avaliações de período de experiência.</li> <li>• Avaliação contínua e cadastro de ex-funcionários.</li> </ul>
Suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquisições conforme PCO 05 – Procedimento compras.</li> <li>• Arquivo de VMS – Verificações de materiais controlados.</li> <li>• Certificados de garantia</li> <li>• Fiscalização dos processos de abastecimento, refeições e vale-transporte</li> <li>• Locação de equipamentos</li> <li>• Contratação de terceiros</li> <li>• Atendimento ao PCO 05</li> </ul>
Departamento Financeiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle financeiro (receitas / pagamentos)</li> <li>• Emissão de faturas</li> <li>• Cobranças</li> <li>• Fluxo de caixa</li> <li>• Adiantamento de caixa de obra</li> </ul>
Contabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissão de notas fiscais</li> <li>• Documentação necessária para faturamento</li> <li>• Apurações contábeis</li> <li>• Envio do controle mensal dos gastos da obra para o responsável pela execução</li> <li>• Recebimento e controle de documentos de terceiros exigidos em contrato (folha de pagamento, GPS, GFIP)</li> </ul>
Central de Documentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle e distribuição de documentos e projetos.</li> <li>• Providenciar a lista de documentos para obra</li> <li>• Realizar a pesquisa de pós-venda 30 dias após a entrega definitiva</li> <li>• Coleta de documentos e elaboração do livro de dados</li> <li>• Montagem do Livro de dados</li> <li>• Arquivo final da documentação gerada.</li> </ul>

**Quadro 1** - Estrutura organizacional na obra. (Continua 4/4)

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

### 3.2.1 Considerações iniciais

A grande característica de uma obra industrial consiste na peculiaridade de cada projeto, onde se engloba refinarias petroquímicas, indústrias siderúrgicas, metalúrgicas, metal-mecânicas, bens de consumo, em fim, diversos segmentos. Em

função dessa diversidade as plantas são muito diversas e suas características estão de acordo com seu processo de produção.

Com essa realidade, cada projeto será diferente de outro, dificultando o reaproveitamento de materiais, equipamentos e sistemas construtivos.

É importante salientar também que a maioria destas indústrias estão localizadas em ambientes perigosos e insalubres, causando diversas restrições para atividades diárias no canteiro de obra, como por exemplo, para cada atividade do dia é necessária a liberação de uma permissão de trabalho – PT, onde muitas vezes ocorre somente no meio da manhã o que ocasiona o atraso do prazo e a diminuição da produtividade.

Com todas estas adversidades, a realização de uma obra em uma planta industrial promove sempre um grande desafio técnico, mesmo sendo para os mais experientes profissionais.

### **3.2.2 Re-locação de dutos**

Esta obra esta localizada em uma refinaria no Rio Grande do Sul especificamente no terminal de abastecimento da mesma, ela constitui em uma re-locação de dutos onde é transportado líquido inflamável do refino a um outro setor responsável pela distribuição.

Por se tratar de líquidos extremamente inflamáveis é necessário um grande rigor na execução desta estrutura.

O projeto consiste na execução de 53 bases e pilares de concreto armado para *Pipe-Rack* de uma tubo-via que transporta vários tipos de derivados do petróleo, estas bases estão localizadas em uma rua onde existem quatro etapas, cada etapa consiste no número de bases em uma quadra. Além das bases constituem parte do projeto pontilhões sob quatro travessias entre as quadras como mostra a figura abaixo.



**Figura 10** – Vista de Satélite da Obra completa. Fonte: *Google Earth*, Disponível em <<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 01 jun. 2009.

### 3.3 ESCOPO DO PROJETO

Este projeto contempla todos os serviços necessários para a execução das bases e pilares para a estrutura onde serão apoiados os dutos.

Os serviços constituem na mão de obra, aquisição de materiais e gerenciamento de todas as atividades necessárias listadas abaixo.

a) Canteiro Avançado:

Consiste na instalação de contêineres, tanto para escritório como para vestiários, construção de telheiro, piso de cimento, ligações hidrossanitárias e elétricas, como mostra a figura 11.



**Figura 11** – Canteiro avançado da obra em estudo.

b) Tubovia – Entre Rua 6 e Rua 5:

Dividido nas seguintes tarefas:

- Serviços iniciais: Emissão de projetos marcação e verificação topográfica, proteção da tubovia e construção de passarelas de andaime.

- Movimentação de terra: Escavação, escoramento, carregamento de transporte, regularização e compactação do fundo da escavação e concretagem do magro.

- Concretagem das bases: Formas das bases, armadura das bases como mostra a figura 12, concreto de 40 Mpa para as bases, desforma das bases, forma dos pilaretes, armadura dos pilaretes, colocação de chumbadores, concreto de 40 Mpa para os pilaretes, desforma dos pilaretes e reaterro.



**Figura 12** – Exemplo da forma e armadura das bases em estudo.

- Proteção do talude: decapagem, leito de brita, montagem de armadura, posicionamento das juntas, concretagem do talude.

- Montagem do *Pipe-Rack*: Liberação do projeto, fabricação do *Pipe-Rack*, montagem do *Pipe-Rack* e grauteamento, como mostra a figura 13.



**Figura 13** – Montagem de *Pipe-Rack*.

c) Travessia Rua 5:

Verificação topográfica, proteção da tubovia, montagem de andaimes, remoção de meio-fios, quebra de pavimentação, escavação, escoramento, demolição de concreto, regularização e compactação do fundo da escavação, concreto magro, formas para laje do fundo, armadura para laje do fundo, concreto de 40 Mpa para laje do fundo, forma para paredes, armadura para paredes, concreto de 40 Mpa para paredes, chumbadores, desforma, arremates no concreto, reaterro, reinstalação de meio-fios, pavimentação nova e instalação de placas pré-moldadas como mostra a figura 14.



**Figura 14** – Instalação de placas pré-moldadas nas travessias.

d) Tubovia – Entre Rua 5 e Rua 4:

Dividido nas seguintes tarefas:

- Serviços iniciais: Emissão de projetos marcação e verificação topográfica, proteção da tubovia e construção de passarelas de andaime.

- Movimentação de terra: Escavação, escoramento, carregamento de transporte, regularização e compactação do fundo da escavação e concretagem do magro.

- Concretagem das bases: Formas das bases, armadura das bases, concreto de 40 Mpa para as bases, desforma das bases, forma dos pilaretes, armadura dos pilaretes, colocação de chumbadores, concreto de 40 Mpa para os pilaretes, desforma dos pilaretes e reaterro.

- Proteção do talude: decapagem, leito de brita, montagem de armadura, posicionamento das juntas, concretagem do talude.

- Montagem do *Pipe-Rack*: Liberação do projeto, fabricação do *Pipe-Rack*, montagem do *Pipe-Rack* e grauteamento.

e) Travessia Rua 4:

Verificação topográfica, proteção da tubovia, montagem de andaimes, remoção de meio-fios, quebra de pavimentação, escavação, escoramento, demolição de concreto, regularização e compactação do fundo da escavação, concreto magro, formas para laje do fundo, armadura para laje do fundo, concreto de 40 Mpa para laje do fundo, forma para paredes, armadura para paredes, concreto de 40 Mpa para paredes, chumbadores, desforma, arremates no concreto, reaterro, reinstalação de meio-fios, pavimentação nova e instalação de placas pré-moldadas.

f) Tubovia – Entre Rua 4 e Rua 3:

Dividido nas seguintes tarefas:

- Serviços iniciais: Emissão de projetos marcação e verificação topográfica, proteção da tubovia e construção de passarelas de andaime.

- Movimentação de terra: Escavação, escoramento, carregamento de transporte, regularização e compactação do fundo da escavação e concretagem do magro.

- Concretagem das bases: Formas das bases, armadura das bases, concreto de 40 Mpa para as bases, desforma das bases, forma dos pilaretes, armadura dos pilaretes, colocação de chumbadores, concreto de 40 Mpa para os pilaretes, desforma dos pilaretes e reaterro.

- Proteção do talude: decapagem, leito de brita, montagem de armadura, posicionamento das juntas, concretagem do talude.

- Montagem do *Pipe-Rack*: Liberação do projeto, fabricação do *Pipe-Rack*, montagem do *Pipe-Rack* e grauteamento.

g) Travessia Rua 3:

Verificação topográfica, proteção da tubovia, montagem de andaimes, remoção de meio-fios, quebra de pavimentação, escavação, escoramento, demolição de concreto, regularização e compactação do fundo da escavação, concreto magro, formas para laje do fundo, armadura para laje do fundo, concreto de 40 Mpa para laje do fundo, forma para paredes, armadura para paredes, concreto de 40 Mpa para paredes, chumbadores, desforma, arremates no concreto, reaterro, reinstalação de meio-fios, pavimentação nova e instalação de placas pré-moldadas.

h) Tubovia – Entre Rua 3 e Rua 2:

Dividido nas seguintes tarefas:

- Serviços iniciais: Emissão de projetos marcação e verificação topográfica, proteção da tubovia e construção de passarelas de andaime.

- Movimentação de terra: Escavação, escoramento, carregamento de transporte, regularização e compactação do fundo da escavação e concretagem do magro.

- Concretagem das bases: Formas das bases, armadura das bases, concreto de 40 Mpa para as bases, desforma das bases, forma dos pilaretes, armadura dos pilaretes, colocação de chumbadores, concreto de 40 Mpa para os pilaretes, desforma dos pilaretes e reaterro.

- Proteção do talude: decapagem, leito de brita, montagem de armadura, posicionamento das juntas, concretagem do talude.

- Montagem do *Pipe-Rack*: Liberação do projeto, fabricação do *Pipe-Rack*, montagem do *Pipe-Rack* e grauteamento.

i) Travessia Rua 1 e 2:

Verificação topográfica, proteção da tubovia, montagem de andaimes, remoção de meio-fios, quebra de pavimentação, escavação, escoramento, demolição de concreto, regularização e compactação do fundo da escavação, concreto magro, formas para laje do fundo, armadura para laje do fundo, concreto de 40 Mpa para laje do fundo, forma para paredes, armadura para paredes, concreto de 40 Mpa para

paredes, chumbadores, desforma, arremates no concreto, reaterro, reinstalação de meio-fios, pavimentação nova e instalação de placas pré-moldadas.

### 3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO NA EXECUÇÃO DO PROJETO

#### 3.4.1 Definição da unidade de repetição

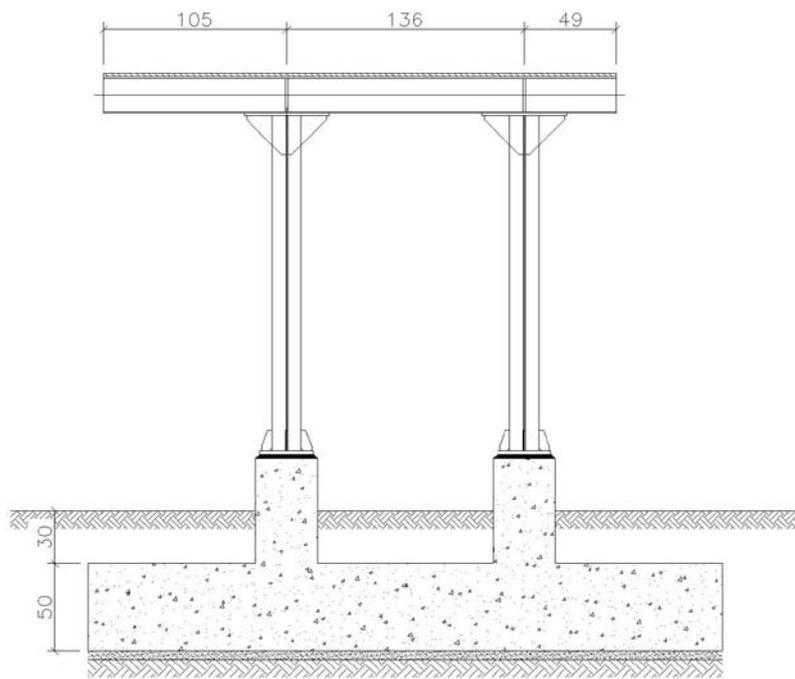
Como descrito no item 3.2.2 o projeto consiste na re-locação dos dutos de uma tubovia, a qual esta localizada em uma rua onde existem quatro etapas, cada etapa consiste no numero de bases a ser construídas em uma quadra.

Para efeito deste estudo foram escolhidas as 14 bases que estão localizadas na rua D, entre a rua 6 e rua 5 conforme a figura 15.



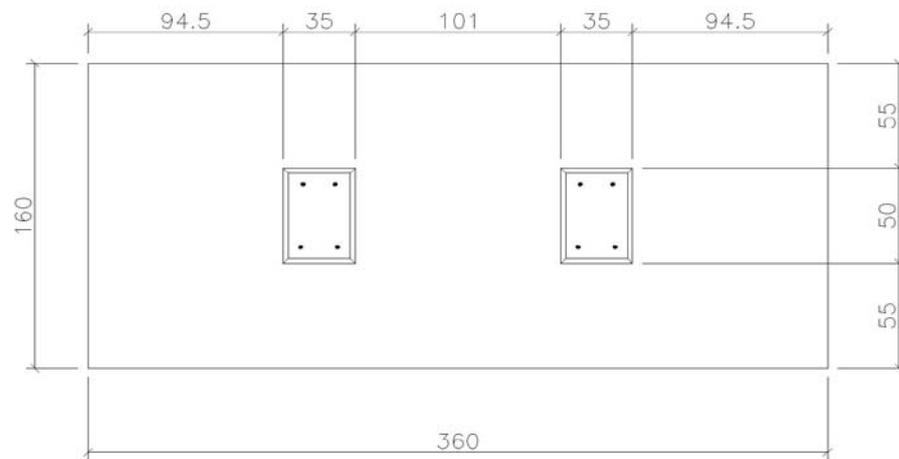
**Figura 15** - Vista de Satélite de parte da obra em estudo. Fonte: *Google Earth*, Disponível em <<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 01 jun. 2009

Adotou-se uma base como unidade de repetição a ser utilizada na programação da obra, a base 01 tem as dimensões menores que as outras, como é mostrado nas figuras a seguir.



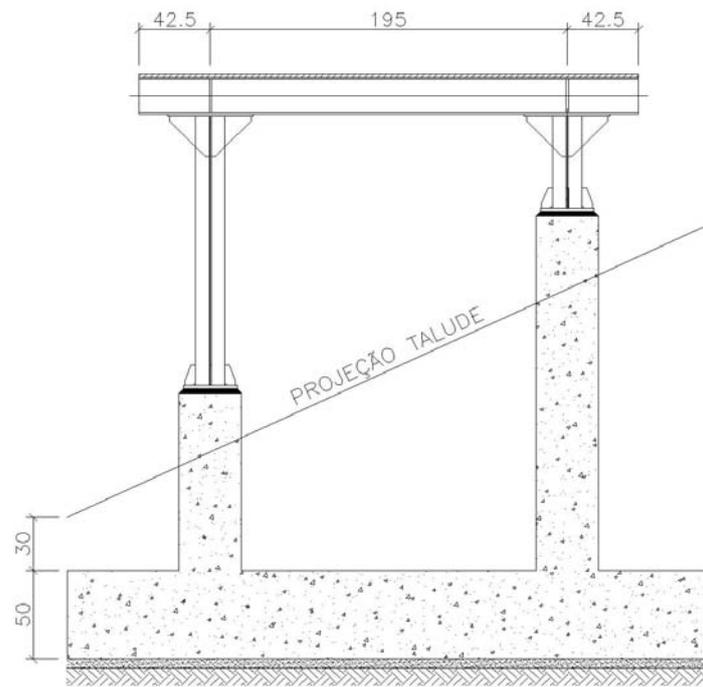
BASE 01

**Figura 16 – Vista lateral da Base 01.**



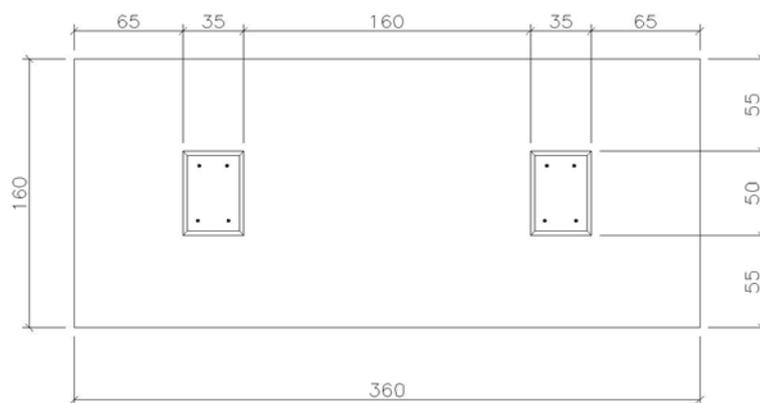
PLANTA BAIXA – BASE 01

**Figura 17 – Vista superior da Base 01.**



BASE 02 A 14

**Figura 18** – Vista lateral da Base 02 a 14.



PLANTA BAIXA – BASE 02 A 14

**Figura 19** – Vista Superior da Base 02 a 14.

### 3.4.2 Definição das atividades

Foi realizado o levantamento quantitativo para a unidade de repetição, de acordo com a unidade de produtividade de cada serviço a ser realizado, de modo a permitir o cálculo total de homens-hora necessários.

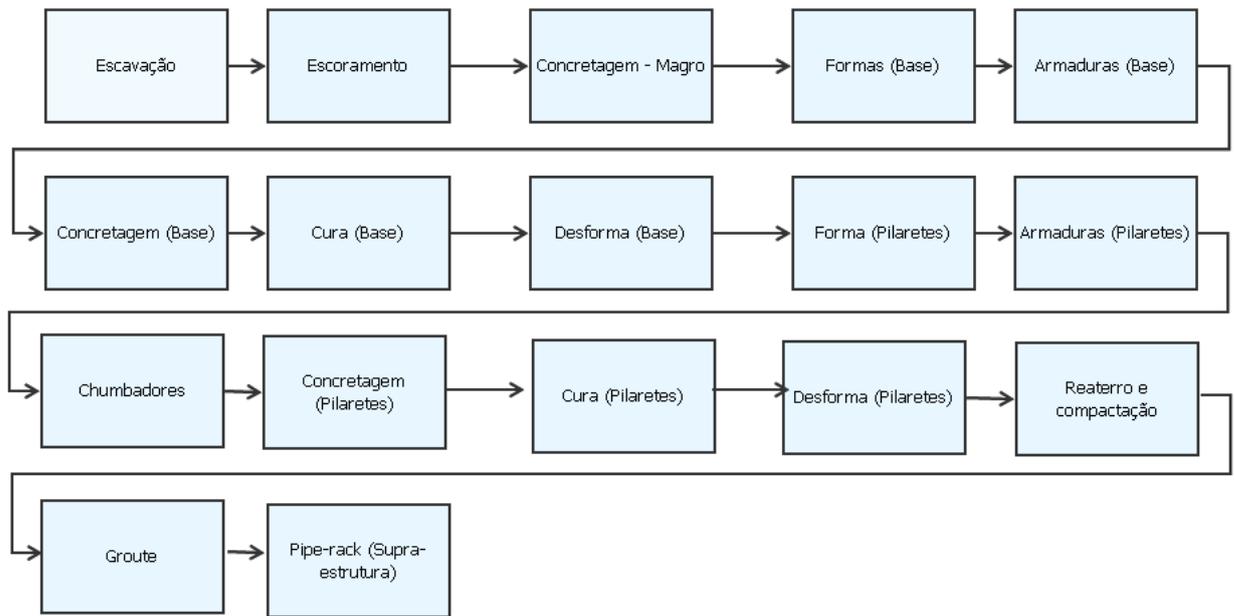
No quadro a seguir são mostradas as atividades para uma unidade de repetição, assim como os respectivos quantitativos e as suas antecessoras.

DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA BASE				
Seq.	Atividade	Unid.	Quantitativos p/ 1 Base	Antecessora
A	Escavação + Escoramento	m <sup>3</sup>	33,30 m <sup>3</sup>	
B	Concretagem - Magro	m <sup>3</sup>	0,34 m <sup>3</sup>	A
C	Formas (Base)	m <sup>2</sup>	5,60	B
D	Armaduras (Base)	kg	115,23	C
E	Concretagem + Cura (Base)	m <sup>3</sup>	2,88	D
F	Desforma (Base)	m <sup>2</sup>	5,60	E
G	Formas (Pilaretes)	m <sup>2</sup>	7,50	F
H	Armaduras + Chumbador(Pilaretes)	kg	53,74	G
I	Concretagem + Cura (Pilaretes)	m <sup>3</sup>	0,53	H
J	Desforma (Pilaretes)	m <sup>2</sup>	7,50	I
K	Reaterro e Compactação	m <sup>3</sup>	29,55	J
L	Montagem Pipe-Rack	unid.	1,00	K

**Quadro 2** – Definição das atividades para a construção de uma base.

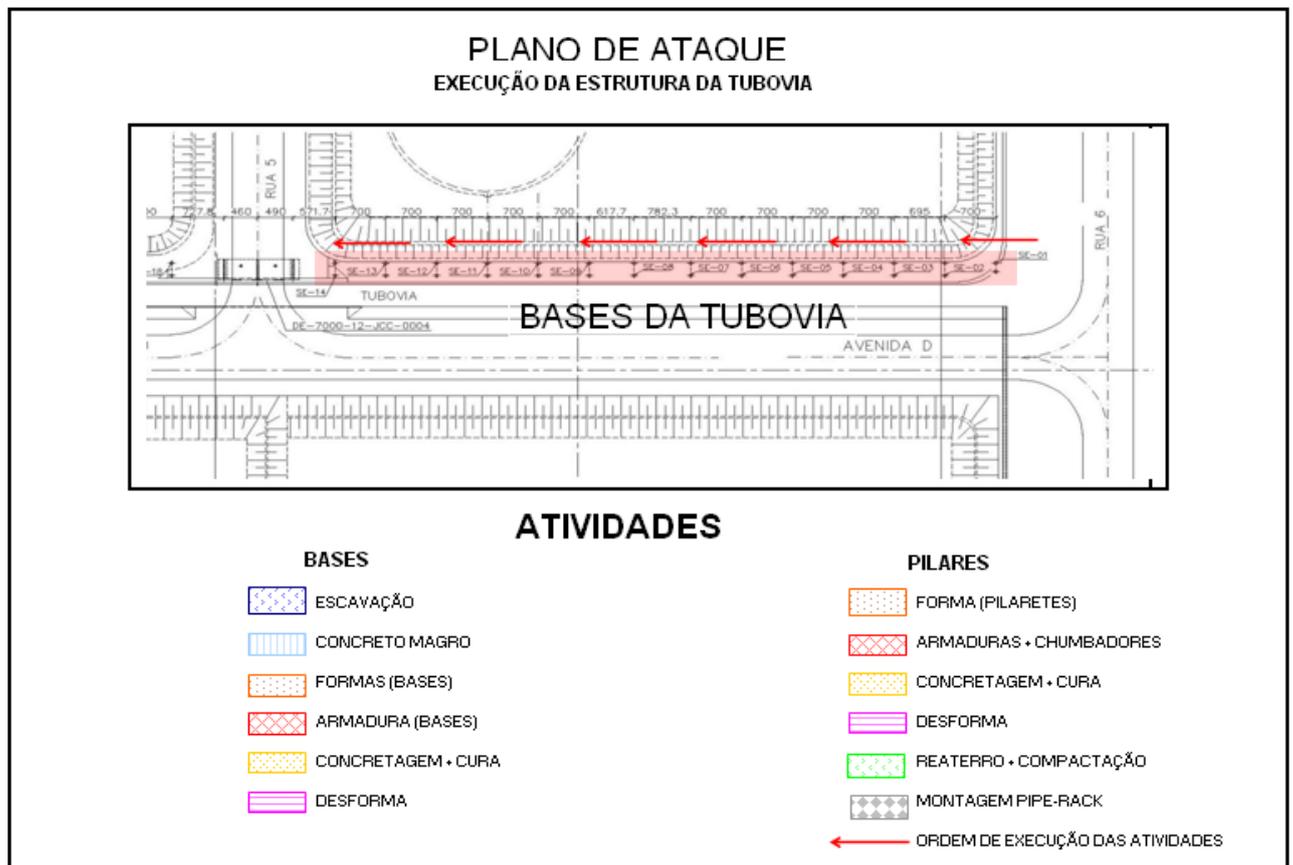
### 3.4.3 Construção da rede de atividades

A definição da seqüência de execução da unidade de repetição, de acordo com os estudos, se baseou na experiência da equipe de produção na execução de outros projetos semelhantes no passado, atendendo a seqüência já utilizada no planejamento existente realizado no *MS-Project*, como mostra a figura 20.



**Figura 20** - Diagrama de Precedência - Seqüência de Execução da Unidade-base

Foi montado um plano de ataque mostrado na figura 21, onde pode se visualizar melhor a seqüência da execução do projeto que começa no cruzamento da rua 6 com a rua D e finaliza no cruzamento da rua 5 com a rua D.



**Figura 21** – Plano de ataque do projeto

Durante a definição da seqüência de execução, uma serie de outras definições importantes vem à tona:

- a) O nível de integração vertical, quais materiais ou processos serão executados pela empresa ou adquiridos de fornecedores externos;
- b) A seleção das tecnologias a serem empregadas, em termos de materiais, sistemas construtivos e equipamentos.

#### **3.4.4 Duração dos serviços e dimensionamento das equipes**

No dimensionamento da capacidade dos recursos de produção, a experiência da equipe de produção é muito importante, as taxas de produtividade estabelecidas para as equipes, de acordo com a sua composição, refletem diretamente nos ritmos de produção que podem ser atingidos.

Nesta etapa, nos estudos realizados, foram definidas produtividades para as atividades. A produtividade e a equipe básica definiram-se através de um histórico de produção realizado em características e ambientes similares a este caso, como mostra o quadro 03.

A empresa coleta, monitora e atualiza estes dados para a realização de orçamentos e planejamentos condizentes com os tipos de contratos que ela atua.

O ritmo R de cada atividade foi definido com a divisão da quantidade Q unitária da atividade “n” pela produtividade P da mesma como mostra a formula 01.

$$R = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

O ritmo total da unidade de repetição será o somatório dos ritmos de todas as atividades como mostra o quadro 03.

O prazo Pz máximo de duração para cada atividade foi determinado por fatores externos à Técnica da Linha de Balanço, de acordo com o planejamento existente realizado no *MS-Project* para as bases ente a rua 6 e rua 5.

Com o prazo máximo de duração estabelecido determina-se o número total de equipes Eq.T para cada atividade, mostrado na formula 02.

$$Eq.T = \frac{QT}{P_z} \quad (2)$$

Onde QT é a quantidade total das 14 bases de uma mesma atividade, como mostra o quadro 03.

QUANTITATIVOS DE SERVIÇO E MÃO-DE-OBRA

Seq.	Atividade	Unidade	Qtd. p/1 Base - Q	Equipe Básica - Eq.B	Produtividade - P de 1 Equipe (unid./dia)	Duração p/1 Base (Dias) - Rítmico - R	Qtd. Total - QT (14 Bases)	* Prazo Estipulado p/Atividade - Pz (Dias)	Nº Total de Equipes	Nº Total de Equipes Adotado - Eq.T
A	Escavação + Escoramento	m³	33,30	4 Sv + Esc.	16,65 m³/d	2	466,20	10,00	2,80	3,00
B	Concretagem - Magro	m³	0,34	1 P + 3 Sv	0,64m³/d	0,5	4,76	2,50	2,98	3,00
C	Formas (Base)	m²	5,60	2 C + 2Sv	5,60m²/d	1	78,40	4,00	3,50	4,00
D	Armaçuras (Base)	kg	115,23	1 F + 2 AfF	115,23kg/d	1	1613,22	4,00	3,50	4,00
E	Concretagem + Cura (Base)	m³	2,88	2 P + 3 Sv	2,88m³/d	1 + 3 de Cura	40,32	4,00	3,50	4,00
F	Desforma (Base)	m²	5,60	1 C + 1 Sv	11,20m²/d	0,5	78,40	2,00	3,50	4,00
G	Formas (Pilares)	m²	7,50	2 C + 2Sv	15,00m²/d	0,5	105,00	2,00	3,50	4,00
H	Armaçuras + Chumbadores (Pilares)	kg	53,74	1 F + 2 AfF	53,74kg/d	1	752,36	4,00	3,50	4,00
I	Concretagem + Cura (Pilares)	m³	0,53	2 P + 3 Sv	1,06m³/d	0,5 + 3 de Cura	7,42	2,00	3,50	4,00
J	Desforma (Pilares)	m²	7,50	1 C + 1 Sv	15,00m²/d	0,5	105,00	2,00	3,50	4,00
K	Reaterro e Compactação	m³	29,55	4 Sv + Esc.	29,55m³/d	1	413,70	4,00	3,50	4,00
L	Montagem Pipe-Rack	unid.	1,00	1 M + 2 Sv	2,00unid./d	0,5	14,00	2,50	2,80	3,00
	<b>TOTAL</b>					16				

\* Prazo obtido no planejamento no Ms-Project

Sv -> Servente  
P -> Pedreiro  
C -> Carpinteiro  
F -> Ferreiro  
AfF -> Ajudante de Ferreiro  
M -> Montador  
Esc. -> Escavadeira

Quadro 3 – Quantitativos de serviços e mão-de-obra.

### 3.4.5 Montagem das Linhas de Balanço

A partir das definições da seqüência de execução e do pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção têm-se as informações básicas necessárias à elaboração dos estudos de fluxo de trabalho na unidade de repetição do projeto.

A primeira Linha de Balanço foi realizada através do planejamento executado no *MS-Project* seguindo a lógica de executar uma nova atividade somente com o termino da atividade antecessora, porém com duas bases a mais, como é mostrado na figura 22 e em maior escala no Apêndice A.

A segunda Linha de Balanço foi realizada de acordo com a referência bibliográfica, sempre visando o menor tempo entre as atividades, também foi buscado não interromper a seqüência de uma atividade nem o ritmo da mesma, como podemos observar na figura 23 e em maior escala no Apêndice B.

Foi construída uma alocação das equipes das duas Linhas de Balanço, como pode ser observado na figura 24 e em maior escala no Apêndice C, na alocação é mostrado um comparativo entre as mesmas com o propósito de facilitar a visualização, observar, comparar e modificar as datas, equipes ou atividades para o cumprimento do projeto no prazo ou antecipar a conclusão do mesmo.

## 3.5 APRESENTAÇÃO DO PLANEJAMENTO NO MS-PROJECT

O planejamento deste projeto foi realizado através da ferramenta *MS-Project*. No Anexo A é mostrado o Gráfico de *Gantt* apenas da primeira etapa que consta das bases que estão localizadas entre a rua 6 e rua 5.

No planejamento no *MS-Project* foram executadas 14 bases neste período, onde as respectivas atividades apenas iniciavam depois da conclusão da atividade antecessora.

Cabe ressaltar que no mesmo período da realização das atividades da primeira rua, foram realizadas simultaneamente atividades na seguinte etapa por equipes diferentes.



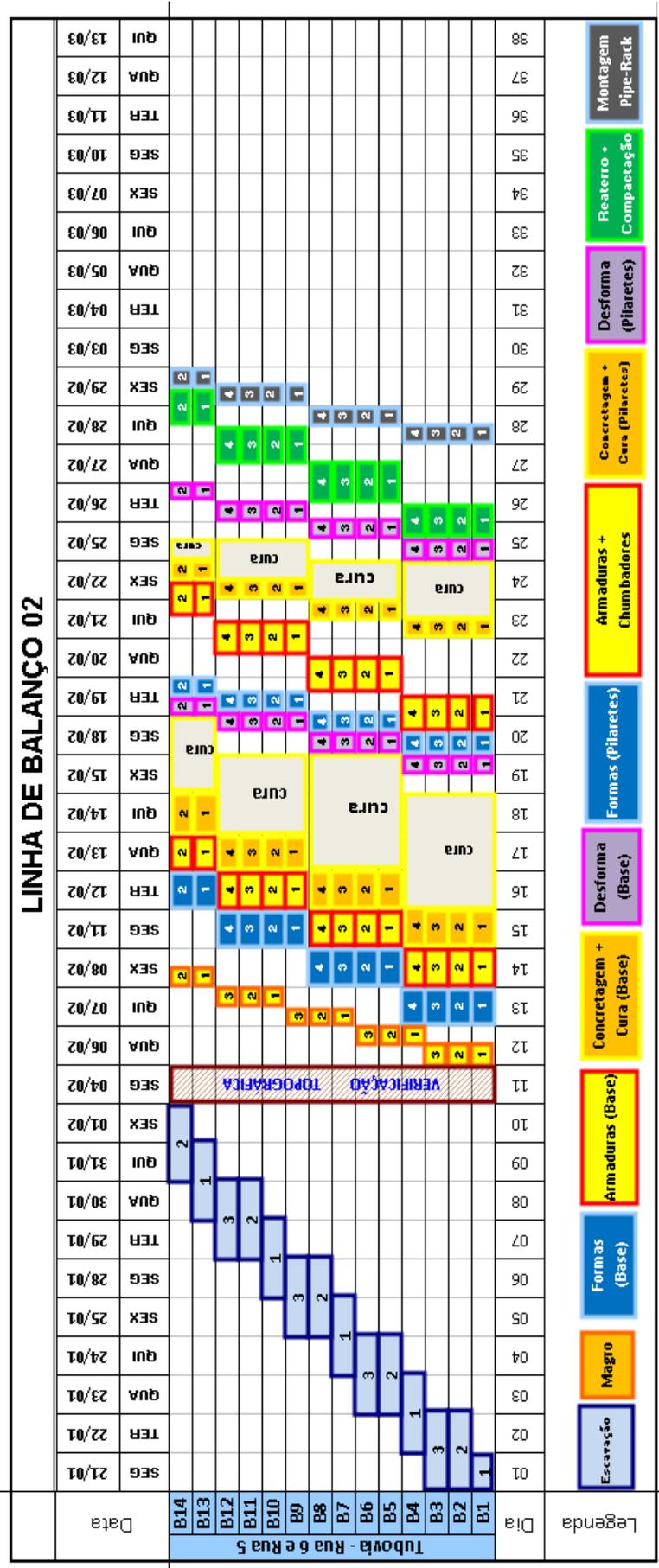


Figura 23 – Linha de Balanço 02, Estudo dos Fluxos de Trabalho de Projeto.

ALOCÇÃO DAS EQUIPES

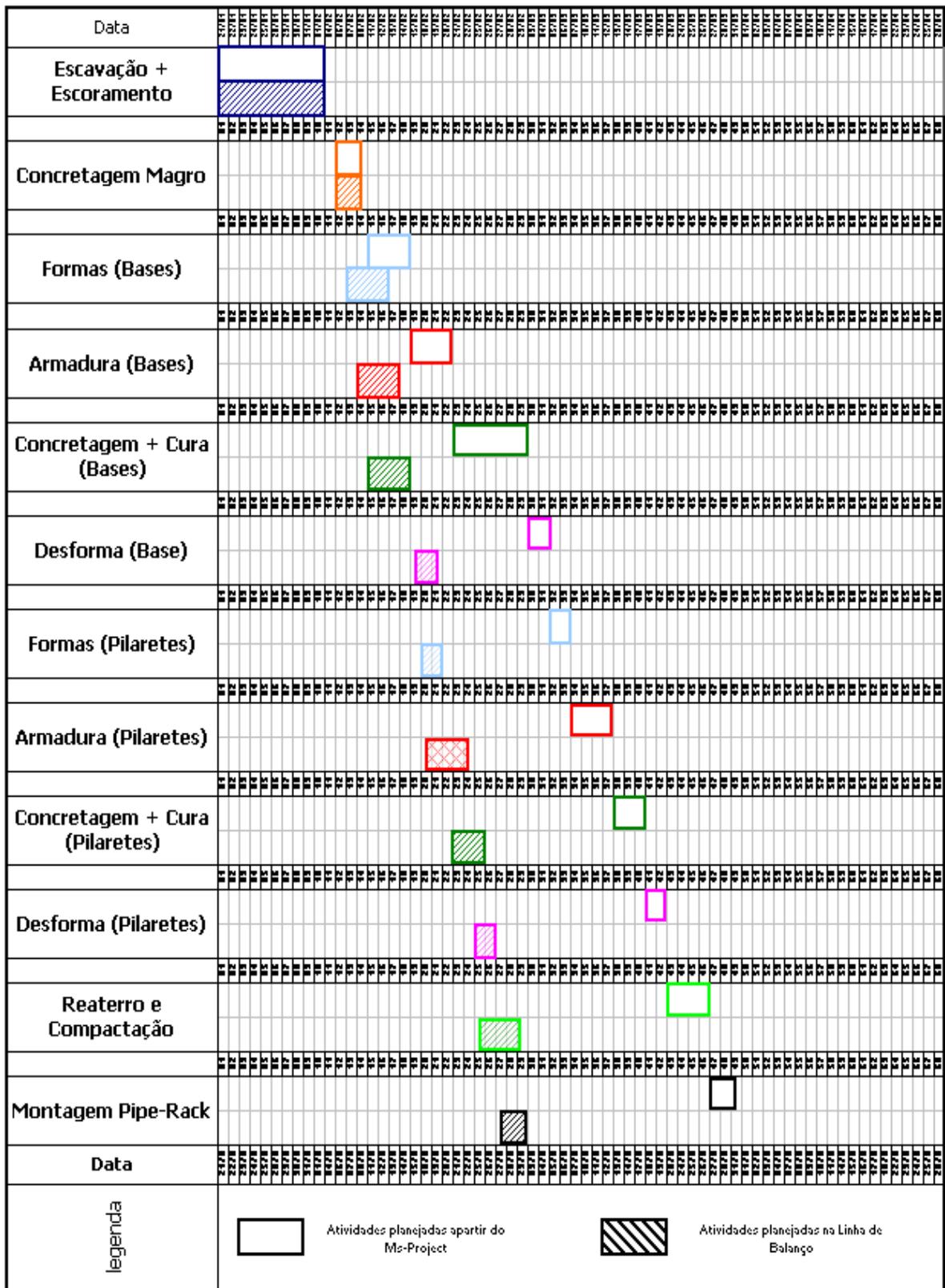


Figura 24 – Comparativo da Alocção das Equipas.

### 3.6 COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE PLANEJAMENTO

Ao analisarmos o planejamento realizado pelo Método da Linha de Balanço neste estudo e o Método no *MS-Project* já utilizado no projeto podemos perceber algumas diferenças comparando as suas vantagens e desvantagens.

O Método da Linha de Balanço tem como principal vantagem o formato gráfico que permite fácil visualização da produção e da duração da atividade, bem como a sua interferência com as atividades mais próximas, e nenhuma outra técnica de planejamento oferece esta facilidade, por que não são especialmente desenvolvidas para atividades repetitivas. No *MS-Project* as atividades são representadas pelo Gráfico de Gantt porem não é possível identificar as reais interferências e espaços entre atividades e equipes uma vez que a seqüência é representada no plano horizontal e no Método da Linha de Balanço é na diagonal.

Outra vantagem do uso do Método da Linha de Balanço é a rápida visualização do tempo existente entre duas atividades numa mesma unidade, ou o tempo de uma atividade de uma unidade para outra.

O Método da Linha de Balanço permite definir quantas unidades estarão concluídas num determinado tempo, permite o estudo de reaproveitamento de equipes, melhora a programação de equipes, evita interrupções do trabalho de uma equipe melhorando sua produtividade, minimiza os estoques e produtos em processo e melhora possibilidades de implantação do trabalho em grupo.

O gráfico de Gantt é uma ferramenta simples e poderosa para o tratamento e visualização de informações tais como: as atividades a serem desempenhadas, quando devem ser realizadas, suas durações, seqüência e vínculos de precedência, recursos e custos associados, porem no gráfico de Gantt não é possível visualizar com facilidade a quantidade de dias entre uma atividade e outra e conseqüentemente não é possível reorganizar as atividades no caso de que uma equipe venha a terminar suas atividades mais cedo do que a data programada, em função da disponibilidade de recursos, sendo que esta equipe poderia iniciar a atividade no próximo local designado a ela.

Comumente Gantt é utilizado em projetos com tarefas inter-relacionadas, ou com grande numero de tarefas, ou quando há recursos compartilhados, onde a visualização é dificultada.

Devemos salientar que no *MS Project* não apresenta a distribuição e o efetivo da equipe, diferentemente da Linha de Balanço, onde permite visualizar cada equipe onde estará atuando, permitindo assim a fácil compreensão dos envolvidos no contrato saber o quê, quem, onde e quando fazer.

### 3.7 RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO

Com base no referencial teórico e nas evidências coletadas durante a realização dos estudos que compuseram a pesquisa chegou-se a um resultado positivo.

Apesar de todas as restrições e inconvenientes já citados em obras industriais, o método da linha de balanço foi responsável na visualização de espaço de tempo entre atividades permitindo adiantar equipes antecessoras gerando simultaneidade de produção entre as atividades. Devido a essa condição de adiantar as equipes, acabou gerando uma redução de prazo considerável e conseqüentemente uma grande redução no custo do contrato.

É importante considerar também que essa divisão de equipes para cada atividade proporciona um aumento na produtividade das mesmas, pois os lotes em que elas atuam são similares e com repetição constante, assim o entendimento do serviço torna-se cada vez maior e melhor.

## 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 4.1 CONCLUSÕES

O Método da Linha de Balanço pode ser aplicado em obras industriais. A viabilidade se dá através da seleção de atividades e definição de unidades de repetição similares, não necessariamente sendo aplicado em todo o escopo.

Existem poucas referências bibliográficas dos conceitos teóricos da Linha de Balanço com foco na área industrial, pois o método foi criado para obras repetitivas, mas a simplicidade do mesmo permite um bom entendimento e associação para outras áreas, sempre se mantendo o conceito de obra repetitiva.

As atividades das unidades de repetição são diferentes umas das outras sendo este o motivo de sua pouca utilização neste segmento da construção civil, porém existem maneiras de adaptá-las para se obter seqüências em função de quantidades ou hora/homem, permitindo assim estabelecer uma quantidade de trabalho padrão.

O Método da Linha de Balanço facilita o gerenciamento da obra pela forma visual como é apresentado provocando fácil interpretação do planejamento da obra.

Por fim, ressalta-se também a eficiência do Método da Linha de Balanço na representação dos planos de ataque, pois o uso deste Método de planejamento confere transparência às análises realizadas. Isto permitiu aos envolvidos no projeto ver de forma sistêmica os impactos gerados no plano operacional pelas alterações propostas no nível de longo prazo.

### 4.2 RECOMENDAÇÕES

Como recomendações para trabalhos futuros, destacam-se:

- a) A importância da realização de um monitoramento contínuo do curso da obra, de modo a verificar as produtividades, para eventualmente atualizar a programação, além de proporcionar um envolvimento das equipes para o cumprimento dos prazos estabelecidos;
- b) Ampliar o número de atividades no Método da Linha de Balanço, de modo a envolver o projeto como um todo;

- c) Aprimorar a sistemática para definição do tempo de duração de tarefas e para dimensionamento de equipes, com formulação consistente;
- d) Desenvolver *softwares* de gerenciamento que levem em conta as variáveis subjetivas do processo e incorporem a evolução do aprendizado com a experiência;
- e) Testar o Método da Linha de Balanço com produtividade variável.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTERO, C. O. **Algumas Observações sobre o trabalho de G. Elton Mayo.** Revista de Administração de Empresas, FGV. 7 (4), p. 71-96, 1973.

FERRAZ, José Landim Macêdo; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy Castelo Branco Teixeira. **Roteiro para Programação da Produção com Linha de Balanço em Edifícios Altos.** 2005. Publicação interna. Disponível em: <[http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracastelobranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2009.

ICHIHARA, Jorge de Araújo, **A Base Filosófica da Linha de Balanço.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, 1997. 5 P. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3105.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3105.PDF)>. Acesso em: 06 mar. 2009.

LEITE, Julio César Sampaio do Prado. **Gerência de Projeto (PERTO – CPM).** 2006, em Amazing – Comentários sobre Engenharia de Software. Disponível em: <<http://jcspl.wordpress.com/2006/11/13/gerencia-de-projeto-pert-cpm/>>. Acesso em: 30 mar. 2009.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras.** Rio de Janeiro, LTC Editora S.A., 1997. 225 p.

MAZIERO, L. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço no Planejamento de Obras Repetitivas. Um levantamento das Decisões Fundamentais para a sua Aplicação.** Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 1990.

MENDES, Ricardo Jr. **Linha de Balanço – LOB, Uma Filosofia de programação de obras.** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1997. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/~mendesjr/lob/index.html>>. Acesso em: 06 mar. 2009.

NOCÊRA, Rosaldo de Jesus. **Como obter altos lucros com construções.** Santo André, SP, Ed. do Autor, 2005. 395 p.

PRADO, Darci. **Gerenciamento de Projetos nas Organizações.** Belo Horizonte, DG Editora, 2000. 204 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (PMBOK)** Newtown Square, Pennsylvania, 2004. 405 p.

SANTIAGO, José Renato Sátiro Júnior. **O desenvolvimento de uma metodologia para a gestão do conhecimento em uma empresa de construção civil.** São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002, 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

WIKIPÉDIA – **PMI**. Disponível em < <http://pt.wikipedia.org/wiki/PMI> >. Acesso em: 30 mar. 2009.

## GLOSSÁRIO

### **Atividades perigosas**

São perigosas as atividades ou operações, onde a natureza ou os seus métodos de trabalhos configure um contato permanente com substâncias inflamáveis ou explosivos, em condição de risco acentuado. A periculosidade é caracterizada por perícia a cargo de Engenheiro do Trabalho ou Médico do Trabalho, registrados no Ministério do Trabalho (MTE).

### **Chumbadores**

Elementos metálicos inseridos no concreto com a finalidade de garantir ancoragem eficaz ou constituir elemento genérico de fixação. Existem vários padrões de Chumbadores, que devem ser definidos adequadamente, atendendo às conveniências da obra e as recomendações específicas constantes do projeto de recuperação.

### **Criticalidade**

Característica ou qualidade consciencial da crítica e exame das informações recebidas, podendo ser positiva ou negativa

### **Gáfico de Gantt**

Criado por Henry L. Gantt é um gráfico de barras horizontais que posiciona a relação de atividades de um projeto em uma base de tempo. As principais informações extraídas são as datas de início e término além da duração de cada atividade. Atualmente, o Gantt é uma ferramenta simples e poderosa para o tratamento e visualização de informações tais como as atividades a serem desempenhadas, quando devem ser realizadas, sua duração, seqüência e vínculos de precedência, recursos e custos associados.

### **Grafos**

A Teoria dos Grafos é um ramo da matemática que estuda as relações entre os objetos de um determinado conjunto. Grafo é uma estrutura  $G(V,A)$  onde  $V$  é um conjunto não vazio de objetos denominados vértices e  $A$  é um conjunto de pares não ordenados de  $V$ , chamado arestas. O artigo de Leonhard Euler, publicado em 1736,

sobre o problema das Sete Pontes de *Königsberg*, é considerado o primeiro resultado da teoria dos grafos. É também considerado um dos primeiros resultados topológicos na geometria; isto é, não dependente de quaisquer medidas. Isso ilustra a profunda conexão entre a teoria dos grafos e topologia.

### **Konigsberg**

Fundada em 1255 pelos Cavaleiros Teutônicos sob o nome de *Königsberg* (montanha do rei), desde 1466 até 1656 parte da Polónia. Foi a capital da Prússia Oriental, e depois fez parte do Império alemão a partir de 1871, Foi rebatizada *Kaliningrado* após a Segunda Guerra Mundial, quando a URSS anexou os territórios da região. As sete pontes de Königsberg é um famoso problema histórico da matemática que foi uma das principais fundações da teoria dos grafos.

### **MS-Project**

Destinado a gerentes de projetos que trabalham em equipe fornecendo as ferramentas necessárias para criar e atualizar agendas, gerenciar recursos, comunicar o status dos projetos e gerar relatórios em seu computador pessoal.

### **Pipe-Rack**

Interligação de linhas de tubulações existentes nas áreas de Refinarias e Plataformas de Petróleo, Siderúrgicas, Indústrias Químicas, Usinas Termoelétricas e Hidroelétricas.