

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DA PRODUTIVIDADE E DA DESCONTINUIDADE  
NO PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UM ESTUDO DE CASO PARA EDIFÍCIOS ALTOS**

**FERNANDA FERNANDES MARCHIORI**

**Florianópolis – Brasil  
1998**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DA PRODUTIVIDADE E DA DESCONTINUIDADE  
NO PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UM ESTUDO DE CASO PARA EDIFÍCIOS ALTOS**

**FERNANDA FERNANDES MARCHIORI**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração:  
Construção Civil**

**Orientador:  
Prof. Dr. Antônio Edésio Jüngles**

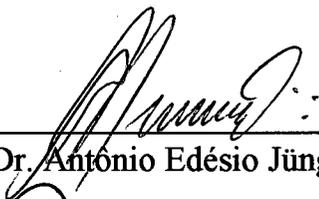
**Co-orientadora:  
Prof. Andrea Angela Panzeter, PhD.**

**Florianópolis – Brasil  
1998**

**ESTUDO DA PRODUTIVIDADE E DA DESCONTINUIDADE NO  
PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
UM ESTUDO DE CASO PARA EDIFÍCIOS ALTOS**

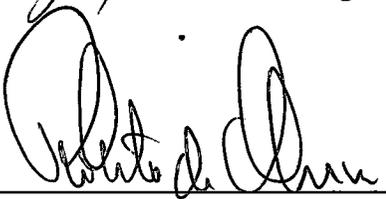
FERNANDA FERNANDES MARCHIORI

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.



---

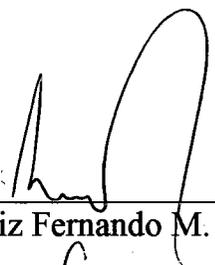
Prof. Dr. Antonio Edésio Jüngles (UFSC) - Orientador



---

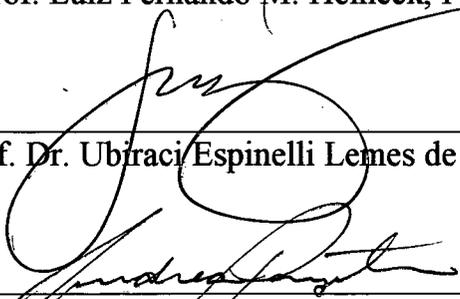
Prof. Dr. Roberto de Oliveira - Coordenador do CPGEC

Banca Examinadora:



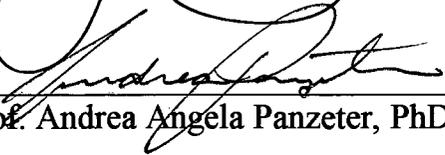
---

Prof. Luiz Fernando M. Heineck, PhD (UFSC)



---

Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza (USP)



---

Prof. Andrea Angela Panzeter, PhD (PUC/PR)

*Aos meus pais  
Luis Fernando e Marisete  
pela dedicação e incentivo  
em todos momentos.*

## AGRADEÇO...

A Deus por se mostrar tão presente em meu caminho;

À empresa que abriu as portas para a realização deste estudo em especial ao engenheiro Leonel Villanova Neto, à engenheira Luciane Mizhari e ao técnico em edificações Alexandre Ninberg, que não mediram esforços para auxiliar o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Professor Antônio Edésio Jüngles pelo apoio e orientação;

Ao Professor Luiz Fernando Heineck pelo estímulo e incansável colaboração com o trabalho;

À Professora Andrea Angela Panzeter pela sua disponibilidade e incentivo;

Ao Professor Ubiraci Lemes de Souza pela correção deste trabalho;

Às amigas de todas as horas Marilei Menezes, Ligia Eleodora Rachid, Luciana Brandli e Patrícia Greff de Lima pelo seu inestimável apoio para seguir em frente;

Aos meus irmãos Rossano e Juliano Marchiori por estarem sempre ao meu lado;

Ao engenheiro eletrcista Paulo Ricardo de Almeida pelo carinho e compreensão nos momentos de ausência;

Aos amigos e colegas do mestrado pela alegria da nossa convivência;

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC por abrir suas portas e dar condições para a realização deste estudo;

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

## SUMÁRIO

LISTA DE GRÁFICOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 – JUSTIFICATIVA .....	2
1.2 – OBJETIVOS .....	2
1.2.1 - Objetivo Geral .....	2
1.2.2 - Objetivos Específicos .....	2
1.3 - PROBLEMA DE PESQUISA .....	2
1.4 – HIPÓTESES .....	3
1.4.1 - Hipótese Geral .....	3
1.4.2 - Hipóteses de Trabalho .....	3
1.5 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	3
1.6 – METODOLOGIA .....	4
1.7 – PRESSUPOSTOS .....	4
1.8 - ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
2.1 - ASPECTOS GERAIS DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL ....	6
2.2 - EFEITO APRENDIZADO .....	9
2.3 - VARIABILIDADE NO CONSUMO DE HOMENS-HORAS .....	15
2.3.1 - Considerações sobre Flutuações nas Equipes de Trabalho .....	16
2.3.2 – Conceitos Necessários à Programação de Obras .....	18
2.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO .....	21
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	24
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS .....	24
3.3 - CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 4 .....	26
3.4 - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO .....	27
3.5 - CARACTERIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA .....	29

3.6 - METODOLOGIA DE ANÁLISE .....	30
3.7 - DIFICULDADES METODOLÓGICAS .....	31
<b>CAPÍTULO 4 : ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 - ANÁLISE DO EFEITO APRENDIZADO .....	33
4.1.1 - Montagem e Desmontagem de Formas .....	34
4.1.2 - Concretagem .....	37
4.1.3 - Alvenaria .....	40
4.1.4 - Revestimento Interno – Argamassa .....	44
4.1.5 - Gesso de Teto .....	46
4.2 - ANÁLISE DE ASPECTOS LIGADOS AO PROGRESSO DO TRABALHO .....	50
4.2.1 – Espalhamento .....	53
4.2.2 - Variação do Número de Pessoas na Equipe .....	54
4.2.3 - Movimentação de Operários .....	55
4.2.4 - Intensidade da Alocação da Mão-de-Obra .....	58
4.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO .....	61
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	62
5.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS .....	63
5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	64
<b>ANEXO 1: Planta Baixa .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 2: Planilha da Empresa .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 3: Planilha-Resumo .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO 4: Curvas de Aprendizado para as Atividades Estudadas .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO 5: Análises da Atividade de Alvenaria .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 6: Linhas de Balanço .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 7: Acompanhamento da Rotatividade de um Pedreiro     entre Atividades .....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>102</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Página

Gráfico 2.1 : Produtividade da Atividade de Montagem e Desmontagem de Formas - Bloco 4.....	12
Gráfico 4.1 : Produtividade <u>Acumulada</u> da Montagem e Desmontagem de Formas - Bloco 4.....	35
Gráfico 4.2 : Produtividade da Montagem e Desmontagem de Formas - Bloco 4.....	36
Gráfico 4.3 : Produtividade da Montagem e Desmontagem de Formas - Todos os Blocos.....	37
Gráfico 4.4 : Produtividade da Concretagem - Bloco 4.....	38
Gráfico 4.5 : Relação entre o Total de Horas e o Número de Pessoas na Equipe - Bloco 4.....	38
Gráfico 4.6 : Produtividade da Concretagem - Bloco 5.....	39
Gráfico 4.7 : Produtividade da Concretagem - Todos os Blocos.....	40
Gráfico 4.8: Produtividade da Alvenaria de 10 + de 15 cm - Bloco 2.....	42
Gráfico 4.9 : Produtividade da Alvenaria de 10 + de 15 Exceto Pavimento 2 - Bloco 2.....	43
Gráfico 4.10 : Produtividade da Marcação+Alvenaria+Encunhamento Bloco 2.....	43
Gráfico 4.11 : Produtividade de Ambas Alvenarias - Todos os Blocos.....	44
Gráfico 4.12: Produtividade do Revestimento Interno – Bloco 4.....	45
Gráfico 4.13 : Produtividade do Revestimento Interno - Todos os Blocos.....	46
Gráfico 4.14 : Produtividade do Gesso de Teto - Bloco 2.....	47
Gráfico 4.15 : Produtividade do Gesso de Teto.....	48
Gráfico 4.16 :Produtividade dos Oficiais – Gesso de Teto – Todos os Blocos.....	48
Gráfico 4.17: Número de Pavimentos em Atividade por Semana Alvenaria de 10 cm -Bloco 1.....	53
Gráfico 4.18 : Número de Homens Envolvidos na Montagem e Desmontagem de Formas – Bloco 4.....	55
Gráfico 4.19: Alocação Semanal Mínima– Revestimento Interno.....	60
Gráfico 4.20: Linhas de Tendência da Alocação Semanal Mínima Revestimento Interno.....	60

## LISTA DE FIGURAS

*Página*

Figura 2.1: Análise Teórica da Influência da Interrupção no Tempo de Execução Fonte: ONU (1965).....	19
Figura 3.1: Etapas da Pesquisa.....	23
Figura 3.2: Esquema de Obras da Empresa.....	25
Figura 3.3: Ordem e Fases de Execução.....	26
Figura 4.1: Ordem de Execução.....	36
Figura 4.2: Ordem de Execução dos Blocos.....	44
Figura 4.3: Disposição das Equipes nas Semanas Montagem e Desmontagem de Formas– Bloco 4.....	51
Figura 4.4: Linha de Balanço para Montagem e Desmontagem de Formas.....	52
Figura 4.5: Deslocamento de Um Operário na Atividade de Revestimento Interno.....	54
Figura 4.6: Linha de Balanço para Gesso de Teto.....	57
Figura 4.7: Ilustração dos Diferentes Pavimentos na Planilha-Resumo Montagem e Desmontagem de Formas -Bloco 4.....	59

## LISTA DE TABELAS

*Página*

Tabela 4.1 : Leis de Aprendizado.....	34
Tabela 4.2 : Produtividade das Alvenarias de 10 e 15 cm do Bloco 2.....	41

## RESUMO

Neste trabalho são estudadas as produtividades e as discontinuidades no processo de construção de edifícios altos, tendo como objeto de estudo um canteiro de obras repetitivo composto por quatro blocos de doze pavimentos localizados na cidade de Curitiba – PR.

A análise de produtividade das atividades de montagem e desmontagem de formas, concretagem, alvenaria, revestimento interno e gesso de teto, é feita sob a ótica do efeito aprendido, e dos conceitos nos quais a programação de obra está baseada: intensidade ao alocar os recursos de mão-de-obra, sequenciamento ordenado das atividades e constância de equipes. A obra do estudo de caso é considerada organizada, porém são encontrados alguns aspectos que induzem à discontinuidades no trabalho, confirmando a experiência relatada por outros autores na revisão bibliográfica.

Ao analisar os dados conclui-se que as variabilidades da taxa de produtividade e o não aparecimento do efeito aprendido em algumas das atividades tem sua fundamentação nas discontinuidades do processo de construção. É indicada a necessidade de um maior controle das operações para que novas técnicas de gerenciamento venham a ser implantadas no canteiro de obras.

## **ABSTRACT**

This work focuses on productivity and discontinuity factors in high building construction processes. The object of study is a repetitive construction site comprising four twelve-story buildings in the city of Curitiba, state of Paraná.

The productivity analysis of activities such as forms assembly and disassembly, concrete pouring, masonry, inner rendering and ceiling plaster casting, is conducted taking into consideration the learning effect and the concepts on which the construction schedule is based: intensity when allocating labor resources, ordered sequencing of activities, and working team stability. The construction site under investigation is considered an organized one. However, a few aspects which lead to work discontinuity are found, confirming what has been described by other authors, as included in the literature review.

With the data analysis, it is possible to conclude that the variability in the productivity rates and the absence of the learning effect in some of the activities are based on discontinuity in the construction process. It is suggested that a more intense control of operations should be made so that new managerial techniques may be implemented on the construction site.

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

A construção civil tem se deparado com uma realidade desafiadora num país onde as transformações econômicas, a abertura do mercado nacional e a redução nos preços de obras tanto públicas quanto privadas são exemplos de mudanças. Neste momento, o lucro passa a ser resultante do diferencial entre o preço praticado pelo mercado e os custos da empresa. Torna-se evidente a necessidade da redução dos custos das empresas sob pena de não continuarem no mercado.

Inevitavelmente a tentativa de redução de custos conduz a uma preocupação com a produtividade, de modo a assegurar que os recursos disponíveis sejam usados com o máximo de eficiência.

Para tanto, os processos de construção devem ser executados de acordo com o previsto pelo planejamento e controlados em conformidade com os prazos e com a qualidade estabelecida.

Quando a produtividade é avaliada no contexto do canteiro de obras, como é o caso deste trabalho, as atividades caracterizam-se por um grande número de deslocamentos entre locais de trabalho, por englobarem grande variedade em termos de natureza e muitas possibilidades de sequenciamento para atingirem um mesmo produto. Na visão de SILVA (1986) estas características são responsáveis pela variabilidade nos níveis de produção e, principalmente, no consumo de mão-de-obra no interior de canteiros e entre canteiros distintos com as mesmas características. Para BISHOP (1972), as táticas para melhorar a produtividade tanto do projeto quanto da construção são as de melhoria da gestão dos recursos e a eficiência das tarefas.

Sob tal perspectiva, esta pesquisa se propõe a estudar a produtividade no que concerne à execução das atividades no canteiro, onde o planejamento e o controle determinam a eficiência com que o serviço é executado.

## 1.1 - JUSTIFICATIVA

Considerando que a programação a curto prazo, proposta pela *lean construction*<sup>1</sup> (BALLARD, 1997; GHIO, 1997), está baseada em conceitos como o planejamento detalhado de processos, de procedimentos, de equipes e de fluxos, este trabalho tem como justificativa principal aferir se estes conceitos acontecem na prática, por meio da análise de dados obtidos no dia-a-dia da construção de uma edificação. O diagnóstico se faz importante no contexto da bibliografia atual sobre produtividade por não se ter encontrado outros estudos do gênero para obras brasileiras.

Por outro lado, é conhecido que altas variabilidades são encontradas em dados de produtividade. Estas variabilidades são tidas como uma grande barreira para entender o desempenho da mão-de-obra. Frente a estas afirmativas, este trabalho se justifica pois pretende entender melhor o contexto no qual a produtividade foi obtida.

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - Objetivo Geral

Aferir conceitos necessários à programação de obras que tenham reflexos na produtividade, como por exemplo: intensidade na alocação de recursos, concentração do trabalho em locais específicos e constância nas equipes, utilizando dados reais de obra.

### 1.2.2 - Objetivos Específicos

- Desenvolver análise de produtividade sob a ótica do aprendizado;
- Verificar a existência da intensidade na alocação da mão-de-obra, bem como a flutuação de operários nas equipes;
- Verificar se as atividades são executadas de forma concentrada num único local de trabalho e seguindo uma ordem lógica de execução;

## 1.3 - PROBLEMA DE PESQUISA

---

<sup>1</sup> Lean Construction é definida por KOSKELA (1998) como uma teoria que entende a produção sob três enfoques: conversão, fluxo e valor; tendo como principal contribuição chamar à atenção para questões como a modelagem, estruturação, controle e desenvolvimento da produção.

A produtividade é o reflexo da organização do trabalho das equipes no canteiro?

#### 1.4 - HIPÓTESES:

##### 1.4.1 - Hipótese Geral:

Os conceitos necessários à programação da obra como continuidade, sequenciamento e intensidade na alocação de mão-de-obra não são verificados no canteiro-de-obras.

##### 1.4.2 - Hipóteses de Trabalho:

- O efeito aprendido não se verifica na maioria das atividades estudadas;
- O número de homens-hora semanais alocados em uma única atividade é muito baixo e as equipes de trabalho são muito variáveis;
- Os operários executam a mesma atividade em vários pavimentos simultaneamente sem que exista uma ordem rígida de execução dos pavimentos;

#### 1.5 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO:

Uma vez que os dados deste estudo referem-se a uma empresa, a pesquisa está limitada à realidade da mesma. O ganho de produtividade proporcionado pelo aprendizado é característico de cada empresa. Porém, a metodologia utilizada poderá ser aplicada em outras empresas, desde que estas tenham um banco de dados confiável.

Como os dados fazem parte de um banco de dados previamente montado pela empresa não foi possível o acompanhamento simultâneo à coleta pela autora, impedindo assim, a obtenção de subsídios para uma análise qualitativa dos mesmos.

O período analisado compreendeu 85 semanas, de maio de 1996 a janeiro de 1998. As atividades estudadas foram delimitadas para este período; mesmo que se tenha o conhecimento de que os dados continuaram sendo coletados pela empresa após janeiro de 1998.

Não se pretende abordar a produtividade do ponto de vista estatístico.

## 1.6 - METODOLOGIA:

1º Visita a diversas empresas construtoras a fim de encontrar uma situação que servisse como objeto de estudo deste trabalho;

2º coleta das informações necessárias ao estudo de caso através de visitas às obras e ambientação com seu processo produtivo;

3º análise da produtividade de uma obra através das curvas de aprendizado plotadas com dados reais;

4º representação gráfica da movimentação e da organização das equipes no canteiro de obras.

## 1.7 - PRESSUPOSTOS

A parte prática da pesquisa foi baseada no banco de dados de produtividade de uma empresa. Devido à relativa organização da mesma, toma-se como pressuposto verdadeiro para a realização desta pesquisa, que os dados a serem usados neste trabalho, tenham sido coletados de maneira idônea e que seguiram fielmente a técnica de coleta dos mesmos.

Neste trabalho sempre que se tratar de consumo de mão-de-obra serão consideradas as horas de oficial somadas às horas de ajudante, pois admite-se que no caso de haver um aprendizado, quem ditou o ritmo de execução foi o oficial.

## 1.8 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro consiste em uma introdução à dissertação, onde são apresentados: justificativa, objetivos, hipóteses, metodologia, limitações da pesquisa, bem como um breve histórico sobre o tema abordado.

No capítulo 2, são apresentados conceitos básicos sobre produtividade, curvas de aprendizado e organização do trabalho da equipe, segundo a visão de vários autores.

No capítulo 3, os dados são descritos caracterizando-se a empresa, a obra em estudo e a técnica de coleta dos dados. Este capítulo contém as informações necessárias ao entendimento do contexto em que os dados foram coletados.

No capítulo 4 foram analisados os dados por meio de curvas de aprendizado, onde também são feitas considerações sobre os problemas de descontinuidades no processo de construção.

No quinto capítulo tem-se as conclusões gerais, a síntese dos resultados obtidos e as recomendações para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo sintetiza aspectos relacionados com a produtividade da mão-de-obra na ICC (Indústria da Construção Civil) sob o enfoque do efeito aprendido e dos assuntos ligados ao contexto em que as atividades são executadas no canteiro de obras.

### **2.1 - ASPECTOS GERAIS DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A Indústria da Construção Civil, como qualquer outra manufatura, envolve uma transformação em que uma série de recursos geram produtos. Ela agrupa grande parte da mão-de-obra do país, assumindo uma importância maior em países subdesenvolvidos que em países mais desenvolvidos. Não é um exagero afirmar que a construção é a chave do desenvolvimento e a produtividade é a chave da construção (HUSSAIN, 1979).

WATANABE (1997) assegura que produtividade do canteiro de obras é um dos principais problemas do gerenciamento da construção. Contudo, esta análise pode ser de natureza complexa devido ao processo de produção diferente do processo industrial, onde o ambiente de produção é mais estável. O processo de conversão dos recursos em produção num canteiro de obras é dinâmico. Para ele, a produtividade é influenciada tanto por fatores externos quanto internos e varia de uma obra para outra.

LOGCHER e COLLINS (1978) concordam com a afirmativa quanto a complexidade. Para eles, os fatores que afetam a construção não são constantes variando de atividade para atividade. Além disso, os contratantes ligados diretamente à mão-de-obra são limitados na habilidade em empregar tempo e recursos financeiros no levantamento formal da produtividade.

A produtividade da construção tem sido amplamente estudada e vários tipos de modelos tem sido desenvolvidos para tentar descrevê-la. São diversas as opiniões dos autores sobre

os fatores que mais interferem na produtividade da construção. Contudo, o estudo da influência destes fatores na produtividade não é objeto da aplicação prática desta dissertação.

O Modelo dos Fatores foi idealizado por THOMAS e YAKOUMIS (1987) para avaliar a produtividade de atividades de construção de mão-de-obra intensiva. O modelo tem seu foco na produtividade (homens-hora por unidade de trabalho) ao nível da equipe, considerando o efeito da curva de aprendizado. Ele estabelece que muitos fatores causam distúrbios na performance da equipe e está baseado no princípio de que se isto pode ser quantificado e descontado da produtividade atual, resulta em uma curva de produtividade ideal, a qual pode ser usada para prever futuros desempenhos.

THOMAS e SMITH (1990) *apud* SOUZA(1996), discutiram sobre um grande número de fatores. Alguns deles são comuns aos abordados no capítulo de análise dos dados, como por exemplo o dimensionamento e qualificação da equipe, uso de mais de uma equipe para executar o mesmo trabalho, absenteísmo, troca de funcionários e tamanho da equipe. Apenas este último teve uma conclusão prática: “equipes maiores são mais difíceis de gerenciar que pequenas equipes”, para os outros fatores os estudos não foram conclusivos ou os dados foram insuficientes para que se chegasse a alguma afirmação.

Outra forma de organização dos fatores foi a de HERBSMAN e ELLIS (1990), dividindo-os em tecnológicos e organizacionais. Esta dissertação se enquadra no estudo de fatores organizacionais, que são mais ligados ao gerenciamento e a execução da obra propriamente, pois objetiva conhecer o comportamento da mão-de-obra e da produção no canteiro.

Este trabalho não tem a intenção de discorrer sobre os inúmeros conceitos de produtividade. A maioria deles fundamenta-se em relacionar o esforço empregado (entradas) com a quantidade de serviço executada (saídas). Na visão de SILVA (1986), o termo produtividade refere-se aos bens e serviços produzidos com a utilização de determinados fatores de produção ou de todos os fatores numa unidade de tempo. A relação entre produto e insumo representa a produtividade e traduz com que eficiência são utilizados esses

recursos. Uma discussão mais ampla sobre os conceitos de produtividade pode ser encontrada em SHADDAD e PILCHER (1984).

Os índices ou taxas de produtividade usadas neste trabalho foram calculadas de acordo com a definição de THOMAS *et al.* (1989):

$$\text{Produtividade da m.o.} = \frac{\text{Horas de Trabalho}}{\text{Quantidade executada}}$$

O levantamento das taxas de produtividade em obra está entre os dados mais essenciais necessários à indústria da construção civil. A precisão da taxa de produtividade é crucial para a determinação das relações diretas entre estas taxas e itens tais como estimativas de custos, controle de custos, programação e gerenciamento de recursos, entre outros. Experiências passadas na construção civil tem mostrado que a grande variação da taxa de produtividade para alguns itens da construção é atribuída aos efeitos das condições de projeto. (HERBSMAN e ELLIS, 1990)

As condições incertas de um projeto de construção algumas vezes resultam numa queda significativa de produtividade. Tempo adverso, horas extras no cronograma e falta de material são alguns exemplos de condições que podem afetar a produtividade, os quais tem tido atenção especial na literatura. Todavia, estas condições não necessariamente conduzem a baixa produtividade. Além disso quando tais quedas são observadas, suas grandezas variam de projeto a projeto, de atividade para atividade, de equipe para equipe (HALLIGAN *et al.*, 1994).

A literatura aborda com menos intensidade fatores como a execução de trabalhos fora de sequência, congestionamento, rotatividade de operários entre atividades e pouca intensidade na alocação dos recursos de mão-de-obra, apesar de serem causas em potencial da queda de produtividade.

Uma das maneiras visualizar a evolução da produtividade da obra é através da análise do efeito aprendido. Esta foi a forma escolhida para serem plotados os dados desta pesquisa.

## 2.2 - EFEITO APRENDIZADO

VERSHUREN (1987) afirma que o aumento da produtividade na indústria de manufatura é resultado do desenvolvimento dos métodos de produção com base nas séries idênticas de produtos. Isto torna possível produzir grandes quantidades com boa qualidade e custo baixo. Este aumento da produtividade é decorrente do efeito aprendido.

O efeito aprendido é o fenômeno em geral definido como o decréscimo do montante de trabalho por unidade de produção quando o número de unidades a serem produzidas aumenta (VERSHUREN, 1987). A repetição, a continuidade, a aquisição de habilidade, a familiarização com o projeto propiciam ambiente favorável para que isto aconteça. Para GATES e SCARPA (1978), este efeito deve ser levado em conta no planejamento, no cálculo do consumo de mão-de-obra.

Um dos principais trabalhos da área foi o desenvolvido pela Organização das Nações Unidas no ano de 1965, que objetivava reunir informações sobre o efeito da repetição nas operações e processos no canteiro-de-obras de 12 países da Europa. De acordo com este trabalho, o efeito da repetição é a redução sucessiva do tempo necessário para executar operações idênticas, repetida e sucessivamente. A influência favorável da repetição no tempo operacional é devido ao aumento da produtividade alcançado através do treinamento mas também pelo sucessivo aperfeiçoamento do método de trabalho e o ajustamento no ambiente imediato da operação atual.

SANDERS e THOMAS (1991) relatam num artigo sobre a identificação e quantificação dos fatores que afetam a produtividade da alvenaria, que existe uma diferença significativa entre o trabalho repetitivo (em pavimentos tipos) e outros tipos de trabalho (em pavimento não-tipos). Com o trabalho repetitivo ocorreram ganhos de produtividade de em média 30%.

Um fato interessante foi encontrado nos estudos de FRANTZOLAS (1984), que numa experiência com formas metálicas deslizantes observou que o aprendizado apareceu somente em operações repetitivas complexas. Outras operações, consideradas por ele

rotineiras, não apresentaram melhora na produtividade. Semelhantemente, OLIVEIRA (1997) alega que obras mais difíceis de serem executadas (em termos de construtibilidade e condições de canteiro) possibilitam uma lei de aprendizagem mais intensa, embora com nível de produtividade mais baixo que obras mais fáceis. Isto está de acordo com a hipótese básica que operações repetitivas apresentam uma tendência a redução da produtividade somente quando a operação é de alta ordem de complexidade.

CLAPP (1965) justifica a melhora da produtividade com a evolução dos pavimentos principalmente devido ao aumento da familiaridade com o projeto, às equipes tornarem-se mais eficientes a medida que os operários se acostumam uns com os outros e a melhora da organização geral do canteiro com o progresso do trabalho.

PIGGOT (1974) considera importante o efeito da repetição na produtividade total da mão-de-obra e aconselha que este fator seja levado em conta no gerenciamento da construção. CHEETAM (1982) apresenta um caso de alocação de mão-de-obra onde o gerente da obra se utiliza do efeito aprendido para reduzir o número de homens na equipe quanto mais a obra se aproxima do final.

### Curvas de Aprendizado

A melhora nos tempos operacionais alcançada por meio da repetição é usualmente ilustrada através de curvas (chamadas curvas de aprendizado) mostrando o decréscimo no total de homens-horas e o número de operações executadas. Estas curvas podem se referir a cada uma das unidades de tempo ou tempo médio operacional para conclusão de todas as operações, ou seja, o valor médio acumulado. O tempo total necessário por produção de todas as unidades ou a velocidade de produção também podem ser usados ( ONU, 1965).

O conceito de curva de aprendizado foi introduzido na indústria de aviões em 1936, quando T.P. Wright publicou um artigo no *Journal of the Aeronautical Science*. Wright descreveu uma teoria básica para obtenção de estimativas de custo com base na produção repetitiva da construção de aviões. Desde então, curvas de aprendizado tem sido aplicadas à todos os

tipos de trabalhos tanto de tarefas simples ou complexas como por exemplo a fabricação de espaçonaves (NASA, 1997).

A teoria do aprendizado é simples. É sabido que a repetição de alguma operação resulta num menor tempo ou esforço gasto na operação. Para a curva de aprendizado de Wright, a hipótese é que o total de homens-horas necessários para completar uma unidade de produção irá diminuir através de uma percentagem constante cada vez que a quantidade a ser produzida é duplicada. Se a taxa melhora 20% com a duplicação das unidades, então a percentagem de aprendizado foi de 80% ( $100-20=80$ ). Assim como a curva de aprendizado está baseada no tempo, ela pode ser facilmente estendida aos custos. Este fenômeno consta da literatura também para analisar o desempenho dos trabalhadores da construção civil.

A principal aplicação das curvas de aprendizado, segundo GATES e SCARPA (1972) é prever o desempenho da mão-de-obra, bem como, controlar os custos e as durações das atividades.

Os dados da curva de aprendizado têm sido tradicionalmente representados sob dois formatos: dados unitários e dados médios cumulativos. Segundo FARGHAL e EVERET (1997), o dado unitário é o tempo ou o custo necessário para completar um dado ciclo versus o número de ciclo e o dado médio cumulativo é definido como o tempo ou o custo médio para completar todos os ciclos anteriores, e o atual inclusive, versus o número de ciclo. O mesmo pode ser encontrado, em alguns trabalhos, como a relação da produtividade (em  $Hh/m^2$ ) versus número do ciclo, conforme a representação de PANZETER (1988). Neste trabalho a apresentação dos dados unitários será feita de acordo com este último caso.

Os modelos matemáticos de curvas de aprendizado podem ser usados para prever o tempo ou o custo necessário para os ciclos futuros numa atividade repetitiva de construção. Os dados unitários apresentam o desempenho atual de atividades repetitivas exatamente como aconteceu e quando aconteceu. Isto é o dado bruto, na sua forma mais simples. Contudo, para muitas atividades de construção pode existir uma alta dispersão destes dados. Quando

a curva de aprendizado é plotada, o efeito aprendizado tende a não ser aparente para o gerente de construção (EVERET e FARGHAL, 1997).

A média cumulativa ajuda a diminuir a dispersão entre os dados por meio da média de vários ciclos juntos. Uma maior vantagem dos dados médios cumulativos é que eles proporcionam ao gerente o controle do custo e do cronograma físico com agilidade (FARGHAL e EVERET, 1997). Para ilustrar ambos os tipos de dados, tomou-se um exemplo ocorrido na obra do estudo de caso desta dissertação, apresentado no gráfico 2.1.

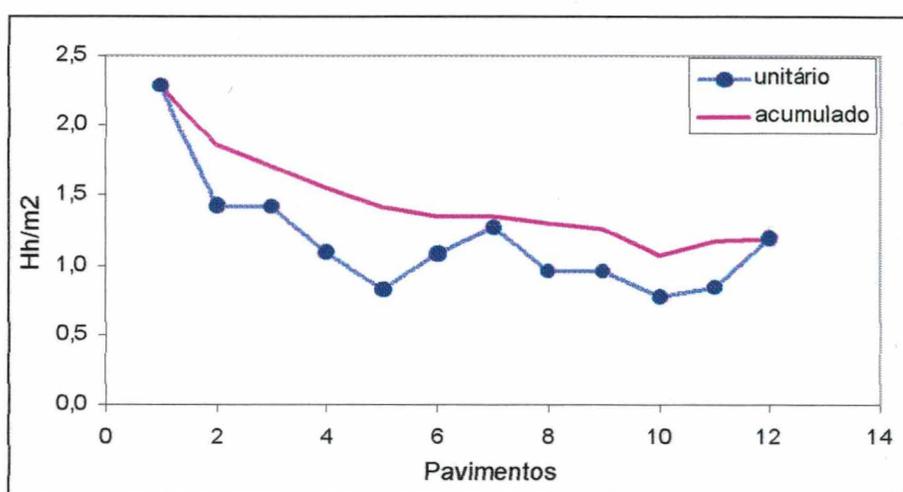


Gráfico 2.1 : Produtividade da Atividade de Montagem e Desmontagem de Formas - Bloco 4

YOUNG (1966) *apud* PANZETER (1988) afirma que a curva média cumulativa cria, em alguns casos, a ilusão de melhoria de produtividade. Isto se confirma se a execução da primeira unidade consumir muito mais tempo e as unidades seguintes tiverem consumos menores que a primeira, mas iguais entre si. O método de concepção da curva cumulativa acusa uma melhora de produtividade mesmo quando se observa uma estabilização na curva individual.

Algumas pesquisas tem sido realizadas com intuito de modelar as curvas de aprendizado da construção civil. THOMAS *et al.* (1986) estudaram cinco modelos matemáticos a fim de descrever a capacidade de previsão de performance para cada um deles, quais sejam: Modelo Linear, Modelo Stanford B, Modelo Cúbico, Modelo Piecewise e Modelo Exponencial. O modelo que apresentou um performance melhor foi o cúbico.

Esta conclusão deve ser encarada com uma certa cautela, pois neste mesmo artigo foi aconselhado maiores estudos fossem feitos a respeito das modelagens. Além disso, na maioria dos artigos sobre efeito aprendido, o modelo exponencial é o mais utilizado. Neste trabalho optou-se por usar o modelo exponencial, o mesmo proposto na relatório da ONU (1965), que apresenta uma equação do tipo:

$$T_x = T_1 \cdot X^{-k} \quad (1)$$

Sendo que  $T_x$  representa a o consumo de mão-de-obra para executar o  $x$ -ésimo pavimento no caso dos dados estarem apresentados de forma unitária e para a cumulativa  $T_x$  é o consumo médio de recursos até o  $x$ -ésimo pavimento.  $T_1$  é o consumo de mão-de-obra para executar o primeiro pavimento.  $X$  é o número de ordem da repetição e  $k$  é o coeficiente que representa a Lei de Aprendizagem. Para que se encontre a Lei de Aprendizagem é necessário isolá-la na equação:  $k = \frac{\ln(1/Lei)}{\ln 2}$

$$\ln 2$$

A literatura apresenta peculiaridades a respeito do aprendizado para várias atividades, em várias circunstâncias, como para operários treinados ou não, serviços complexos e simples de serem executados, entre outros. A seguir será feito um apanhado sobre o aprendizado levando em conta apenas as atividades comuns ao estudo de caso desta dissertação: montagem e desmontagem de formas, concretagem, alvenaria e revestimento interno.

### **Montagem e Desmontagem de Formas:**

A verificação da ocorrência do aprendizado na atividade de formas parece ser relevante de acordo com o que indica SOUZA (1996) por ela ser considerada uma atividade complexa, de longa duração, com alto consumo de mão-de-obra e composta, muitas vezes, por operações não tradicionais.

Na publicação da ONU (1965), pôde-se observar uma redução substancial no tempo necessário para executar a montagem de formas. O número de homens-horas por metro quadrado (de piso) diminuíram de 1,4, necessários à primeira execução para 1,04 na segunda, isto é aproximadamente 25%. A melhora alcançada nas próximas execuções

foram de 13 e 11% respectivamente. Esta percentagem nos estudos de PIGGOT (1974) foi de 10% na produtividade da curva média cumulativa com cada duplicação do número de unidades construídas.

Outra conclusão a que se chegou foi que um possível aumento na produtividade da mão-de-obra como um resultado da repetição é maior para operações mais complicadas, como montagem de formas do que para operações simples como desmontagem de formas (ONU,1965).

### **Concretagem**

Segundo ONU (1965), a operação de concretagem apresentou um modelo de desempenho diferente das demais atividades. Em um exemplo apresentado, nas primeiras oito sequências, a produção foi praticamente estável, necessitando apenas 5 hh/m<sup>3</sup> de concreto. O processo de mistura do concreto foi otimizado, resultando numa queda no consumo para 3 hh/m<sup>3</sup>, provando que esta operação é dependente do ritmo de trabalho ditado pela máquina, sendo assim, o efeito da repetição foi um fator de importância relativamente pequena para a produtividade da mão-de-obra.

### **Alvenaria**

O Relatório da ONU (1965) mostra que uma possível melhora de produtividade é muito menor nas atividades tradicionais do que nas novas operações com as quais os trabalhadores não estão familiarizados. Em alguns dos casos foi praticamente impossível observar alguma melhora da produtividade no assentamento de tijolos, operação com a qual os operários estão familiarizados, enquanto o tempo consumido diminuiu substancialmente quando repetiram operações como a montagem de formas.

Conforme HEINECK (1991a) se o trabalho for apresentado em grandes quantidades, de forma repetitiva e livre de interrupções, acompanhado do desenvolvimento de máquinas, ferramentas e de algum sistema de retribuição do esforço do trabalhador a produtividade na atividade de alvenaria pode chegar a ter ganhos da ordem de 50% com os efeitos aprendizado, continuidade e concentração. Isto foi comprovado por OLIVEIRA (1998), que

apresentou dados da atividade de alvenaria interna, onde a produtividade passou de  $1\text{m}^2/\text{Hh}$  para  $1,5\text{ m}^2/\text{Hh}$ . Segundo ele estes ganhos se deram pela influência do efeito aprendido.

HEINECK (1991b), conforme dados extraídos da Inglaterra, aponta o tamanho do bloco como uma importante variável na avaliação de produtividade da alvenaria. Ele afirma que ao se dobrar a área da face do bloco, consegue-se um ganho de produtividade da ordem de 30%.

### **Revestimento Interno**

BISHOP (1966) ao fazer um estudo comparativo da evolução da produtividade antes e depois da introdução da inovação tecnológica (argamassa projetada), percebeu uma queda de produtividade. Segundo ele isto aconteceu por várias razões, cujas principais foram: a aquisição da habilidade de aplicação da argamassa para obter uma superfície plana e o tempo necessário para que a equipe e o operador aprendam a dar manutenção e especialmente manusear o novo equipamento. Além disso, os tempos não-produtivos aumentaram de 4% quando a aplicação do revestimento era manual para 40% com a máquina. Este autor afirmou que ao introduzir a aplicação da argamassa projetada com sucesso é necessário que os operários sejam treinados no canteiro de obras, as equipes sejam organizadas coerentemente, e, mesmo assim, os ganhos de produtividade somente poderão ser percebidos a longo prazo.

### **2.3 - VARIABILIDADE NO CONSUMO DE HOMENS-HORAS:**

Variações consideráveis no desempenho quanto à produtividade são encontradas sempre que comparações são feitas entre indivíduos, grupos ou empresas. Segundo BISHOP (1966) estas variações tem como causa a ausência da determinação de metas a serem atingidas e da normatização dos procedimentos. Ele alega que pequenas variações na equipe e no tempo para executar um trabalho produzem diferenças notáveis na produtividade. Por exemplo, uma variação de aproximadamente 10% tanto na força de trabalho quanto no tempo de execução produz uma variação de 1,5:1 na produtividade e, similarmente, uma variação de mais ou menos 20%, acarretará uma variação de 2,3:1 na produtividade. Variações desta ordem são encontradas em todo o tipo de construção. O consumo de mão-de-obra para

qualquer operação repetitiva em qualquer canteiro irá , em circunstâncias normais, ter uma variação de aproximadamente 1:4, variações da ordem de 1:10 não são raras. Quando um grande número de operações que compreendem uma obra são agrupadas, o nível de variabilidade é naturalmente reduzido mas continua considerável. No artigo de PIGGOT (1974), foi observado uma grande variação no total de homens-horas entre diferentes blocos. A razão para tais diferenças é uma combinação dos fatores gerenciais, de desempenho e de produção individual dos operários. Para ele, o fator gerencial é mais significativo que os outros.

CLAPP (1965) encontrou a proporção de 4:1 para taxa média do consumo de mão-de-obra do mais alto para o mais baixo, apontando duas principais causas das variações no consumo de horas: as diferenças de melhorias no processo e as diferenças entre equipes de trabalho.

### 2.3.1 - Considerações sobre a Equipe de Trabalho

Ao observar o processo de construção OLSON (1982) salienta que as melhorias de produtividade mais significativas para serem feitas neste setor estão ligadas a um melhor gerenciamento da obra e das equipes de trabalho. Segundo ele, o gerente da obra é que determina um melhor ou pior arranjo da equipe de trabalho. Similarmente, LOGCHER e COLLINS (1979) fizeram um levantamento a respeito da influência do gerenciamento na produtividade e obtiveram que a taxa de trabalho está fortemente ligada a coordenação e gerenciamento interno da equipe.

Ao identificarem as causas da baixa produtividade, HALLIGAN *et all.*(1994) também chegaram ao nível onde o trabalho realmente é desenvolvido: na equipe. Dificuldades nas condições de trabalho e insatisfações da força de trabalho podem ser causas da lentidão do trabalho, absenteísmo, rotatividades, fadiga, pouca motivação ou uma baixa qualidade do trabalho. Tais reações da equipe podem ser observadas diretamente na obra ou identificadas por meio de um sistema de medição de produtividade.

Já em 1967, MCNALLY e HAVERS sugeriam que fossem feitos estudos de tempos e movimentos para se chegar ao tamanho de equipe ideal por meio da otimização das atividades excluindo ao máximo os tempos improdutivos.

Na prática de obra, a realidade apresenta-se muito distante da otimização das equipes, como pode ser observado no trabalho de HEINECK (1987), onde houve uma grande variação no número de operários no canteiro de semana à semana, além das constantes trocas na composição da equipe.

Os resultados obtidos por PIGGOT (1974), ao examinar o efeito do tamanho da equipe na produção total, mostraram que equipes menores são mais produtivas que equipes maiores e ainda que o controle e a supervisão são mais difíceis nas equipes maiores.

Para chegar a equipe ótima, GHIO (1997a) sugeriu que dois passos fossem seguidos. Primeiramente, através da medição de produtividade, re-estruturar as equipes a fim de reduzir os trabalhos auxiliares e improdutivos. O segundo passo é planejar o método de construção. Na maioria dos casos foi estabelecido que equipes podem ser otimizadas novamente após a implantação do novo método, uma vez que este foi assimilado pelos operários.

Numa análise feita por GATES e SCARPA (1978): relacionando o número de equipes necessárias ao efeito aprendido: “o tempo total para construir todas as unidades de trabalho associadas a um item específico da obra é diretamente proporcional à quantidade de trabalho e inversamente proporcional ao número de equipes empregadas para fazê-lo. Isto significa que o número de equipes-dias é constante. Todavia esta implicação é correta quando existir uma curva de aprendizado de 100%. Quando alguma outra curva for aplicada, a necessidade do número de equipes-dias diminui como o número de equipes diminui. Em outras palavras, devido ao fenômeno da curva de aprendizado, o custo total das equipes está exponencial e diretamente relacionada ao número de equipes empregadas. Por outro lado, o tempo total de construção tende à aumentar quando o número de equipes diminui”.

### 2.3.2 – Conceitos Necessários à Programação de Obras:

A seção anterior foi centrada no trabalho de operários e equipes: será agora considerada a organização destas equipes no canteiro.

#### **Ordem de Construção e Espalhamento do Trabalho**

Devido à natureza dispersa da construção civil, muitas vezes, a mesma atividade é realizada em um grande número de locais de trabalho simultaneamente. Isto resulta numa movimentação das equipes de um lugar para outro seguidas pelas equipes das atividades sucessoras. Com base nestas circunstâncias, BISHOP (1966) considera os locais avaliados como clientes à espera de serviços pela próxima equipe na seqüência de construção.

O bom senso dita que não é uma boa estratégia colocar diferentes equipes da mesma tarefa, lado a lado no mesmo bloco. (HEINECK, 1987).

Permitir ou não o espalhamento da atividade faz parte da estratégia de programação de cada obra. Este assunto é ponto de discussão entre autores da área. EDEN *apud* ONU(1965) defende que devido à complexidade dos deslocamentos das equipes pelas unidades de construção, o gerente tem duas alternativas: não permitir o espalhamento por vários blocos ou criar uma reserva das unidades a serem executadas. Já LUMSDEN(1968) desacredita inteiramente da prática de permitir o espalhamento do trabalho, atribuindo a ele longas durações, flutuações no pagamento semanal dos operários e grandes gastos com mão de obra.

O problema de se espalhar equipes pelos pavimentos é que ocorre uma grande dispersão do montante de recursos, como foi apresentado no trabalho de HEINECK e RAWCLIFFE (1987). É provável que o grande número de interrupções no trabalho e alocações de mão-de-obra de magnitudes diferentes tenham alguma relação com o espalhamento verificado.

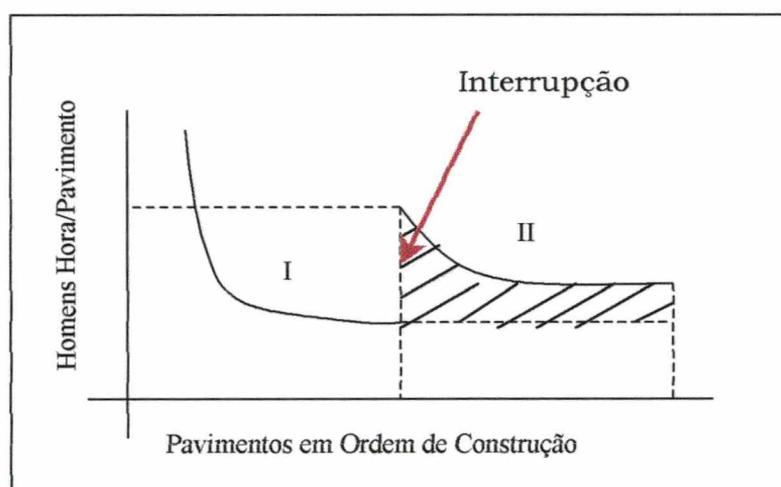
#### **Interrupções**

Quando ocorre uma interrupção no trabalho, a duração da interrupção interfere no andamento do trabalho de duas formas: uma curta interrupção afeta imediatamente a

coordenação do trabalho e quando a interrupção torna-se mais longa provoca efeitos adversos como impactos significativos na habilidade e especialização do operário. (FRANTZOLAS, 1984)

Segundo PIGGOT (1974), a alta incidência de interrupções no começo das operações é um distúrbio que pode ser solucionado com um melhor planejamento da atividade. Além disso, os responsáveis pela programação da obra precisam ser advertidos das implicações desta programação na não-continuidade das operações do canteiro. Para ele, o número de interrupções causadas por fatores relacionados à programação seria um bom indicador de avaliação da eficiência da mesma.

Na publicação da ONU (1965) é apresentada uma análise teórica da influência das interrupções no aprendizado, de onde foi extraída a figura abaixo:



**Figura 2.1 : Análise Teórica da Influência da Interrupção no Tempo de Execução**

**Fonte: ONU (1965)**

O consumo de tempo adicional resultante da interrupção (parte achurada da **Figura 2.1**) foi considerado substancial, isto foi concluído com base em observações feitas em canteiros de obra de 12 países da Europa, onde muito raramente os trabalhos eram executados sem interrupção.

Esta elevação no número de homens-hora após uma interrupção também foi confirmado por FRANTZOLAS (1984). Segundo ele, quando o trabalho é reiniciado, para as operações que apresentam o fenômeno da curva de aprendizado, a produtividade começa com uma taxa de

aprendizado muito baixa quando ocorrem interrupções. HALLIGAN (1994) diz que um longo atraso ou interrupção pode impossibilitar um aumento de produtividade devido ao aprendizado que deixa de acontecer. HEINECK (1987) afirma que cada interrupção causa um desaprendizado, um retorno a um patamar de produtividade inferior.

PIGOTT (1974) aponta que o problema das interrupções se deve ao fato dos serviços serem executados por subcontratantes, que trabalham em vários canteiros simultaneamente. Na visão de HEINECK (1983), quais quer sejam as causas ou a combinação de causas, a descontinuidade do trabalho e o número ótimo de visitas são determinantes no progresso do trabalho no canteiro.

A interrupção causada pela movimentação de homens e de equipes foi estudada por PIGGOT (1974), que identificou as causas das movimentações como devido: a natureza da operação, às implicações de projeto, à falta de material, os retrabalhos e à organização do trabalho insatisfatória. Ele se refere aos estoques de materiais e problemas relacionados com o projeto indicando que estes causaram menos de 10% do número total de interrupções e ainda que os retrabalhos e problemas operacionais foram responsáveis por mais de 88% do número total de interrupções.

### **Intensidade na Alocação de Mão-de-Obra:**

Um pequeno número de publicações atentam para o fato que a intensidade do trabalho é comumente muito baixa nos canteiros de obra, conduzindo, então, à grandes durações das atividades. Num estudo em canteiros de obra, HEINECK e RAWCLIFFE (1987) encontraram uma intensidade do trabalho muito variável. Em um grande número de semanas somente 1, 2 ou 5 homens-horas foram empregados e outras vezes, grandes alocações de 30, 50 homens-horas por semana foram intercaladas com elas.

Para HEINECK (1983) as vantagens em executar o trabalho com um número mínimo de operários estão em aumentar a produtividade pelo efeito do aprendizado, simplificação de problemas de supervisão, queda no número de homens-hora pela redução do número de interrupções e pela facilidade em manter poucos operários totalmente ocupados.

Para saber se o trabalho está sendo levado com intensidade é necessário decidir primeiro uma alocação semanal mínima de homens-horas, o que pode ser uma boa indicação de que um esforço substancial foi usado para a atividade no período de tempo. Na literatura (HEINECK 1987), esta alocação semanal mínima é conhecida por MISWAR (Minimum Significant Weekly Allocation of Resources – Alocação Semanal Mínima Significante de Recursos). Na presente dissertação, foi feito um estudo da alocação semanal no capítulo 4 e corresponde a uma representação gráfica onde no eixo x estão distribuídos os pavimentos em ordem de execução e no eixo y estão dispostas as horas necessárias para executá-los.

#### 2.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO

Se as publicações sobre produtividade forem analisadas, percebe-se que houve uma preocupação matemática dos autores em quantificar tanto o efeito aprendido quanto os consumos de mão-de-obra. Estes trabalhos enfocam relações, correlações e simulações, antes de chegar à raiz dos problemas da produtividade.

A maior dificuldade ao se estudar a produtividade é entender o contexto no qual ela foi obtida. As variabilidades nas taxas de produtividade são tidas como uma grande barreira para entender o desempenho da mão-de-obra e principalmente para prever performance futura, ao mesmo tempo que estas variabilidades retratam com fidelidade as turbulências da produção.

Praticamente não existem publicações a respeito do dia-a-dia da produtividade e suas turbulências. Ela é encarada à distância, através de índices e equações, sem que se fique conhecendo que por de trás daquele número houve muitos retrabalhos, movimentações desordenadas de operários, interrupções e um pequeno número de horas alocadas.

No Brasil nem consumo de mão-de-obra, nem efeito aprendido, muito menos retrabalhos e interrupções são abordados. Pequenos estudos sobre tempos produtivos, auxiliares e improdutivos tem sido relatados.

Os problemas de canteiro relacionados ao progresso do trabalho não afetam somente a produtividade, como também o planejamento das atividades e a programação da obra como

um todo. É ponto pacífico entre autores da área que estes problemas podem ser sanados ou minimizados a partir do entendimento de como eles acontecem e por que acontecem. Para isto faz-se necessário o controle da produção.

Mediante estas reflexões, conclui-se que há necessidade de analisar o fluxo de homens e materiais no canteiro, as interrupções e a baixa alocação, que são como uma radiografia da obra e uma maneira de aferir a programação semanal. Tendo o gerente de obra o conhecimento dos recursos disponíveis, poderá coordenar e dirigir várias tarefas e equipes dentro do canteiro. Poderá fazer a realimentação da programação e basear o cronograma da semana seguinte com base em produtividades reais, como propõe BALLARD (1997). Desta forma o cronograma previsto se torna mais próximo do cronograma executado.

## CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem enfoque quantitativo, sendo desenvolvida com o intuito de diagnosticar a produtividade de uma obra por meio da análise de dados previamente coletados por uma empresa de construção civil. O conhecimento da realidade do canteiro de obras é o primeiro passo no sentido de apontar diretrizes para a otimização dos recursos disponíveis.

Neste capítulo estão apresentados os procedimentos que possibilitaram o desenvolvimento da pesquisa e a análise dos dados, bem como a descrição do contexto da obra do estudo de caso e as dificuldades encontradas para tanto.

Ao introduzir o presente capítulo faz-se necessário mostrar esquematicamente na figura 3.1 as etapas deste estudo:

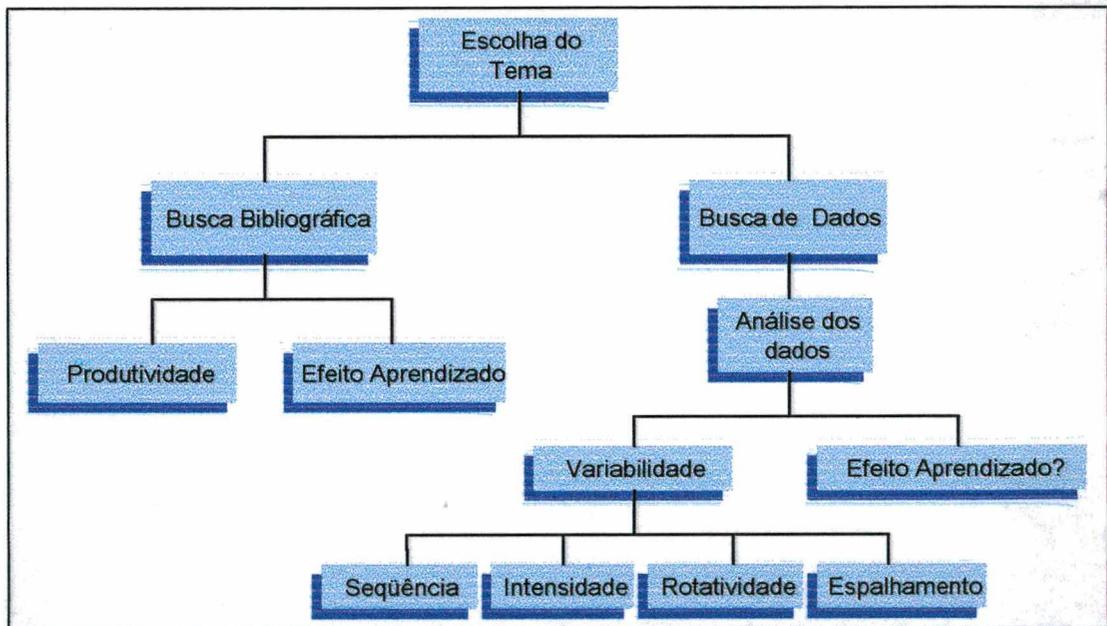


Figura 3.1 Etapas da Pesquisa

Após a pesquisa teórica, foi feito um levantamento das empresas de construção civil a fim de verificar a existência de um banco de dados de produtividade onde os conceitos da teoria pudessem ser testados. Além de empresas, foram contactados também os Sindicatos da Construção Civil das cidades de Florianópolis, Joinville e Curitiba.

Foi difícil o acesso a dados desta natureza. Dentre as 16 empresas consultadas (das localidades de Florianópolis; Joinville Cascavel e Curitiba), apenas 3 afirmaram coletar dados. Uma destas 3 empresas havia começado os procedimentos de coleta muito recentemente, outra não possibilitou o acesso aos seus dados e às suas obras. Por isso não participaram deste trabalho. A terceira empresa permitiu que os seus dados fossem estudados, mostrando-se favorável a este tipo de trabalho no seu canteiro de obras.

### 3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Os dados utilizados neste trabalho fazem parte de um banco de dados de uma empresa de construção civil da cidade de Curitiba (PR). A empresa existe há 42 anos no mercado, possuindo aproximadamente 400 funcionários: 150 no escritório e 250 nas obras (classificada pelo SEBRAE como média empresa). Ela atua na região de Curitiba, nos ramos de construção, incorporação e vendas de imóveis, construindo edificações de médio e alto padrão, bem como prédios comerciais. Atualmente, possui um nível de atividade de 100.000m<sup>2</sup> em construção.

### 3.2 - CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS

A empresa coletava os dados para fins de pagamento do operário. As horas de trabalho tomadas na obra eram repassadas a uma equipe do escritório central que conferia os dados e liberava o salário. No princípio deste trabalho teve-se acesso a dados de cinco obras da empresa acima descrita. Estes dados foram analisados, porém surgiram muitos problemas durante esta análise, como a própria falta de planilhas, que conduziram à investigação dos reais motivos da inconsistência dos dados.

Foram visitadas cada uma das cinco obras a fim de observar a organização dos canteiros e entrevistar os responsáveis pela coleta dos dados.

A entrevista foi direcionada para o conhecimento do processo produtivo, dos procedimentos e dificuldades de coleta. Esta experiência mostrou que antes de se analisar os dados é importante visitar o canteiro. Isto evitará que se perca tempo com dados que não podem ser analisados por não serem confiáveis.

Nas entrevistas, os engenheiros e técnicos assumiram ser os serviços picados os principais problemas que dificultam a coleta. Isto é traduzido como a movimentação descoordenada dos operários pelo canteiro realizando serviços pontuais. Outra dificuldade apontada refere-se a definição dos serviços que compõem a atividade e do nível de detalhe com que deve ser medido.

A inconsistência e a falta de dados das Obras 1, 2, 3, 5 e 6, podem ter acontecido devido a fatores como: mudanças na equipe técnica, tanto engenheiros, mestres e apontadores, além de terem participado da execução várias equipes de empreiteiros para o mesmo serviço, influenciando na forma como os dados foram coletados.

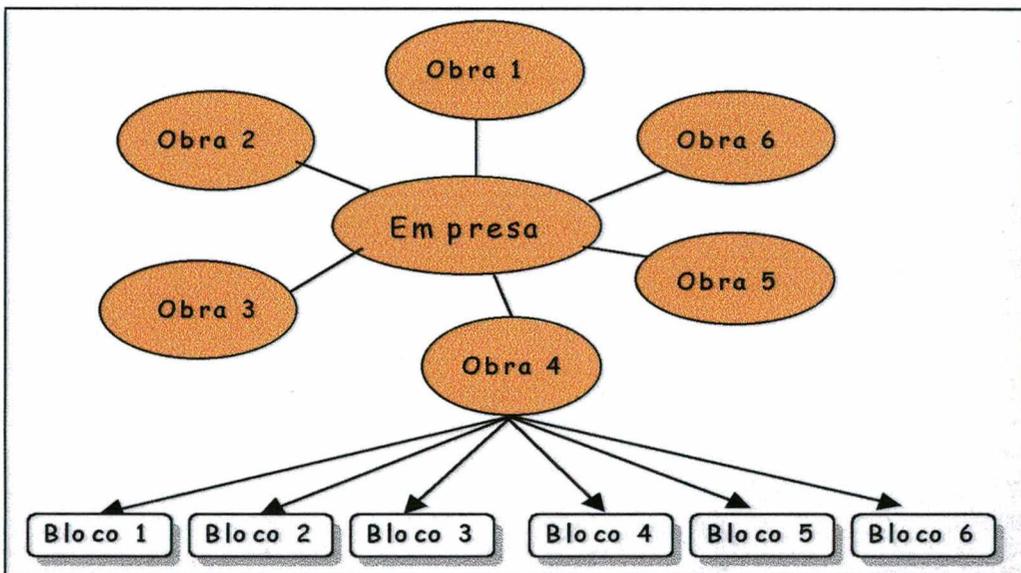
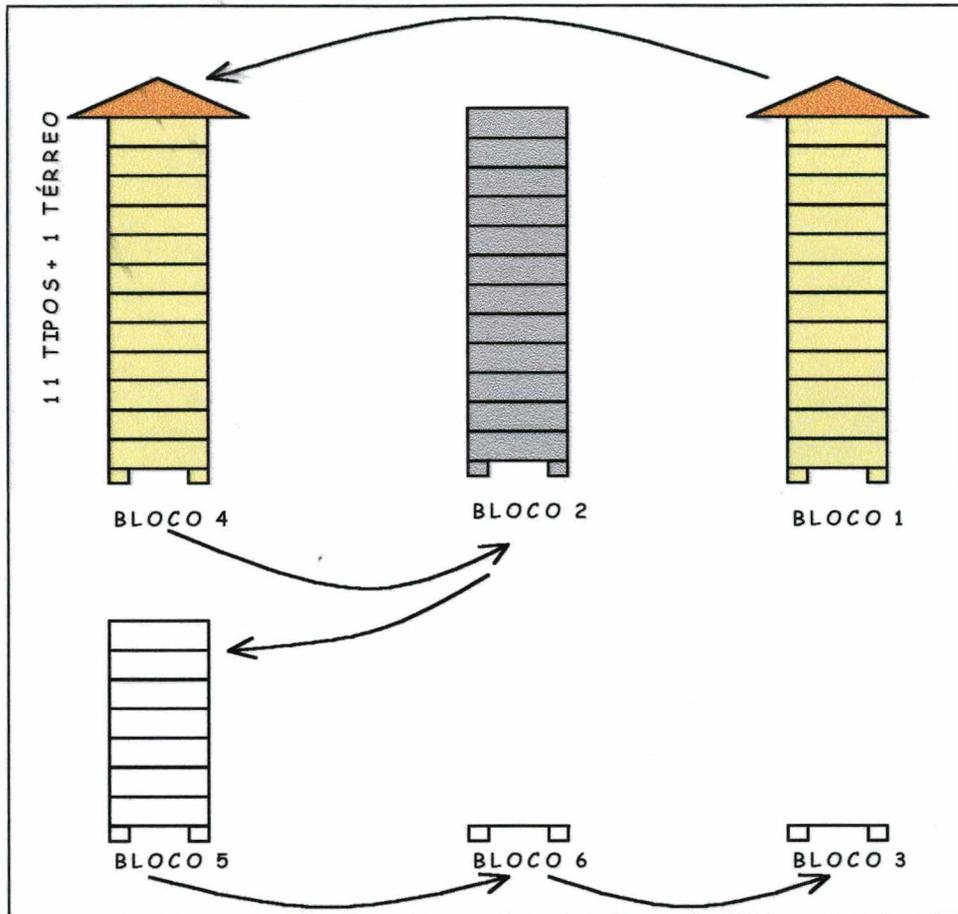


Figura 3.2 Esquema de Obras da Empresa

Somente depois disso é que se teve acesso a Obra 4. Nesta, os procedimentos de coleta foram padronizados, havia uma melhor organização do canteiro e a equipe técnica permaneceu constante desde o início da execução. Optou-se então, por fazer um estudo mais aprofundado unicamente desta obra.

### 3.3 - CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 4:

Os projetos e procedimentos da Obra 4 são padronizados pois esta obra é franqueada do Plano100<sup>1</sup>. Possui seis blocos idênticos (planta baixa no anexo 1), sendo que dois deles encontram-se (em janeiro de 1998) concluídos, dois outros estão sendo construídos e os restantes estão com as fundações executadas. A ordem de execução se deu conforme a **Figura 3.3**.



**Figura 3.3 Ordem e Fases de Execução**

A obra teve seu início em abril de 1995 e seu término está programado para julho de 1999, o padrão de construção é médio e o projeto possui uma área total de 30.000 m<sup>2</sup>. Cada bloco possui área real de 3.900m<sup>2</sup> e quatro apartamentos por andar com área de 75 m<sup>2</sup> cada, conforme planta baixa em anexo (**Anexo 1**).

<sup>1</sup> Conforme descrito por CONTE e MARTINELLI (1997), o *Plano 100* é uma estratégia para desenvolver e introduzir no mercado um produto destinado à classe média e que envolva os elementos da cadeia produtiva com o objetivo de obter melhores resultados atraindo os clientes pela sua qualidade e baixo custo.

Farão parte deste trabalho cinco atividades:

- ☞ Montagem e desmontagem de formas;
- ☞ Concretagem;
- ☞ Alvenaria de parede de 10 e de 15 cm;
- ☞ Revestimento de parede interna com argamassa;
- ☞ Revestimento de teto com gesso.

Embora se tivesse acesso a dados de outras atividades, como por exemplo a fabricação de formas, execução da armadura, colocação de portas e pisos, os mesmos não foram analisados por que se queria dar uma noção da produtividade ao longo das várias etapas da construção, em atividades que fossem o mais representativas possível no consumo de mão-de-obra global.

A coleta de dados começou no mês de maio de 1996. Neste momento já havia decorrido aproximadamente 1 ano do início da obra, por isso as atividades de montagem e desmontagem de formas e concretagem não puderam fazer parte do estudo no bloco 1. O período de abrangência dos dados terminou em janeiro de 1998. Neste período o bloco 5 estava na fase de elevação da estrutura, portanto, as atividades de alvenaria e ambos revestimentos não constaram da análise de tal bloco.

#### 3.4 - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO:

Ao fazer o levantamento do histórico do empreendimento, pode-se observar que durante a execução houve a preocupação da equipe técnica em aprimorar as técnicas de trabalho ao longo da construção através da implantação de inovações tecnológicas, como por exemplo, o sistema de formas Gethal e o revestimento de paredes com argamassa projetada. Estes processos foram testados para se chegar a melhor e mais compensadora forma de construir, incorporando ou não as inovações através de uma avaliação em termos de custo do material e da mão-de-obra.

Considera-se pertinente desenvolver um breve relato sobre os processos de montagem e desmontagem de formas, concretagem, alvenaria, revestimentos internos com argamassa e com gesso a fim de elucidar o cenário estudado.

**Montagem e Desmontagem de Formas:**

No primeiro bloco construído, o sistema de formas usado foi o tradicional, sendo as formas de pilares, vigas e lajes compostas de chapas de madeira compensada e escoradas de madeira de pinho. No sexto pavimento foi implantado o sistema Gethal, sistema racionalizado que utiliza formas plastificadas que propiciam que o mesmo conjunto de formas seja utilizado em dois blocos.

**Alvenaria:**

Na atividade de alvenaria, foram utilizados blocos cerâmicos de dimensões 9 x 19 x 29 cm para paredes de 10 cm. As paredes de 15 cm foram executadas também com blocos cerâmicos com dimensões 14 x 19 x 29. As paredes externas foram todas de 15, sendo que algumas das internas também possuíam esta dimensão, como as entre apartamentos e as que dividiam as áreas úmidas. O encunhamento da alvenaria foi feito com argamassa expansiva. Nos três primeiros pavimentos do bloco 4, um operário foi destinado a executar unicamente o encunhamento, neste caso, as horas trabalhadas eram computadas com o código do encunhamento. Nos demais pavimentos o encunhamento foi feito por um dos integrantes da equipe. A argamassa de assentamento era feita no andar térreo e transportada para o local onde estava sendo feita a atividade. Os blocos eram paletizados e somente era levado ao local de trabalho a quantidade certa de blocos a serem utilizados.

**Revestimento Interno com Argamassa**

As superfícies verticais do bloco 1 foram revestidas com argamassa de cimento e areia composta de 2 camadas: uma de chapisco e outra de emboço alisado. Esta forma de execução do revestimento também fez parte do bloco 4, até o quarto pavimento, onde foi testada a argamassa projetada. O processo de execução da argamassa projetada consiste em lançar a mistura de cimento e areia na parede por meio de uma bomba. A estocagem do material é feita em silos fornecidos pela empresa fornecedora da argamassa, assim como o treinamento dos operários também é dado por esta empresa. A regularização da superfície é feita com desempenadeira elétrica. Nas planilhas de dados fornecidas pela empresa, a argamassa projetada foi identificada pelo código correspondente à massa fina.

### **Revestimento de Tetos com Gesso**

A aplicação do gesso de teto foi feita diretamente sobre a laje.

#### **3.5 - CARACTERIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA:**

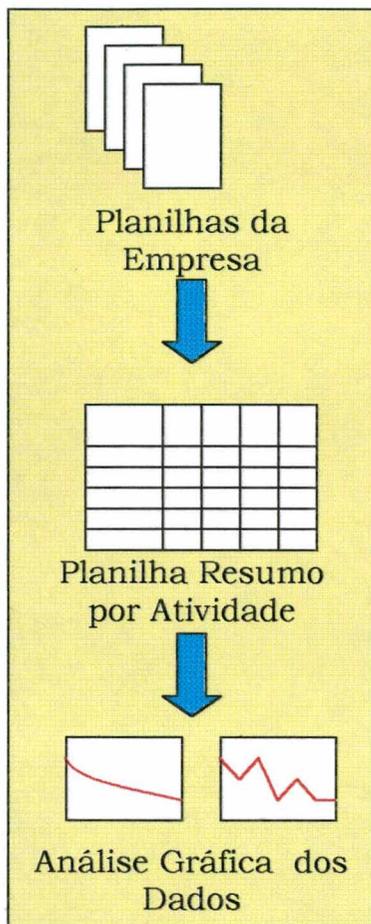
Em uma das visitas à obra foi feito um levantamento das características dos operários que estavam presentes na obra naquela época (outubro de 1997). Este levantamento pesquisou questões como o treinamento dos operários, a idade, o nível de escolaridade, o tipo de contrato e o tempo de trabalho na empresa.

Quanto ao treinamento, observou-se que os mestres, almoxarifes e encarregados (de armadores, carpinteiros e pedreiros) receberam treinamento de prevenção de acidentes do trabalho. Os guincheiros participaram do curso oferecido pelo SENAI específico para o cargo. Dois dos pedreiros foram treinados para assentar cerâmica por uma empresa fabricante do material, assim como os pedreiros que executaram a argamassa projetada. Os gesseiros receberam treinamento para a função antes de fazerem parte da empresa.

O fato que chama a atenção é que operários que desempenham atividades como formas, armação, alvenaria, não recebem qualquer tipo de treinamento, aprendem o ofício com a experiência transmitida por membros mais experientes da equipe.

Os operários apresentam idade média de 36 anos, sendo que somente um deles possui o primeiro grau completo. Em média, estão a dois anos fazendo parte do quadro de funcionários da empresa. Os operários subcontratados executam atividades de fundações, impermeabilização, instalações hidráulicas e elétricas, colocação de portas e janelas, revestimento externo, pintura e ajardinamento. No bloco 4 excepcionalmente ocorreu a subcontratação de operários para executar a alvenaria do 4º ao 11º pavimento, não tendo sido feita a coleta dos dados desta fase.

## 3.6 - METODOLOGIA DE ANÁLISE:



A metodologia de análise dos dados iniciou com a organização das planilhas fornecidas pela empresa. Estas planilhas eram geradas semanalmente com os seguintes dados: responsável técnico pela obra, responsável pela coleta, nome do operário, função, código da atividade por ele desempenhada, dia da semana, local onde o serviço foi realizado e número de horas trabalhadas. No total foram analisados, no programa computacional EXCEL 7.0, dados de 87 semanas de trabalho. Era necessário que se fizesse uma separação das diferentes atividades, então montou-se uma planilha chamada **Planilha-Resumo**. Nela constavam: nome do operário, número de horas trabalhadas na semana em cada atividade e em cada local.

Ambas planilhas estão apresentadas nos **Anexos 2 e 3**, respectivamente.

Foram levantadas na empresa as quantidades de serviço para cada pavimento e extraíndo o número de horas trabalhadas destas planilhas foi possível analisar a evolução da produtividade nesta obra.

A planilha-resumo concentrou informações suficientes para que análises ligadas à movimentação de operários e à intensidade da alocação semanal de horas fossem feitas. Contudo, foi necessário refinar estas informações gerando outras planilhas específicas direcionadas para o conceito que se quisesse comprovar.

É importante salientar que nas horas apontadas nas planilhas da empresa, estão inclusos tempos em que os operários estiveram parados por motivo de chuva, à espera de material, à

espera da liberação de frentes de trabalho e transportes internos da atividade; não estão computadas as horas gastas com atividades auxiliares como transporte geral da obra (caminhão-almoxarifado) e limpeza, que possuem um código próprio.

Alguns fatos dificultaram ou atrasaram o andamento da pesquisa. Este aspecto será abordado no item 3.7.

### 3.7 - DIFICULDADES METODOLÓGICAS:

- A maior dificuldade encontrada na realização deste trabalho foi encontrar uma empresa que dispusesse os dados para análise, demandando a etapa de busca de dados cerca de quatro meses (de março a junho de 1997);
- Depois de encontrada a empresa, dados de 5 obras foram analisados e não foram utilizados. Isto por que nestas obras os dados eram coletados de forma mais desorganizada: ou por que faltavam planilhas, ou por que a obra havia sido executada por vários empreiteiros, não podendo assim ser possível uma análise de aprendizado nas mesmas.
- Na obra escolhida para o estudo, a coleta foi organizada. Para cada semana de trabalho a empresa montava uma planilha, em cada planilha haviam em torno de sete páginas. Como o estudo englobou 87 semanas, foram envolvidas em torno de 600 páginas por atividade estudada. Este volume dificultou o manuseio dos dados e alimentação dos dados no computador levou de outubro de 1997 a janeiro de 1998;
- As atividades eram identificadas por códigos que possuíam quatro níveis de acordo como o grau de especificação da atividade. Por exemplo, o código 11.00.00.00 se refere a alvenaria, o 11.01.00.00 corresponde a alvenaria de bloco cerâmico, o 11.01.01.00 quer dizer que além das características acima, ela possui espessura de 10 cm, para as paredes de espessura de 15 cm o código é 11.01.02.00 e assim sucessivamente para as outras atividades. O grande número de códigos envolvidos exigiu muita atenção no momento de fazer a separação das atividades;

- Outra dificuldade foi que a obra não possuía diário. O diário seria uma ferramenta importante se estudado em paralelo à análise quantitativa, pois nele estariam as informações a respeito das anormalidades que ocorreram na obra, como intempéries, falta de materiais e equipamentos, podendo apontar prováveis causas para as variabilidades;
- No caso da análise da movimentação das equipes e da rotação de operários seria interessante que os dados das diferentes atividades tivessem sido armazenados todos na mesma planilha para facilitar o acesso às informações usadas na montagem dos esquemas apresentados no capítulo 4;
- Para que análises mais aprofundadas pudessem ser feitas, seria importante que na coleta dos dados fossem tomadas separadamente as horas de montagem e desmontagem de formas, uma vez que a literatura antevê que o aprendizado é maior na montagem;
- Conforme o que recomenda a literatura, seria importante que estudos da produtividade diária tivessem sido feitos, mas nos dados diários não constavam as quantidades produzidas por dia.

## CAPÍTULO 4 : ANÁLISE DOS DADOS

A evolução da produtividade ao longo da construção é apresentada sob o enfoque do aprendizado. Dificuldades foram encontradas para que os dados pudessem ser analisados desta forma, como a própria definição de uma ordem de execução dos pavimentos. Surge então a necessidade de aprofundamento nas questões relacionadas à organização e movimentação das equipes de trabalho. A finalidade principal desta parte da análise pretende tornar de fácil entendimento os problemas ligados à equipe usando uma forma mais ilustrativa que numérica, embora para se chegar aos desenhos se tenha feito uma análise numérica prévia. Possivelmente os problemas relatados tenham reflexo direto na alta variabilidade encontrada nos dados.

Devido ao grande número de dados e gráficos que fazem parte deste estudo, neste capítulo estão apresentados somente os gráficos mais interessantes, que chamam a atenção por alguma característica comum à revisão bibliográfica. Os demais dados fazem parte dos anexos.

### 4.1 - ANÁLISE DO EFEITO APRENDIZADO

Conforme apresentado anteriormente no capítulo 2, é bastante aceitável que a produtividade para tarefas repetitivas de construção melhore à medida que a prática e a experiência vá aumentando. À este fenômeno dá-se o nome de efeito aprendizado.

Segundo PANZETER *et al.* (1989), a construção civil apresenta ganhos com o efeito aprendizado mais brandos que os da indústria da manufatura, na ordem de reduções de 10% no consumo médio de mão-de-obra ao dobrar-se o lote de produção.

Poderia-se imaginar que ele se fizesse presente também nesta obra do estudo de caso, pelo fato da mesma apresentar características interessantes como o fato de ser repetitiva (com pavimentos iguais), canteiro organizado, procedimentos de execução pré-determinados, mesma equipe técnica desde a execução do primeiro bloco, engenheiro presente em tempo integral na obra. Por isso optou-se em traçar curvas de aprendizado unitárias e cumulativas para ajudar a modelar o desempenho da mão-de-obra neste canteiro.

Como apresentado anteriormente na revisão bibliográfica, a curva de aprendizado unitária apresenta o dado como ele realmente aconteceu e a curva média cumulativa tem o poder de suavizar as variabilidades encontradas na unitária.

Nestas análises serão computadas as horas dos operários que realmente executaram a atividade, não sendo levadas em conta as horas de mestres e encarregados.

#### 4.1.1 - Montagem e Desmontagem de Formas

A primeira atividade a ser estudada foi a de montagem e desmontagem de formas. Para SOUZA (1996), a verificação da ocorrência do aprendizado parece ser importante para esta atividade, uma vez que ela pode ser considerada uma tarefa complexa, com alto consumo de mão-de-obra e composta, muitas vezes, por operações não-tradicionais como por exemplo a montagem em um novo sistema de formas ou de escoramentos.

Por outro lado, não se pode deixar de atentar para o fato que a montagem e desmontagem de formas é interrompida por outras atividades como a fabricação e restauração, aplicação de desmoldante, fabricação e colocação de armaduras, concretagem, que de certa forma, também causam descontinuidades.

Neste estudo pretende-se verificar que o número de homens-hora consumidos para executar os pavimentos diminui à medida que a edificação se eleva. Se isto acontecer, o aprendizado é verificado. Para se conhecer a magnitude desta redução, é feita a análise da taxa de aprendizado (também chamada de Lei de Aprendizado). Esta taxa é baseada no expoente “k” da equação (1), apresentada no capítulo 2 (página 13).

Para exemplificar, apresenta-se alguns valores de k e suas respectivas leis de aprendizado na **Tabela 4.1**:

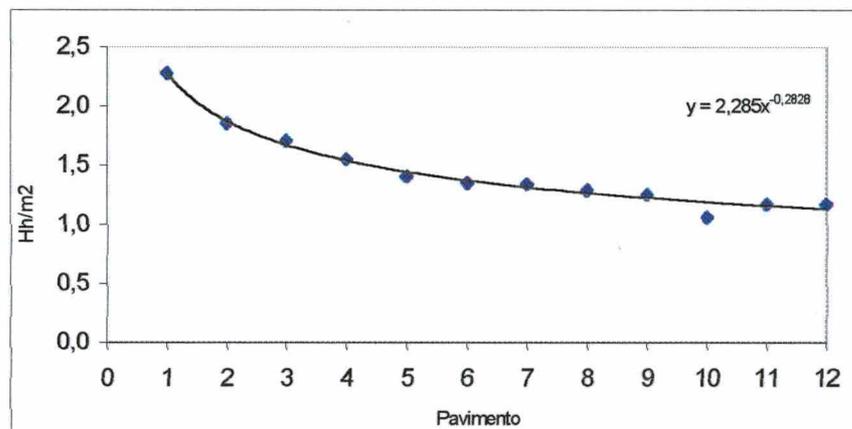
**Tabela 4.1: Leis de Aprendizado**

k	Lei de Aprendizado
0,1	93,3%
0,2	87,1%
0,3	81,2%
0,4	75,8%

A Lei do Aprendizado é expressa em termos percentuais. Quanto maior for esta percentagem, menor é o aprendizado. No caso da montagem e desmontagem de formas do bloco 4, a equação da curva média cumulativa de aprendizado é:

$$T_x = 2,285 X^{-0,2828}$$

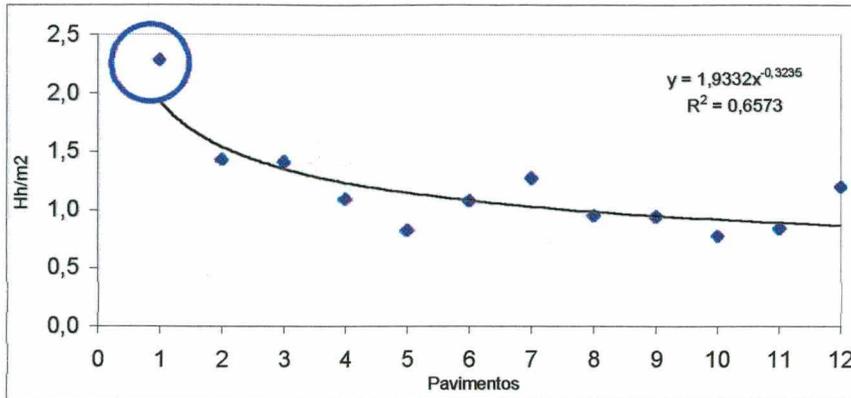
A taxa de aprendizado (T) corresponde ao declive da curva. Para  $K = -0,2828$ ;  $T = 82\%$ , que significa que toda a vez que o número de pavimentos executados for duplicado, a quantidade de homens-horas necessários diminuem 18%. A representação do aprendizado é mostrada na literatura em forma de curva, plotada com dados acumulados. Na presente obra a curva encontrada foi a seguinte:



**Gráfico 4.1 : Produtividade Acumulada da Montagem e Desmontagem de Formas Bloco 4**

Embora seja mais usual se referir ao aprendizado considerando a produtividade acumulada, traçou-se também a curva com dados unitários.

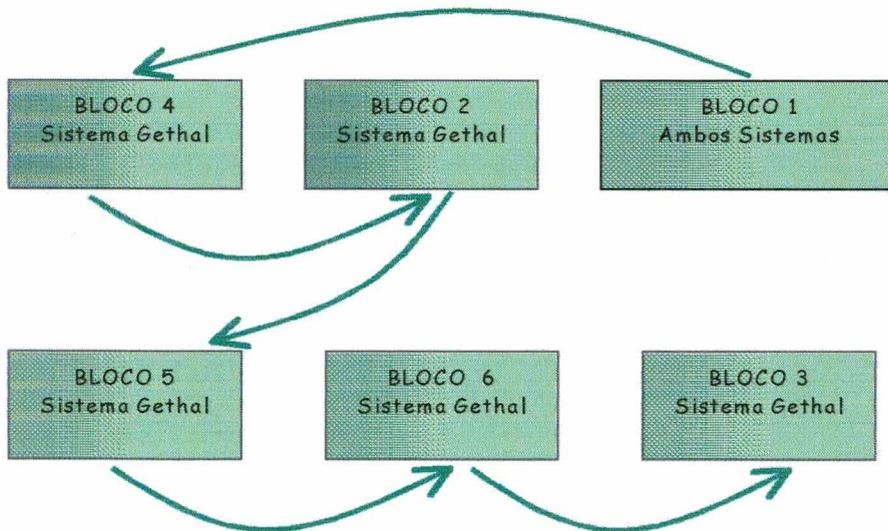
Na curva do gráfico 4.1 pode-se perceber o quanto a curva acumulada atenua as variabilidades encontradas nos dados unitários plotados no gráfico 4.2, tanto que o coeficiente de determinação passa de 0,6573 para 0,967, o que representa uma maior precisão da linha de tendência.



**Gráfico 4.2 : Produtividade da Montagem e Desmontagem de Formas-Bloco 4**

A opção por mostrar o aprendizado com dados unitários se justifica na medida que eles mostram a produtividade exatamente como ocorreu no canteiro. A curva média cumulativa apresenta pontos que sofreram tratamento matemático com a finalidade de reduzir a variabilidade encontrada nos unitários. Sua principal fundamentação está em obter uma produtividade média mais consistente para ser usada na previsão de desempenho. A produtividade do primeiro pavimento foi baixa por serem necessários algumas adaptações na forma deste pavimento, o que não ocorreu nos demais.

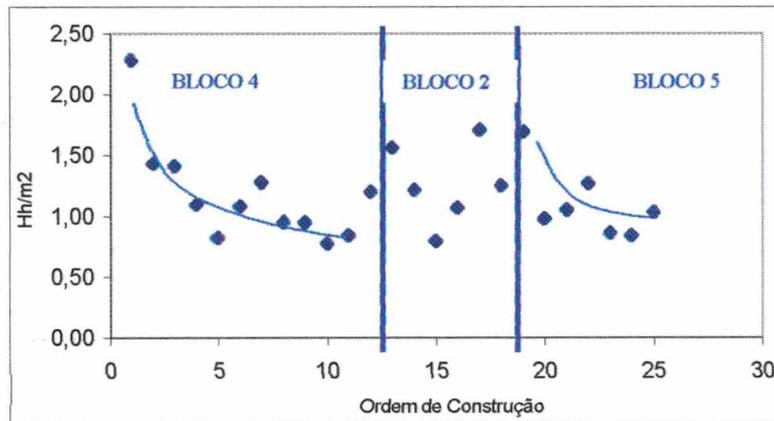
Na obra em estudo, a tecnologia de execução das formas foi modificada, passando do sistema convencional para o sistema do tipo Gethal. A Figura 4.1 mostra a sequência de execução conforme a disposição dos blocos no canteiro de obras.



**Figura 4.1 : Ordem de Execução na Montagem e Desmontagem de Formas**

A mudança de tecnologia aconteceu ainda na 6ª laje do bloco 1, (este bloco não fará parte do estudo de formas como anteriormente explicado) contudo os reflexos da implantação da nova tecnologia ainda podem ser verificados no próximo bloco a ser executado – o bloco 4.

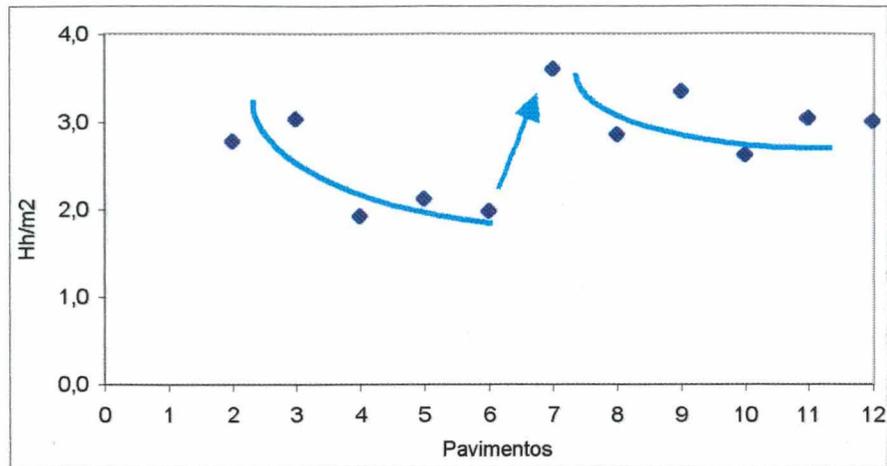
A produtividade em todos os blocos foi plotada de acordo com a ordem de execução no gráfico nº 4.3. Percebe-se que no 4º e no 5º bloco acontece a diminuição no consumo de homens-horas. Contudo, ainda assim a variabilidade é grande, da ordem de 1:2. No bloco 2, a empresa coletou dados de apenas 5 pavimentos, quais sejam: 3º, 4º, 9º, 10º e 11º, sendo que as produtividades referentes a estes pavimentos apresentaram uma dispersão muito grande.



**Gráfico 4.3 : Produtividade da Montagem e Desmontagem de Formas - Todos os Blocos**

#### 4.1.2 - Concretagem

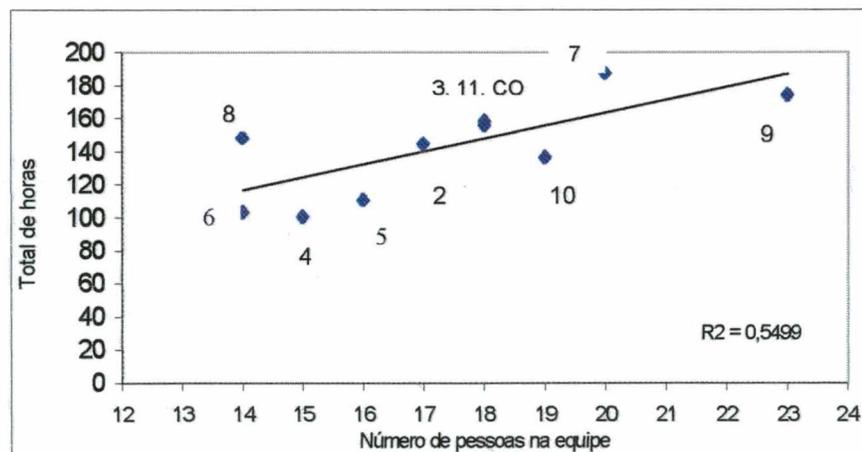
No caso da concretagem, o que aconteceu foi um aumento no número de homens-horas consumidos à medida que os pavimentos eram executados. O que não quer dizer que os operários tenham comprovado um desaprendizado com as repetições. Isto aconteceu devido ao aumento da equipe de concretagem. Ao invés da gerência aproveitar os benefícios do aprendizado, mantendo a mesma equipe ou inclusive diminuindo-a com a execução da obra, mais e mais operários eram inseridos. Fica claro nestes dados que equipes menores são mais produtivas, uma vez que a quantidade de serviço é a mesma para todos pavimentos. Na concretagem do bloco 4, os dados do primeiro pavimento não foram coletados.



**Gráfico 4.4 : Produtividade da Concretagem - Bloco 4**

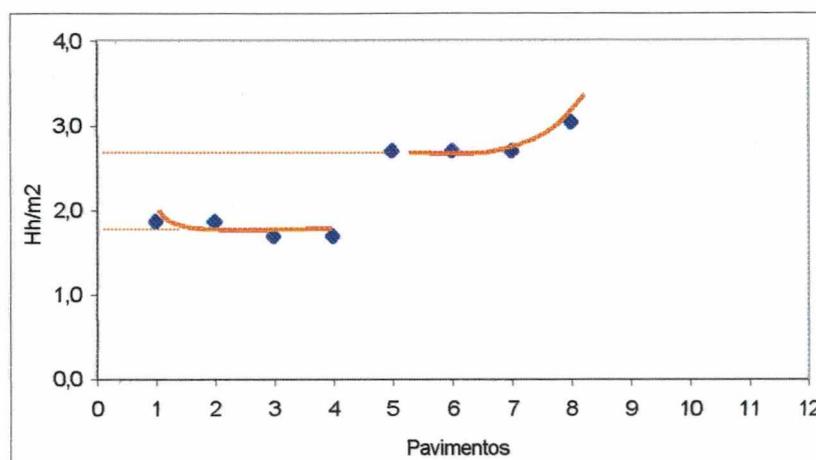
À medida que mais operários são colocados para executar a concretagem, menor é a intensidade aplicada no trabalho. Observa-se no gráfico 4.4 que quando, no sétimo pavimento, foi incorporada a equipe da obra outra equipe chamada “equipe móvel de concreto” os homens-hora passaram de 2 para 3,7 hh/m<sup>3</sup>, isto significa um aumento no consumo de mão-de-obra da ordem de 85%.

Percebeu-se então, a necessidade de fazer um estudo do número de pessoas envolvidas em função do número de horas gastas em cada pavimento. Possivelmente ao se aumentar o número de pessoas, será também aumentado o número de horas, gerando uma linha de tendência ascendente. Desta forma, espera-se que a sequência de construção esteja ordenada do último pavimento para o primeiro de acordo com o princípio do aprendizado.



**Gráfico 4.5 : Relação entre o Total de Horas e o Número de Pessoas na Equipe - Bloco 4**

Nesta análise a relação foi praticamente linear do consumo de homens-horas em função do número de homens na equipe, e, uma vez considerando a quantidade de serviço constante, evidencia-se um fraco planejamento da concretagem. Neste gráfico, a ordem de execução foi colocada próxima aos pontos, evidenciando que a diminuição no número de pessoas não tem relação com pavimentos realizados mais para o final da obra.

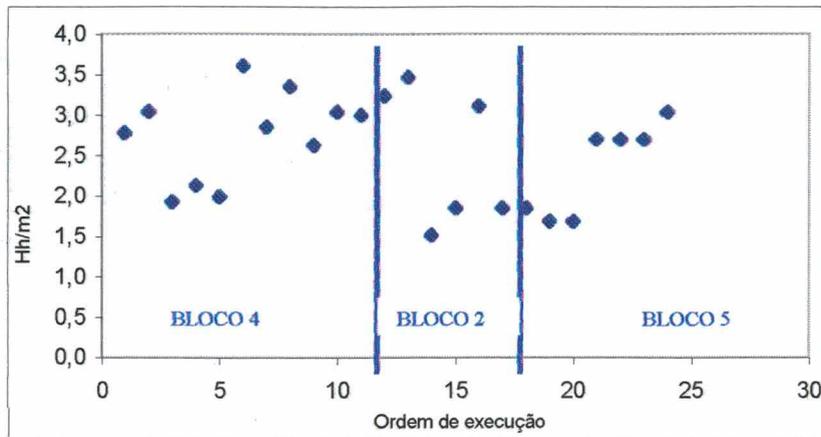


**Gráfico 4.6 : Produtividade da Concretagem - Bloco 5**

No bloco 5, cujos dados estão no **Gráfico 4.6**, aconteceu algo semelhante ao bloco 4, onde se observa um salto no consumo de homens-horas do pavimento 4 para o 5, onde foram inseridos 6 homens na equipe antes composta por 10. Até o 4º pavimento a equipe possuía, respectivamente 11, 9, 10 e 10 homens, do 5º ao 7º passou a ter 16, 15 e 15, respectivamente, propiciando a idéia de dois níveis distintos de produtividades. Existem, portanto, indícios de que a produtividade é menor à medida que se aumenta equipe de trabalho.

Outra observação foi que o bloco 2 apresentou um menor número de dados (**Gráfico 4.7**), apenas foram levantados os dados dos pavimentos 3, 4, 9, 10 e 11. Assim como na atividade de formas, houve muita variabilidade nestes pontos.

Nos dados de produtividade da concretagem não foram computadas as horas de eletrecistas, armadores, encarregados e do mestre. Somente dos operários que efetivamente trabalharam neste serviço.



**Gráfico 4.7 : Produtividade da Concretagem - Todos os Blocos**

Um fato importante a ser relatado é que no bloco 4 a concretagem era feita todo o sábado, isto significa que era montado um pavimento por semana pela equipe de formas. Uma meta foi traçada: concretar uma laje por semana e os operários estavam cientes desta meta. A partir do bloco 2, a direção da empresa procurou reduzir os gastos, eliminando as horas-extras. Neste bloco a concretagem começa a ser feita a cada duas semanas. Segundo a equipe técnica os operários perderam o sentimento da meta a ser atingida, refletindo-se numa produtividade mais variável, principalmente para a equipe de formas (**Anexo 4**).

#### 4.1.3 - Alvenaria

A coleta dos dados de alvenaria foi feita separando-se a atividade em serviços menores. Foram anotadas as horas trabalhadas em marcação, alvenaria propriamente dita (enchimento do vão) e encunhamento, além da distinção entre alvenaria de 10 e de 15 cm. Isto exige habilidade por parte do apontador, pois no total são 6 anotações diferentes para a atividade de alvenaria: marcação de parede de 10, enchimento de 10, encunhamento de 10, marcação de parede de 15, enchimento de 15 e encunhamento de 15 cm.

A alvenaria de 15 cm não foi feita somente nas paredes externas, fazendo parte de alguns cômodos como por exemplo as paredes divisórias entre os apartamentos. Por isso, neste trabalho, as alvenarias não estão sendo chamadas de alvenaria interna e externa.

A alvenaria do bloco 4 foi praticamente toda executada por empreiteiros, com exceção dos pavimentos: 1, 2 e 3. A empresa alegou que, neste caso, não havia o interesse em controlar

as horas trabalhadas para fins de pagamento, por isso não se tem dados dos demais pavimentos.

Um dos objetivos deste capítulo é apresentar as dificuldades de se analisar os dados. Uma das maiores dificuldades foi entender o índice de produtividade da alvenaria. As produtividades foram muito diferentes entre alvenaria de 10 e de 15 cm como visto na **Tabela 4.2** que apresenta os dados referentes ao bloco 2.

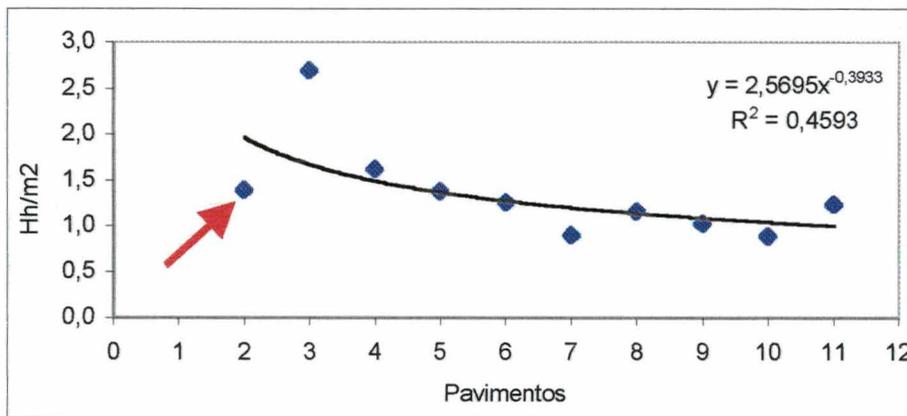
Os dados do 1º pavimento não estão fazendo parte desta tabela por que o escritório da obra localiza-se neste andar, então ele é o último a ser executado e ficou fora do período de coleta dos dados.

**Tabela 4.2 : Produtividade das Alvenarias de 10 e 15 cm do Bloco 2**

Pavimento (1)	Horas trabalhadas em alvenaria		Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> ) das alvenarias		Total de horas (2) + (3) (6)	Produtividades de ambas alvenarias (7)
	de 10 cm (2)	de 15 cm (3)	de 10 cm (4)	de 15 cm (5)		
2	339.0	290.4	2.42	0.93	629.4	1.39
3	849.6	369.6	6.07	1.18	1219.2	2.70
4	734.4	-	5.25	-	734.4	1.62
5	480.0	144.8	3.43	0.46	624.8	1.38
6	572.0	-	4.09	-	572.0	1.27
7	382.4	26.4	2.73	0.08	408.8	0.90
8	528.0	-	3.77	-	528.0	1.17
9	369.6	96.8	2.64	0.31	466.4	1.03
10	344.0	59.2	2.46	0.19	403.2	0.89
11	498.0	61.6	3.56	0.20	559.6	1.24

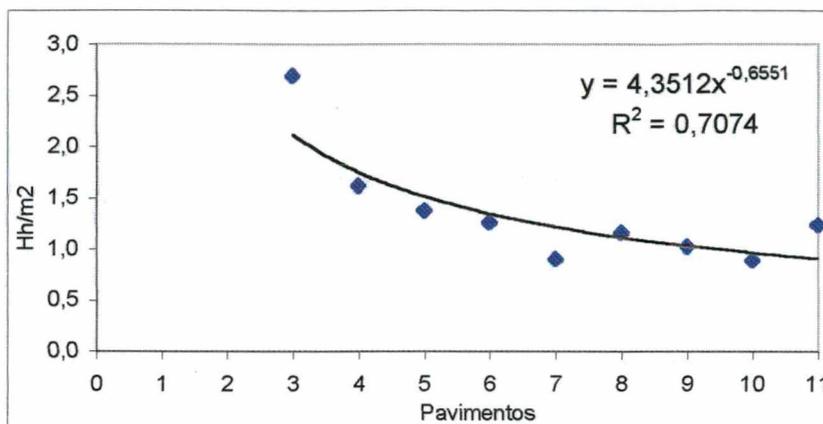
Nos dados do bloco 2 fica evidente a dificuldade do apontador. Além de faltarem dados de alvenaria de 15 cm em 3 pavimentos, as horas consumidas para a alvenaria de 10 e alvenaria de 15 são muito diferentes. Isto torna a análise dos dados também difícil. Observa-se que a alvenaria de 10 cm apresenta uma produtividade menor que a alvenaria de 15. Segundo publicação sobre a influência do tamanho do bloco na produtividade da alvenaria (HEINECK, 1991b) isto pode se justificar em função do bloco de 15 apresentar peso maior que o de 10cm e as dimensões na face do bloco serem iguais. Porém, se os dados de ambas alvenarias forem somados, as variações na produtividade tornam-se menores. Este fato é um indício de que o apontador não possuía um controle rígido das horas empregadas distiguindo os dois tipos de paredes.

Para efetuar o cálculo das produtividades da alvenaria de 10 cm, mostrados na coluna 4 da **Tabela 4.2**, tomou-se as horas trabalhadas (coluna 2) e dividiu-se pela quantidade correspondente de alvenaria de 10 cm (140 m<sup>2</sup>). Para a alvenaria de 15 cm dividiu-se a coluna 3 pela quantidade de alvenaria de 15 cm (312 m<sup>2</sup>), sendo o resultado apresentado na coluna 5. Como os resultados das produtividades foram muito variáveis fez-se a soma das horas gastas para executar toda a alvenaria do pavimento e dividiu-se pela quantidade total de serviço (452m<sup>2</sup>), chegando-se a um dado mais aceitável, com uma produtividade média de 1,36 Hh/m<sup>2</sup>. Estes dados são apresentados no **Gráfico 4.8**:



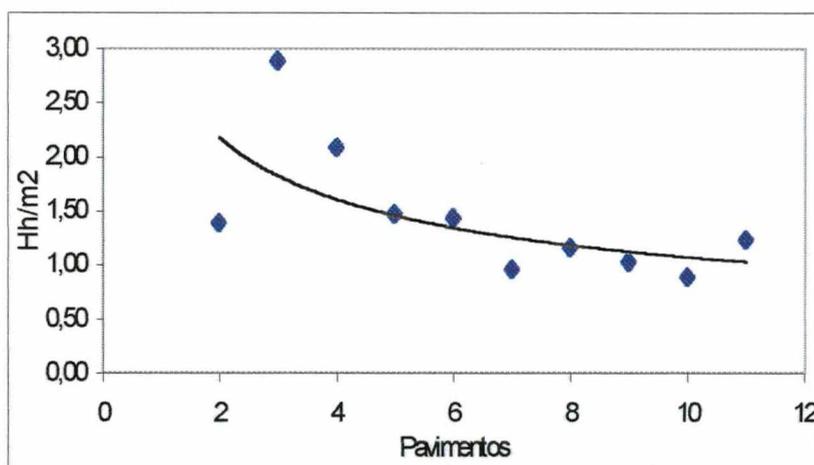
**Gráfico 4.8: Produtividade da Alvenaria de 10 + de 15 cm - Bloco 2**

Nas entrevistas com o engenheiro da obra tomou-se conhecimento que haviam acontecido mudanças na organização das equipes de alvenaria no bloco 2. Como este bloco foi o terceiro a ser executado, as equipes estavam melhor organizadas que nos blocos 1 e 4 (dados apresentados no gráfico 4.11). Como eram 4 apartamentos, foram colocadas 4 equipes para que cada pedreiro se responsabilizasse por executar sempre o mesmo tipo de apartamento em todos os pavimentos, sendo que o servente auxiliava à 2 pedreiros simultaneamente. Pela análise do aprendizado no **Gráfico 4.8**, observa que a melhora de produtividade pode ter acontecido pela influência desta atitude. Já a produtividade do segundo pavimento não acompanhou a tendência dos demais, conforme indicado pela seta no **Gráfico 4.8**, tanto que se a desconsiderarmos (**Gráfico 4.9**), o coeficiente de determinação melhora significativamente.



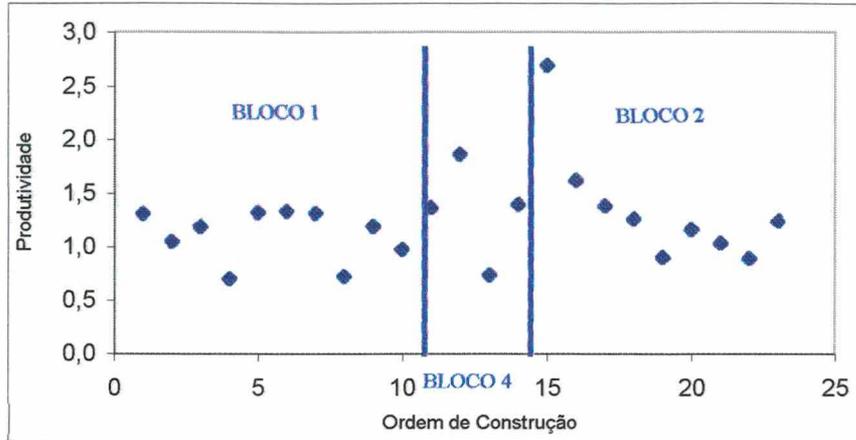
**Gráfico 4.9 : Produtividade da Alvenaria de 10 + de 15 Exceto Pavimento 2 - Bloco 2**

Já a decisão de coletar dados à um nível de detalhe muito elevado não se mostrou muito eficiente, como se observa no **Gráfico 4.10**, uma vez que a produtividade varia muito pouco se forem também considerados os dados de marcação e encunhamento. A forma da curva também não se modifica.



**Gráfico 4.10 : Produtividade da Marcação+Alvenaria+Encunhamento Bloco 2**

A produtividade média se eleva de  $1,36 \text{ Hh/m}^2$  para  $1,46 \text{ Hh/m}^2$  se forem levados em conta a marcação e o encunhamento, o que representa uma diferença de menos de 7% na produtividade. É importante salientar que o esforço e o treinamento para se ter o controle destas duas sub-atividades é muito maior que se coletassem números mais gerais e que retratariam a realidade do consumo de mão-de-obra tão bem quanto, ou melhor que desta forma que está sendo feita atualmente.

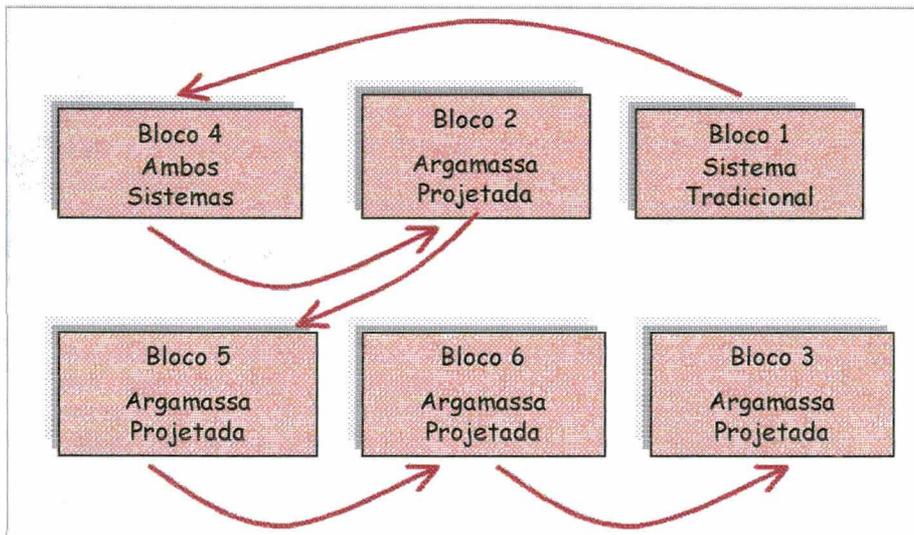


**Gráfico 4.11 : Produtividade de Ambas Alvenarias - Todos os Blocos**

No **Gráfico 4.11** observa-se a evolução da produtividade das alvenarias de 10 e 15 cm conjuntamente. Apesar da produtividade global ser pior no bloco 2, o efeito aprendido é mais claro neste bloco que nos demais, justamente onde se observou a constância nas equipes e o melhor planejamento da atividade (conforme descrito na página 43).

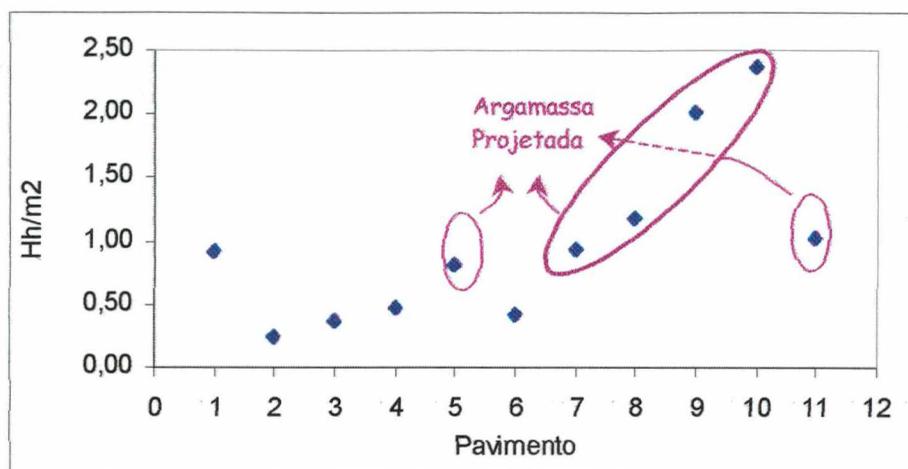
4.1.4 - Revestimento Interno - Argamassa:

A atividade de revestimento interno sofreu mudanças ao longo da execução da obra. No primeiro bloco ela era executada da forma tradicional: uma camada de chapisco e outra de emboço alisado, depois foi testada uma nova tecnologia, a argamassa projetada.



**Figura.4.2 : Ordem de Execução dos Blocos**

A argamassa projetada começou a ser executada no bloco 4, nos pavimentos 5, 7, 8, 9, 10 e 11. O pavimento 6 foi executado ainda no sistema tradicional.

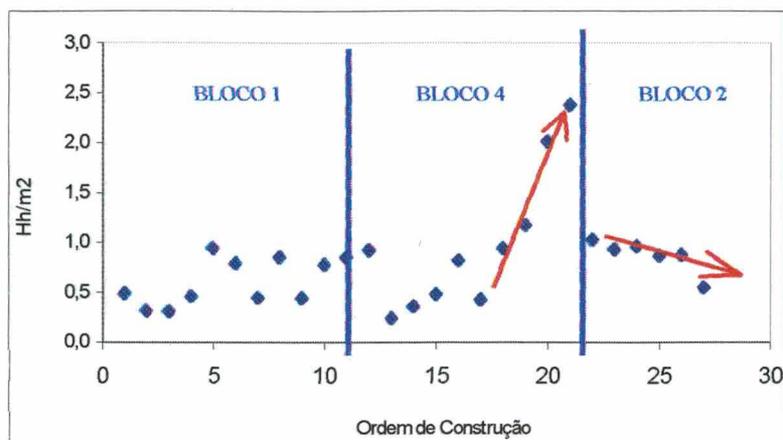


**Gráfico 4.12: Produtividade do Revestimento Interno – Bloco 4**

Neste caso (**Gráfico 4.12**) observa-se que nos pavimentos onde foi executada a argamassa projetada a produtividade foi elevando-se e a amplitude da variação foi bem maior que no processo convencional. Tanto que no pavimento 6, executado de forma tradicional, pode-se perceber um menor consumo de homens-horas.

O treinamento para implantação desta inovação foi dado no próprio canteiro pelo fabricante da argamassa. Segundo entrevista com a equipe técnica da obra, este treinamento foi dado no pavimento 5 e à partir do 7º foram testadas várias equipes, chegando a ter treze operários no 10º pavimento, alcançando a composição ideal somente no 11º pavimento.

A seguir será apresentado um gráfico que mostra o desenvolvimento da produtividade na atividade de revestimento interno, que na empresa recebe o nome de massa fina. Ali estão plotados, de forma acumulada, dados de todas as repetições executadas desde o começo desta atividade. Isto quer dizer que do 1º ao 11º dado tem-se as produtividades do bloco 1, do 12º ao 22º os dados do bloco 4 e do 23º ao 27º, os dados do bloco 2 (os demais pavimentos do bloco 2 não fazem parte do período de análise).



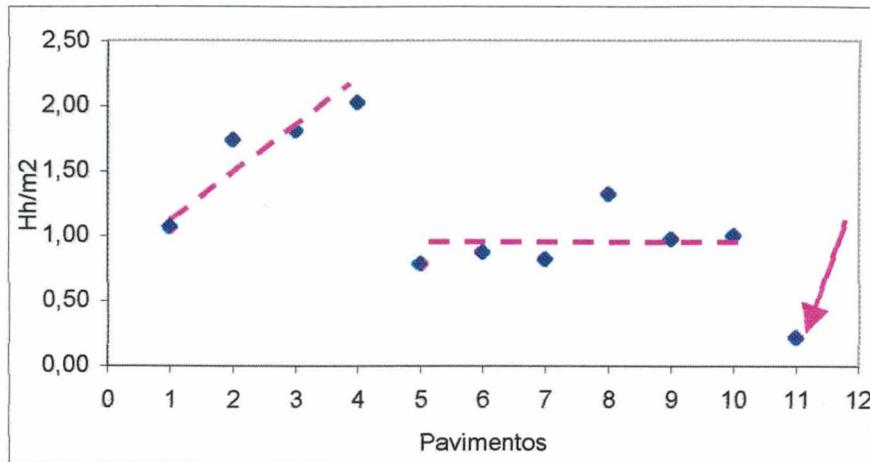
**Gráfico 4.13 : Produtividade do Revestimento Interno - Todos os Blocos**

O aumento no consumo de homens-horas é uma tendência nítida se for observado o **Gráfico 4.13** como um todo. Contudo, se for analisada a região dos pontos onde houve mudança de um bloco para outro, perceber-se-á que ocorreram degraus na produtividade seguidas de estabilização e até mesmo de tendência à diminuição no consumo de mão-de-obra durante a construção do bloco. Esta situação pode ser retratada também pelos consumos médios de mão-de-obra para os blocos 1, 4 e 2, respectivamente, que foram  $0,61 \text{ Hh/m}^2$ ,  $0,99 \text{ Hh/m}^2$  e  $0,84 \text{ Hh/m}^2$ .

Comparado-se a produtividade antes e depois da inovação tecnológica percebe-se uma queda de produtividade. Conforme explanado no capítulo 2, aconteceu o mesmo no trabalho em que BISHOP (1966) analisou a implantação de uma nova tecnologia. Segundo ele, os ganhos de produtividade aparecem à medida que os operários forem se ambientando com a nova forma de trabalhar, basta que a inovação seja exequível e que haja persistência na prática por um tempo considerável.

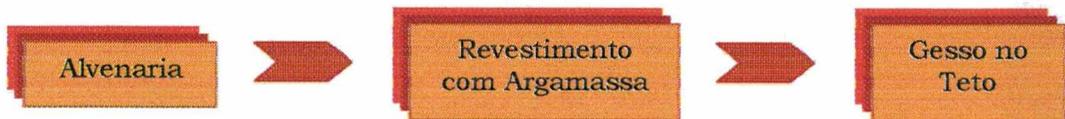
#### 4.1.5 - Gesso de Teto

Para a aplicação do gesso em teto era esperado que houvesse uma sensível diminuição dos homens-horas envolvidos a medida que a equipe fosse executando a obra. Isto por que esta atividade exigiu uma certa especialização dos operários e neste caso as modificações na equipe foram menores que nas outras atividades (principalmente no que se refere aos oficiais).



**Gráfico 4.14 : Produtividade do Gesso de Teto - Bloco 2**

Quando os dados do bloco 2 foram plotados, se vislumbrou dois subconjuntos de pontos sendo que a diferença de produtividade entre estes dois níveis foi de 2:1. O consumo de horas para o 11º pavimento foi baixo pois o período de abrangência dos dados utilizados neste trabalho não englobou todas as horas trabalhadas neste pavimento. Os últimos pavimentos consumiram mais horas que os primeiros a serem executados, ao contrário do que se esperava. A precedência de execução das atividades antecessoras e sucessoras ao gesso de teto mudou. Nos blocos 1 e 4 a ordem de execução foi:

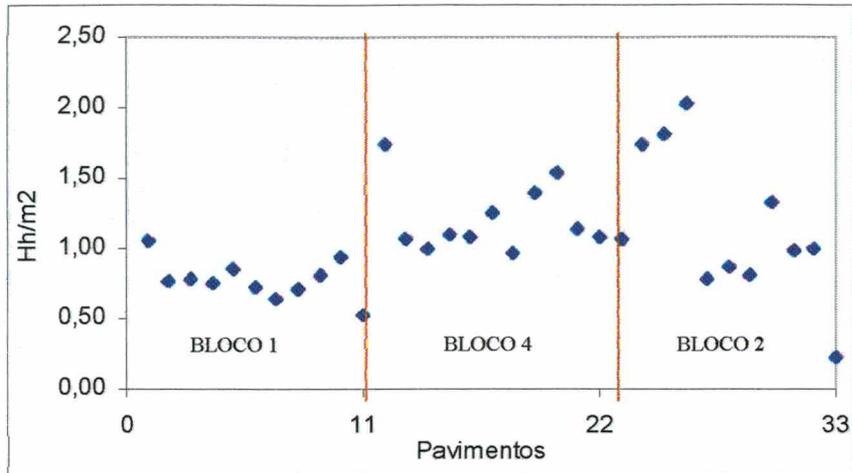


Do bloco 2 em diante a ordem foi:



Esta mudança implica que quando o revestimento com argamassa é feito depois do gesso de teto, os gesseiros precisam retornar ao local para fazer retoques, o que não acontecia no primeiro caso.

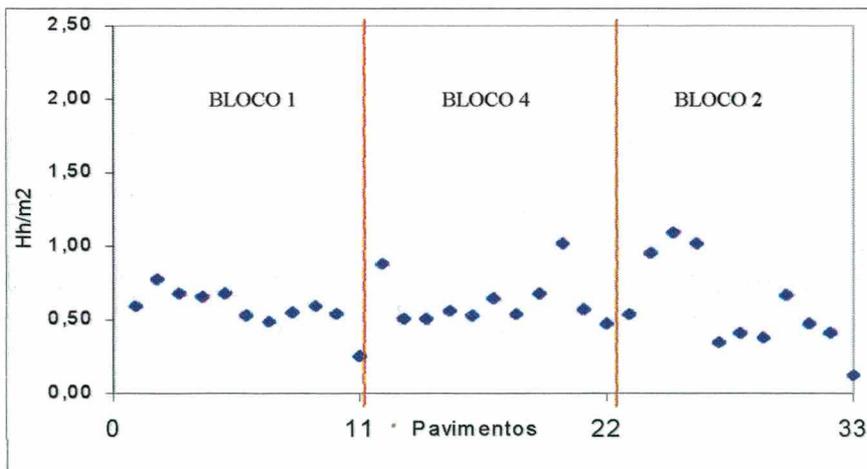
A seguir será apresentado o **Gráfico 4.15**, onde as produtividades dos três blocos são plotadas lado a lado:



**Gráfico 4.15 : Produtividade do Gesso de Teto**

Quando são dispostos os dados dos três blocos desta forma, percebe-se que o consumo de mão-de-obra teve uma tendência crescente. A maioria dos pavimentos do primeiro bloco foi executado por apenas dois gesseiros. Apenas nos pavimentos 9 e 10 do primeiro bloco foi inserido na equipe um servente. Já os blocos 4 e 2 foram executados por uma equipe composta por dois serventes e dois pedreiros.

Para que se pudesse comparar as produtividades com e sem a presença de serventes na equipe foi feito o **Gráfico 4.16**, no qual constam apenas as horas dos oficiais.



**Gráfico 4.16: Produtividade dos Oficiais – Gesso de Teto – Todos os Blocos**

Pela observação de ambos os gráficos percebe-se que quando existem somente oficiais na equipe, a variabilidade da produtividade é menor. Embora ao se observar o **Gráfico 4.16** (onde somente constam horas de oficiais) ainda se perceba uma variabilidade grande nos dados do bloco 2.

## 4.2 - ANÁLISE DE ASPECTOS LIGADOS AO PROGRESSO DO TRABALHO

Esta parte do trabalho procura salientar aspectos que puderam ser observados nos dados e que possivelmente tenham influência sobre o desempenho das equipes quanto as suas produtividades.

As variabilidades encontradas na produtividade são como que o reflexo da complexidade do dia-a-dia no canteiro. São tantos os detalhes e as interdependência entre atividades que os operários chegam a trabalhar em 3 atividades diferentes na mesma semana, não raramente este número é maior. Como se não bastassem as flutuações entre atividades, ainda existem as movimentações entre diferentes locais de trabalho. Em certos momentos, na mesma semana, os operários espalharam-se por 7 andares distintos no caso de uma das atividades estudadas.

Para tentar deixar mais claro problemas como os acima citados, foram feitas ilustrações que mostram a importância do gerente de obra conhecer questões como constância nas equipes, espalhamento e concentração de esforços.

Foi feito um esquema para a montagem e desmontagem de formas, apresentado na **Figura 4.3**, que apresenta o número de componentes na equipe em cada profissão e em cada semana em que o bloco 4 foi executado. A equipe que apareceu com mais frequência foi a de 10 carpinteiros, 1 meio oficial e 1 servente, contudo, o número de pessoas que trabalham em cada semana variou muito. Isto é aceitável uma vez que nestes dados tem-se também a desforma, que é um serviço mais simples de ser executado que a montagem e por isso envolve menos operários.

Sendo os dados organizados desta forma, observa-se que o trabalho é iniciado num determinado pavimento e, antes da conclusão do mesmo, os operários deslocam-se para outro local. Um exemplo disso foi o pavimento 2, que ficou envolvido com a atividade de formas por 27 semanas até que o trabalho fosse finalmente concluído.

	pav. 1						pav. 2							pav. 3					pav. 4				
Semanas	1	2	3	4	5	7	7	8	9	10	24	32	33	34	9	10	11	24	29	33	10	11	12
Carpinteiro	2	6	12	12	17	6	11	11	4	1	2	2	1	10	10	2	2	2	3	10	7		
Servente			1	1	2	2	1	1	2						1	1				1			
1/2 oficial						1	1	1					1	1	1	1					1		
Pedreiro													1	3						2			
Total	2	6	13	13	19	9	13	13	6	1	2	2	3	3	11	12	4	2	2	2	3	12	7

	pav. 5								pav. 6								pav. 7								
Semanas	12	13	25	26	27	28	29	33	13	14	18	19	23	26	27	28	29	14	15	18	19	26	27	28	29
Carpinteiro	10	3	2	2	2	2	2	2	10	5	1	1	1	2	2	2	2	10	5	1	4	2	2	2	2
Servente	1	1						1									1								
1/2 oficial	1							1	1							1	1								
Pedreiro								2																	
Total	12	4	2	2	2	2	2	2	12	6	1	1	1	2	2	2	2	12	6	1	4	2	2	2	2

	pav. 8						pav. 9						pav. 10			pav. 11		
Semanas	15	16	18	19	28	30	16	17	18	19	32	17	18	32	39	18	19	20
Carpinteiro	10	7	4	4	2	1	12	8	4	4	1	10	7	1	10	11	20	
Servente	1	1					1	1				1	1		1	2		
1/2 oficial	1	1					1					1	1		1	1		
Pedreiro																		
Total	12	9	4	4	2	1	13	10	4	4	1	12	8	1	1	12	12	22

**Figura 4.3 : Disposição das Equipes nas Semanas Montagem e Desmontagem de Formas – Bloco 4**

Como o número total de pessoas envolvidas na execução do pavimento é muito variável, é possível que os operários tenham estado trabalhando no pavimento por um período de tempo também variável. Tudo indica que aqui também as equipes vão ao trabalho sem a intensidade necessária para a constância ou diminuição do consumo de mão-de-obra.

Para uma melhor visualização dos conceitos que estão omissos nos dados utilizou-se a apresentação em forma de linha de balanço na **Figura 4.4**. A linha de balanço é uma ferramenta de programação que mostra o desenvolvimento da atividade respondendo a questões como quem está fazendo o que, onde e quando. Neste caso a finalidade foi usar a ferramenta acompanhada de uma convenção de cores para que emergisse a análise dos dados sem a necessidade do uso de números, tornando mais palpável a idéia da alocação da mão-de-obra.

As cores mais fortes representam um maior número de pessoas, um maior número de horas e uma maior intensidade, respectivamente.

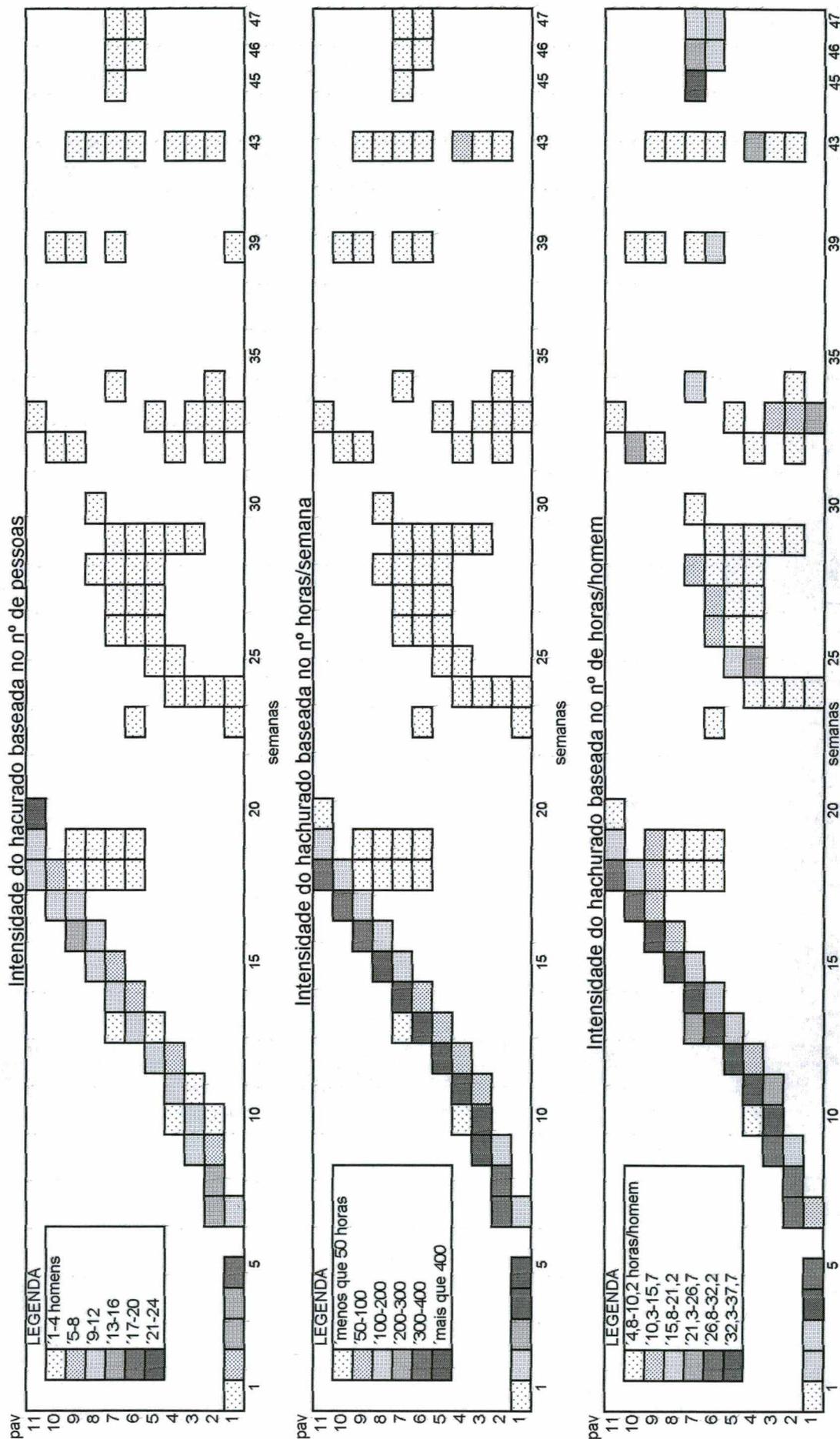
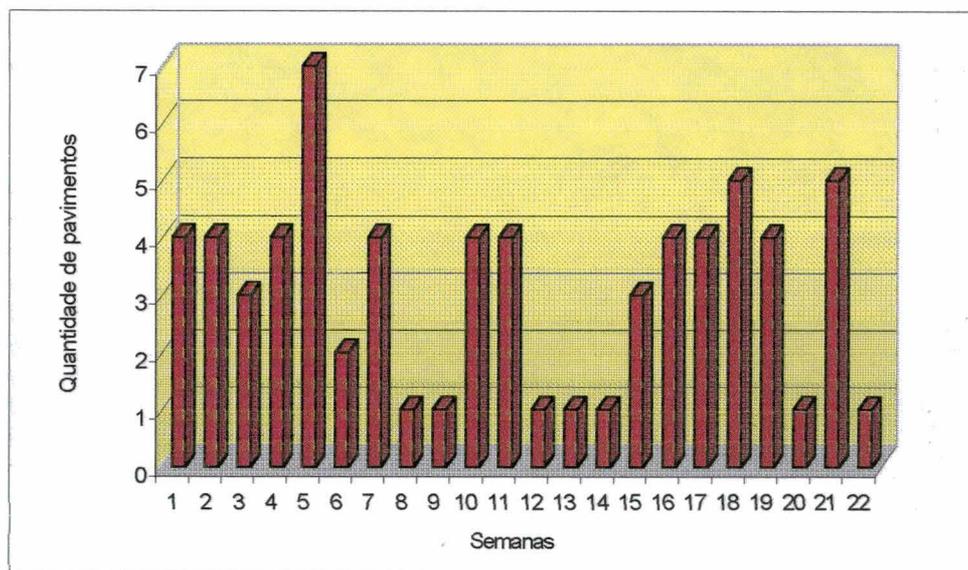


Figura 4.4 : Linha de Balanço para a Montagem e Desmontagem de Formas - Bloco 4

O escalonamento visto na **Figura 4.4** da sétima à vigésima semana representa que a atividade teve uma evolução conforme o recomendado: o ritmo de execução foi praticamente constante e o trabalho foi realizado de forma intensiva. Por outro lado, se as semanas seguintes forem observadas, se perceberá que as células esparsas e com cores claras são indícios do espalhamento e do baixo número de horas trabalhadas. Podem ser vários os motivos que levaram a estas visitas esparsas terem sido feitas (**Figura 4.4**), como a de realizar a desforma de partes menores da estrutura ou retoques em alguns pavimentos.

#### 4.2.1 - Espalhamento

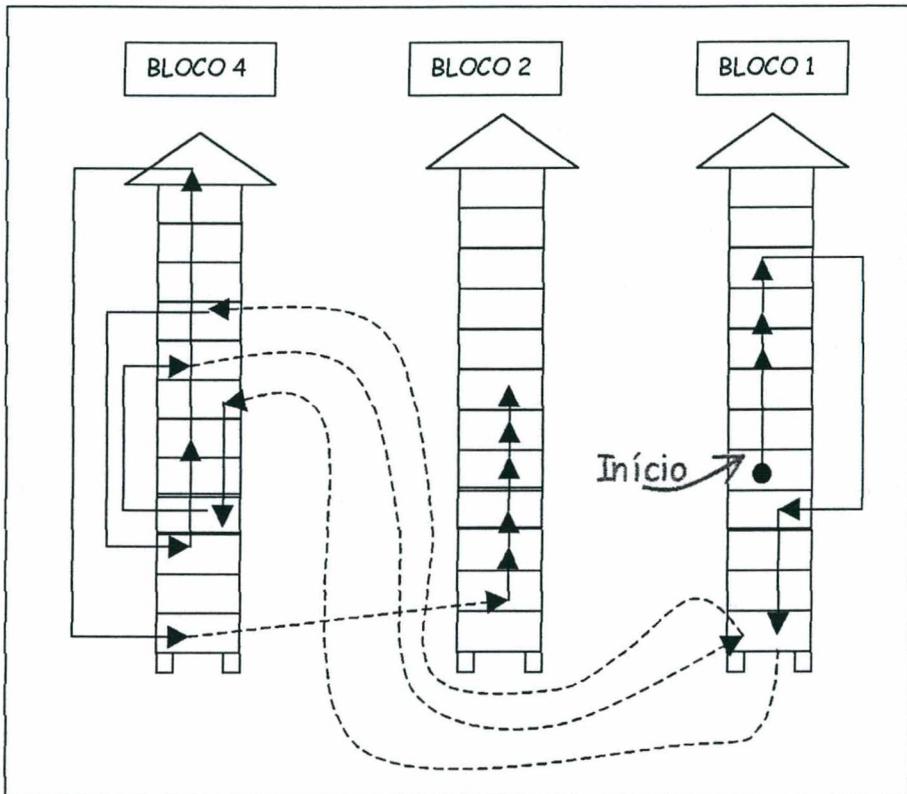
O espalhamento da equipe por vários locais de trabalho pode ser ilustrado tomando como exemplo a atividade de alvenaria. No **Gráfico 4.17**, tem-se o número de pavimentos que estão sendo visitados em cada semana. É necessário que o espalhamento seja evitado por que uma vez que os operários espalhem-se, junto com eles, certamente materiais e ferramentas também foram movimentados e isto induz a perdas de material e de produtividade pelo aumento dos tempos auxiliares e improdutivos.



**Gráfico 4.17: Número de Pavimentos em Atividade por Semana Alvenaria de 10 cm -Bloco 1**

Os dados apontam para uma realidade preocupante, em média, na alvenaria de 10 cm três pavimentos estão em atividade por semana, mas podendo chegar à execução de 7 pavimentos como é o caso da 5ª semana.

O espalhamento não se dá somente entre pavimentos, mas também entre blocos. A análise das turbulências da movimentação de operários de andar para andar e de bloco a bloco pode ser representada de forma analógica na **Figura 4.5** também fazendo o acompanhamento de um dos pedreiros que desempenhavam a atividade de revestimento interno com argamassa.



**Figura 4.5 :Deslocamento de Um Operário na Atividade de Revestimento Interno**

A representação está baseada na movimentação de um dos componentes, uma vez que não foi possível acompanhar a equipe toda por que os operários não percorreram os mesmos caminhos.

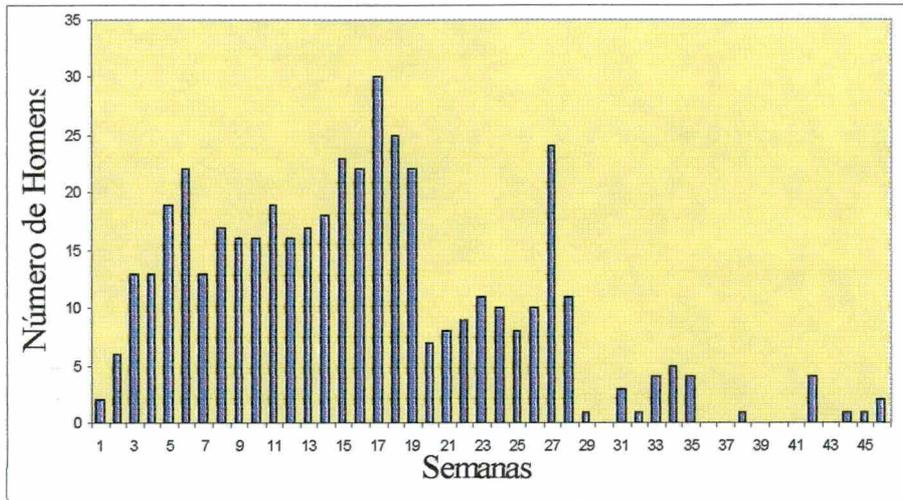
Ao se relacionar estas movimentações desordenadas com a produtividade, percebe-se que onde ocorreu uma maior organização do sequenciamento de execução, que é o caso do bloco 2, a produtividade apresentou uma maior estabilidade, com uma tendência a redução do número de homens-horas.

#### 4.2.2 - Variação do Número de Pessoas na Equipe

A primeira linha de balanço da **Figura 4.4** representa a evolução do número de pessoas envolvidas no trabalho. Existiriam outras formas de representar os mesmos dados chamando a atenção para diferentes aspectos, uma destas formas está apresentada no

**Gráfico 4.18.**, onde se verifica que o número de pessoas por semana, apesar de muito variável, tem uma forma que se assemelha a da curva  $S^1$ , mas com muitas variações como também foi encontrado no trabalho de Cheetham (1990).

Observa-se neste gráfico uma grande flutuação do número de pessoas por semana, principalmente após o período da 19ª semana (fase final do levantamento da estrutura), onde até então o trabalho era realizado com intensidade ( ver **Figura 4.4**).



**Gráfico 4.18 : Número de Homens Envolvidos na Montagem e Desmontagem de Formas – Bloco 4**

Surge então o questionamento para onde teriam se deslocado os operários nas primeiras e nas últimas semanas de trabalho. Alguns estavam trabalhando em outro bloco que não o analisado, outros foram trasladados para outra atividade. São tantos os detalhes e as interdependência entre os serviços que os operários chegam à trabalhar em 3 atividades diferentes na mesma semana, não raramente este número é maior.

#### 4.2.3 - Movimentação de Operários

Foi feito o acompanhamento das atividades desenvolvidas por um pedreiro durante o período de 51 semanas, que foi o período de permanência do mesmo na obra até a sua demissão. Foi observado que ele participou de 17 diferentes atividades e foi transferido para outras obras quatro vezes. Em uma das semanas analisadas, participou de quatro atividades diferentes que exigiam habilidades distintas, quais sejam: montagem e desmontagem de formas, revestimento interno com argamassa, colocação de contramarcos e colocação de cerâmica. Diante deste quadro pode se ter uma idéia das

<sup>1</sup> A curva S é um tipo curva de agregação que mostra a evolução de utilização de um ou mais recursos em um projeto. Ela é obtida a partir da plotagem dos gastos acumulados (CASAROTTO et al., 1996).

inúmeras interrupções que ocorreram. A especialização do operário fica extremamente prejudicada e conseqüentemente os ganhos de produtividade advindos do efeito aprendido.

Mesmo na atividade de gesso de teto, em que o operário possuía uma certa especialização e que supostamente as equipes trabalhavam de forma concentrada em um local para somente depois do pavimento pronto seguirem para outro, houve interrupções no andamento da execução para retornar ao bloco onde possivelmente tenham ficado retoques por fazer, de acordo com o que pode ser visto na **Figura 4.6**.

Nesta representação procurou-se explorar a forma da linha de balanço porém com os três blocos plotados lado a lado. O objetivo foi chamar a atenção para as semanas comuns de execução do gesso de teto para os diferentes blocos. Observou-se que a execução do bloco 4 foi conturbada, o escalonamento esperado foi interrompido pela execução do bloco 2. A relação destas movimentações pode ser feita observando-se o **Gráfico 4.15** onde aparece que o número de horas alocadas no bloco 4 foi maior que no primeiro bloco.

#### 4.2.4 - Intensidade da Alocação da Mão-de-Obra

Executar uma atividade com intensidade quer dizer fundamentalmente empregar um número mínimo de operários no trabalho sem atrapalhar o andamento do ritmo da atividade, de modo que eles envolvam todo o tempo que estão na obra numa determinada atividade. Se esta idéia for implantada no canteiro algumas vantagens serão observadas, como o aumento da produtividade devido ao efeito aprendido, a simplificação de problemas relacionados com a supervisão e provisão de acomodações básicas do canteiro. Isto implica em redução no consumo de homens-hora devido a diminuição das interrupções. Segundo HEINECK (1983) a maior vantagem do perfil de trabalho com baixos recursos para minimizar tempos ociosos está intimamente ligada à descontinuidade do trabalho nos canteiros de obra.

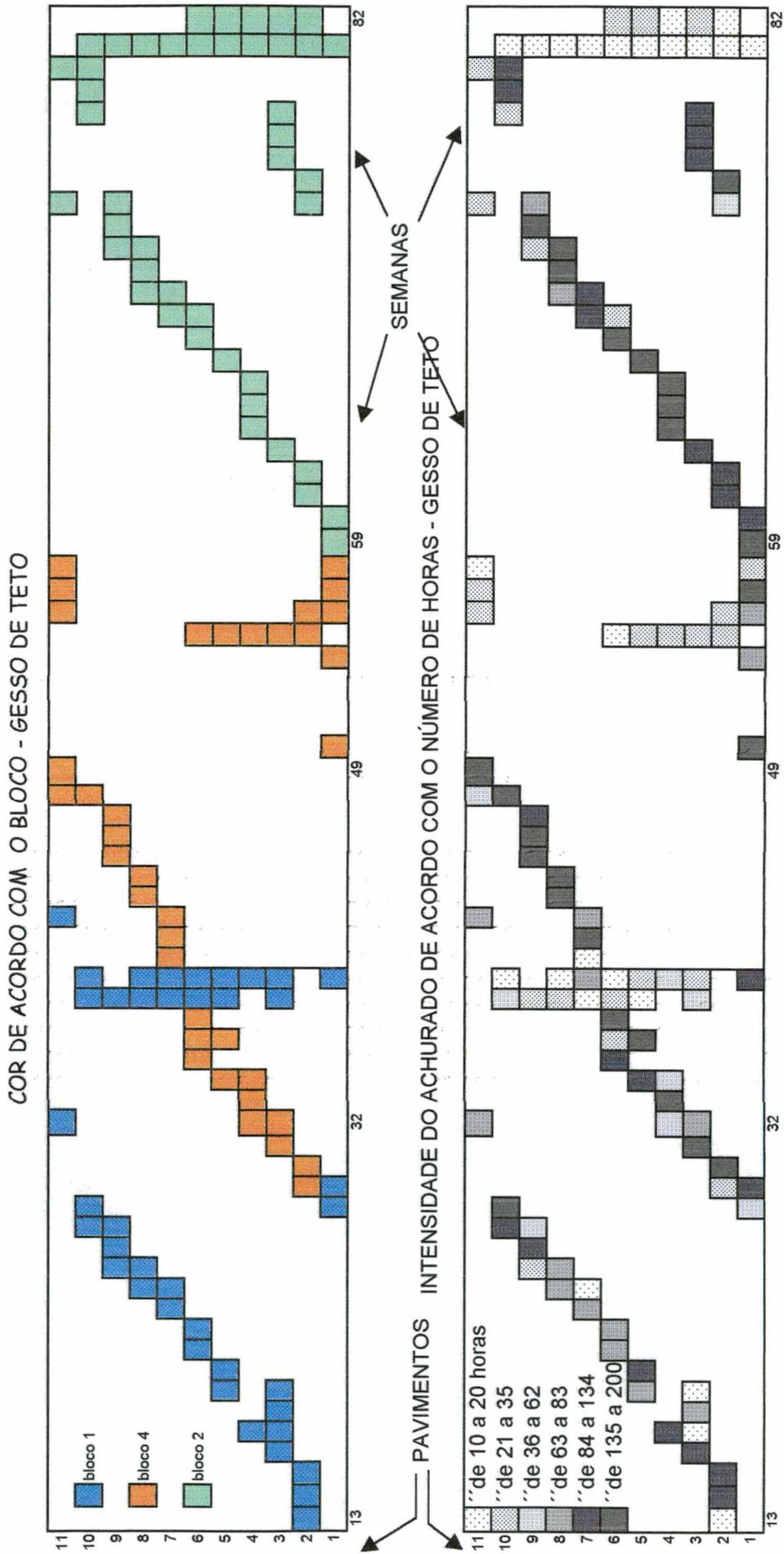


Figura 4.6 : Linha de Balanço para o Gesso de Teto

É recomendável que se executem atividades de forma concentrada para que o aprendizado possa ser verificado. Isto se confirmou de certa maneira por que se for levado em conta que, na **Figura 4.4**, nos locais onde o trabalho foi realizado com mais intensidade, o número de semanas envolvidos na execução foi decrescendo do primeiro para o último pavimento, isto não deixa de ser um aprendizado. Muito embora esta redução do número de semanas esteja também relacionada à organização da obra. À medida que os pavimentos são executados, melhoram os aspectos relativos a comunicação, supervisão, entrosamento com fornecedores de material e coordenação das várias equipes. Além disto, pode existir uma melhora da organização do trabalho em si; pela familiarização entre os operários da equipe, com detalhes de projeto e com equipamentos e ferramentas. Em consequência disto menos semanas são necessárias para desenvolver a mesma quantidade de serviço.

A intensidade da mão-de-obra pode ser mostrada também exatamente da forma como os dados se dispunham na Planilha-Resumo da montagem e desmontagem de formas (**Figura 4.7**).

Para se representar a intensidade com que esta atividade foi executada foi necessário convencionar que o número de células hachuradas equivale à um determinado intervalo de horas trabalhadas, da seguinte forma:

Nº de células hachuradas	Número de horas equivalentes
1	de 4 à 12,9 horas
2	de 13 à 21,9 horas
3	de 22 à 30,9 horas
4	de 31 à 39,9 horas
5	de 40 à 48,9 horas

Para a análise de intensidade, menos de 4 horas de trabalho semanais não foram consideradas, apesar de estas constarem do cálculo da produtividade dos pavimentos.

Com isto, busca-se passar ao leitor a idéia de que cada retângulo é um dia de trabalho.

Para diferenciar os pavimentos, a seguinte legenda foi usada:

pavimento	legenda
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

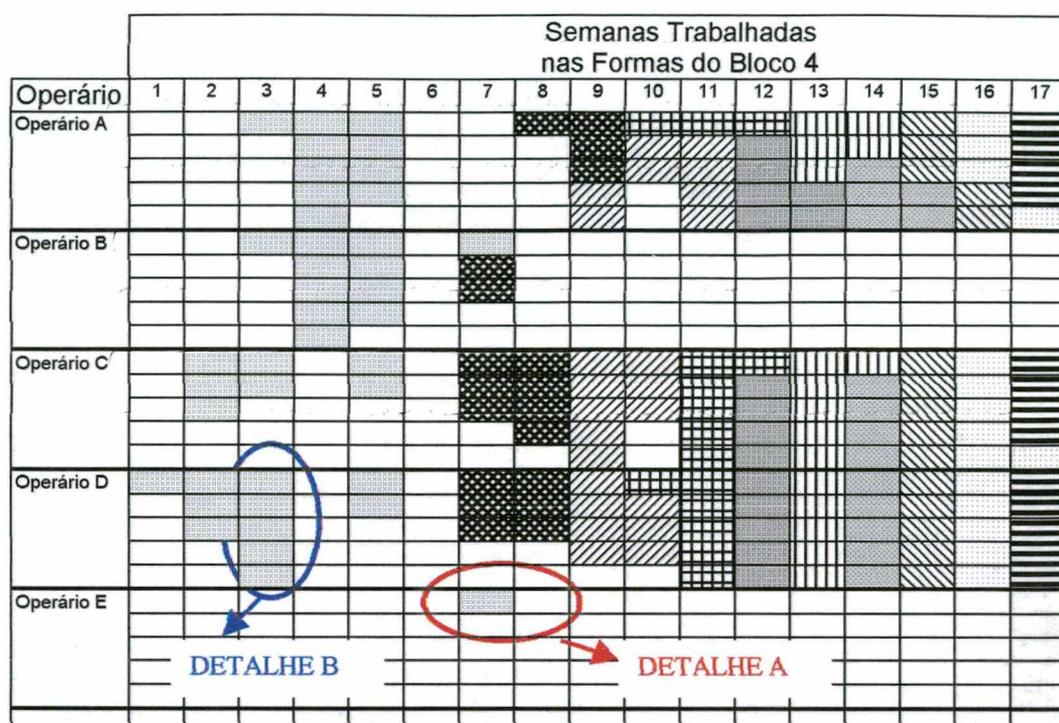


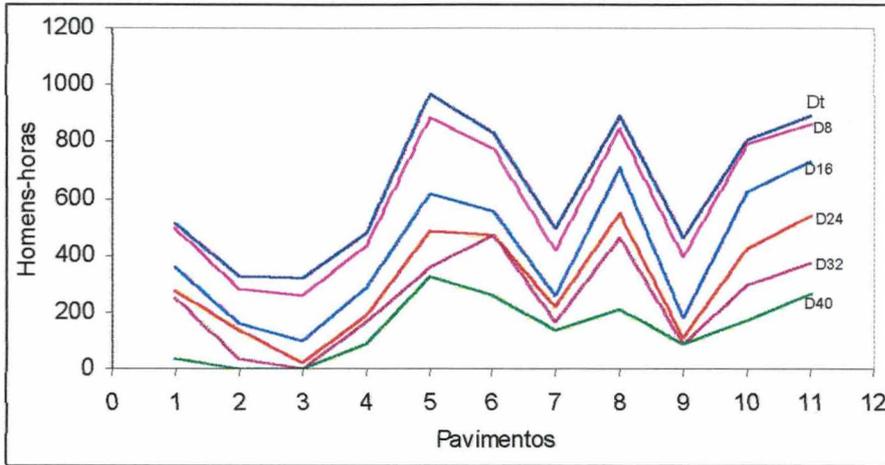
Figura 4.7: Ilustração dos Diferentes Pavimentos na Planilha-Resumo Montagem e Desmontagem de Formas – Bloco 4

O **detalhe A** aponta para o trabalho realizado no 1º pavimento pelo operário **E** na 7ª semana em que o trabalho estava sendo executado. Este operário trabalhou 8 horas/semana ou menos, ou seja, trabalhou com fraca intensidade. Acontecendo o contrário com o operário **D** na 3ª semana, conforme indicado pelo **detalhe B**, que se ocupou nas 44 horas de trabalho da semana realizando a mesma atividade no mesmo pavimento. O último caso representa a alocação ideal, concentração do esforço em uma atividade e sem a necessidade de deslocamentos.

Também constam na literatura alguns motivos para que estas variações aconteçam. Primeiro, por que o operário interrompeu o serviço a fim de realizar outro ou então por a atividade associar um baixo número de operações. Este estudo não compreenderá o levantamento das reais causas da baixa intensidade por não ter sido feito o acompanhamento diário e qualitativo em obra.

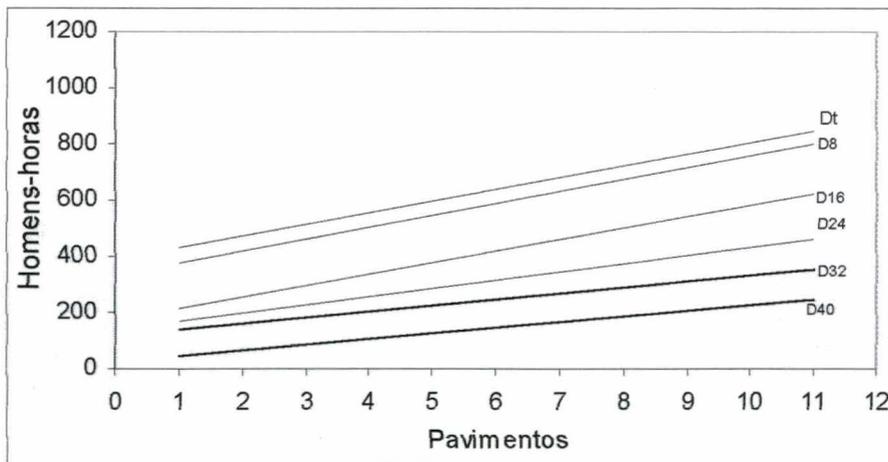
Todavia fez-se necessário determinar uma alocação semanal mínima, o que pode ser uma boa indicação de que um esforço substancial foi usado para a atividade no período de tempo. Para isto utilizou-se do conceito anteriormente apresentado no capítulo de revisão bibliográfica chamado MISWAR.

O **Gráfico 4.19** mostra o desempenho da mão-de-obra na atividade de revestimento interno do bloco 1 levando-se em conta um número de horas mínimo para que o trabalho fosse computado no somatório total de horas por pavimento. Por exemplo,  $D_{24}$  é a reta que representa o número total de horas necessário para executar cada pavimento sendo que somente constaram neste total de horas a quantidade acima de 24 horas por semana por operário.



**Gráfico 4.19: Alocação Semanal Mínima - Revestimento Interno**

Para uma melhor visualização do pequeno número de horas alocado, traçou-se outro gráfico (**Gráfico 4.20**) com as linhas de tendência:



**Gráfico 4.20: Linhas de Tendência da Alocação Semanal Mínima - Revestimento Interno**

Procurou-se representar, neste gráfico as linhas de tendência do desempenho do número de horas consumidas nos pavimentos. A reta  $D_t$  considera todas as horas alocadas no pavimento. Se forem consideradas apenas as alocações de mão-de-obra acima de 8 Hh/semana ( $D_8$ ), em média 92% do total de horas estará incluso. Quanto maior for a

alocação mínima necessária, menos homens-hora podem ser considerados.

Numa situação ideal, a alocação em torno 40 homens-horas por semana seria o esperado. Esta alocação deveria contar com uma grande parte do consumo total de horas/pavimento. É justamente ao observar a linha **D<sub>40</sub>** que surge a comprovação da baixa intensidade, onde a alocação de no mínimo 40 Hh/semana leva em conta apenas 23%, em média, do total de horas.

Outra questão que apareceu neste gráfico foi a não existência do aprendizado, uma vez que houve uma tendência ao crescimento do número de horas a medida que os pavimentos foram executados.

#### 4.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO:

Na análise das relações existentes entre o efeito aprendizado e os conceitos necessários à programação, como a necessidade de continuidade, intensidade e sequenciamento na execução das atividades, pode-se concluir que estes conceitos são essenciais para que o aprendizado se verifique.

Não aplicando estes conceitos, a empresa do estudo de caso não mostrou a preocupação em manter a mesma equipe, em trabalhar com menos operários de forma mais intensiva e em usufruir dos benefícios trazidos pelo aprendizado, deixando de obter ganhos de produtividade com isso. A visão da empresa foi implantar novas tecnologias que proporcionassem estes ganhos, porém, no caso da argamassa projetada, eles não foram verificados.

Embora não se possa relacionar claramente a baixa produtividade às deficiências no progresso do trabalho como um todo, existiram indícios de que se uma atividade é feita com empenho e seguindo uma seqüência, observa-se uma melhora na produtividade com o executar dos pavimentos. Um exemplo desse ganho de produtividade ocorreu no caso da montagem e desmontagem de formas, onde a execução do trabalho em seqüência é inevitável e onde praticamente não houveram interrupções.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

Com base na revisão bibliográfica realizada, entendeu-se que o tema desenvolvido apresenta a característica de ser abrangente, envolvendo questões como consumo de mão-de-obra, treinamento de operários, supervisão, programação e controle de custos.

Contudo, este trabalho analisou o desempenho da mão-de-obra em um canteiro de obras frente a problemas relativos ao progresso do trabalho. As conclusões aqui apresentadas podem ser enquadradas na linha de conceitos necessários para o desenvolvimento da programação das atividades em obra. Num âmbito geral podem ser consideradas no contexto do gerenciamento de programas de melhoria de produtividade.

Foi visto que na literatura estrangeira os autores tem estudado com empenho a produtividade sob um enfoque matemático, sem ir em busca das causas da baixa produtividade. Muito se escreveu sobre consumos de mão-de-obra e efeito aprendizado. Mas dar números aos fatores que afetam a produtividade parece ser o tema preferido. Contudo, os artigos o fazem para uma dada obra, em um dado local à uma dada temperatura, isto significa que a equação obtida não poderá ser utilizada novamente, a menos que se encontre outra obra nas mesmas condições, deixando a desejar à indicação de soluções para reduzir as variabilidades.

Não foi encontrada literatura sobre rotatividade de operários entre atividades nas publicações quando se trata da construção civil, talvez por que nos países onde a maior parte dos artigos são escritos, se trabalhe mais com subempreiteiros que desenvolvem atividades específicas, o que não é necessariamente o que acontece nas obras brasileiras.

No Brasil, são poucas as empresas que conhecem seus consumos de mão-de-obra, bem como, são poucos os autores que tem tido este enfoque em suas pesquisas.

No estudo de caso, a empresa apesar de possuir os dados e fazer a programação da obra, não faz o controle para a realimentação da programação. A data de término das atividades é inclusa no programa mas a produtividade recente não é repassada para a

programação. Isto pode significar que dificilmente a duração prevista para a atividade estará próxima da realizada.

A insistência desta pesquisa ao comentar a necessidade de conhecer os consumos de mão-de-obra está em poder balisar empresas e incentivá-las a proporcionarem intervenções para implantação de melhorias em seus canteiros.

Na prática, o estudo do efeito aprendido se torna difícil uma vez que para que ele se destaque dentre os demais fatores que afetam a produtividade é preciso que a obra seja organizada, que as equipes sejam constantes e se locomovam ordenadamente e seguindo um ritmo pré-estabelecido.

Mesmo numa obra tida a princípio como organizada, como é o caso da obra em estudo, existiu falta de sequenciamento na execução e equipes muito variáveis. Tanto estes fatores são importantes que na atividade de montagem e desmontagem de formas, o efeito aprendido pode ser verificado. No revestimento interno com argamassa, as variabilidades foram muito maiores, aumentando o consumo de homens-horas ao longo da obra. Esta última atividade não seguiu uma ordem de execução lógica, foi desenvolvida com uma baixa intensidade na alocação e muitas flutuações na equipe.

Na alvenaria, foi observado que o esforço empregado em medir o consumo de horas gastas na atividade de forma muito detalhada foi umútil, quando não, prejudicial a confiabilidade dos dados. Seria uma atitude de bom senso coletar dados mais globais, que abrangessem a marcação e o encunhamento, sem fazer distinção entre paredes de espessura de 10 e de 15 cm.

## 5.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS

- Na atividade de montagem e desmontagem de formas, a taxa de aprendizado foi de 82%;
- Dependendo da inclusão ou não de pontos, a forma da curva de aprendizado se modifica, tendo estas modificações, influência direta na taxa de aprendizado;
- A melhor forma gráfica para que se verificasse o sequenciamento desordenado foi a analógica;
- É necessário cautela ao plotar dados de produtividade de diferentes tecnologias, isto deve ficar bem claro na representação;

- A produtividade apresentou-se variável de acordo com o número de componentes da equipe;
- A implantação de uma nova tecnologia para o revestimento interno com argamassa, consumiu um maior número de horas que no processo tradicional;
- Os dados de produtividade da atividade de gesso de teto se comportaram de maneira muito errática, apresentando variabilidades da ordem de 4:1;
- Na atividade de formas, existiram pavimentos em que o trabalho ficou em aberto por muito tempo até que fosse concluído;
- Na atividade de alvenaria, houve muito espalhamento do esforço, chegando a ter semanas em que estavam sendo executados 7 pavimentos;
- O número de trabalhadores envolvidos no trabalho de montagem e desmontagem de formas flutuou muito, mesmo nas semanas onde o trabalho foi realizado com intensidade, a equipe variou em torno de 50%.

### 5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo caracteriza-se pela abordagem da produtividade baseada em conceitos relacionados à movimentação de operários, ao espalhamento, ao sequenciamento e à intensidade do esforço aplicado numa atividade, esperando que se encontre a forma da curva de aprendizado na disposição dos dados quando plotados em ordem de execução. Este constiu-se um trabalho inicial sobre como estes conceitos acontecem na prática.

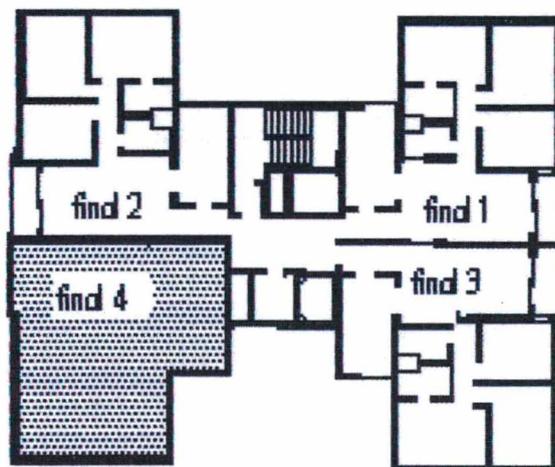
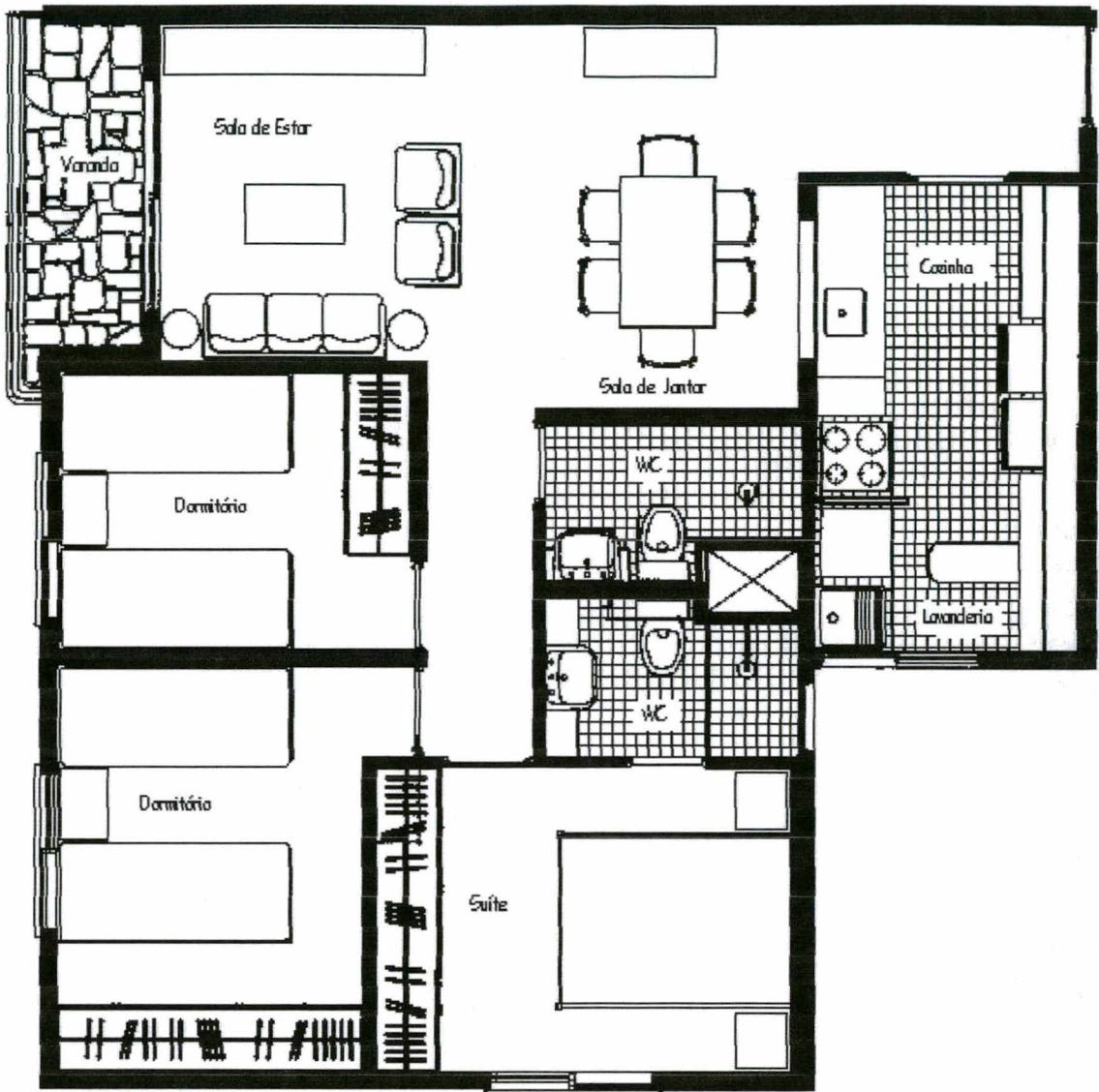
Contudo, se fazem necessários estudos complementares que possam explorar melhor o dia-a-dia da produtividade em seus vários aspectos, de forma mais aprofundada. Dentre estes, destacam-se os seguintes assuntos:

- Estudar as vantagens e desvantagens em propiciar a especialização, princípio básico do efeito aprendizado, uma vez que a literatura recente tem incentivado a polivalência dos operários;
- Estudar se realmente o princípio da economia de escala (efeito do tamanho ou número de repartições na produtividade) tem validade para a construção civil;

- Estudar com mais profundidade os itens aqui apresentados relativos à organização e movimentação das equipes para todas as atividades do canteiro, inclusive mapeando a movimentação de todos os operários pelos diferentes serviços executados;
- Fazer um estudo com acompanhamento qualitativo, observando os fatores que conduzem a uma melhor ou pior produtividade;
- Fazer um trabalho de acompanhamento do fornecimento de material e dos problemas que o atraso na entrega ou os deslocamentos dentro do canteiro acarretam na produtividade;
- Fazer uma coleta de dados com acompanhamento não só das horas consumidas para executar um pavimento, mas utilizando planilhas que possibilitem a coleta de quantidades executadas diariamente também, como por exemplo um cartão de produção;
- Observar o impacto da implantação de uma nova tecnologia na produtividade.

**ANEXO 1:**

**Planta Baixa da Obra do Estudo de Caso**



**ANEXO 2:****Planilha Cedida pela Empresa do Estudo de Caso**



**ANEXO 3:**  
**Planilha-Resumo**

Atividade:	Semanas Envolvidas no Estudo											
	06-10/05/96			13-17/05/96			28/12/96-02/01/98			...		
	Horas Trabalhadas	Bloco	Pavimento	Horas Trabalhadas	Bloco	Pavimento	Horas Trabalhadas	Bloco	Pavimento	...	...	...
Operário A Carpinteiro												
Operário B Servente												
Operário C Pedreiro												
Operário D 1/2 Oficial												

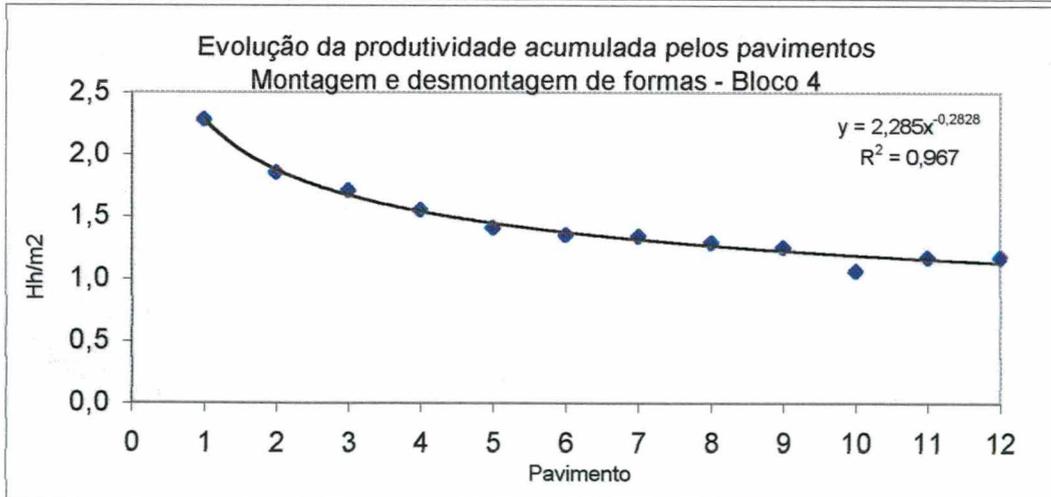
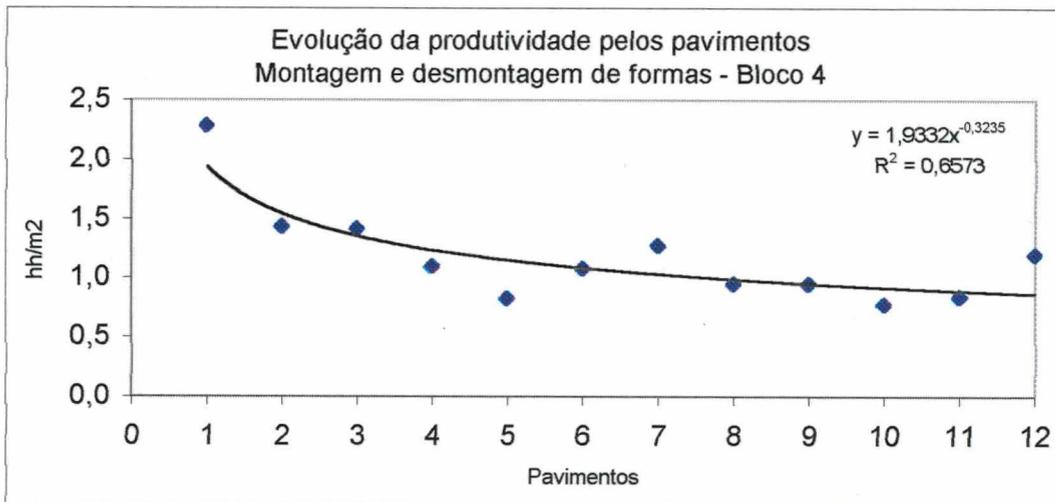
**Planilha-Resumo**

Obs.: São deixadas várias linhas para cada operário para anotar as horas trabalhadas em diferentes locais.

**ANEXO 4:****Curvas de Aprendizado para as Atividades Estudadas**

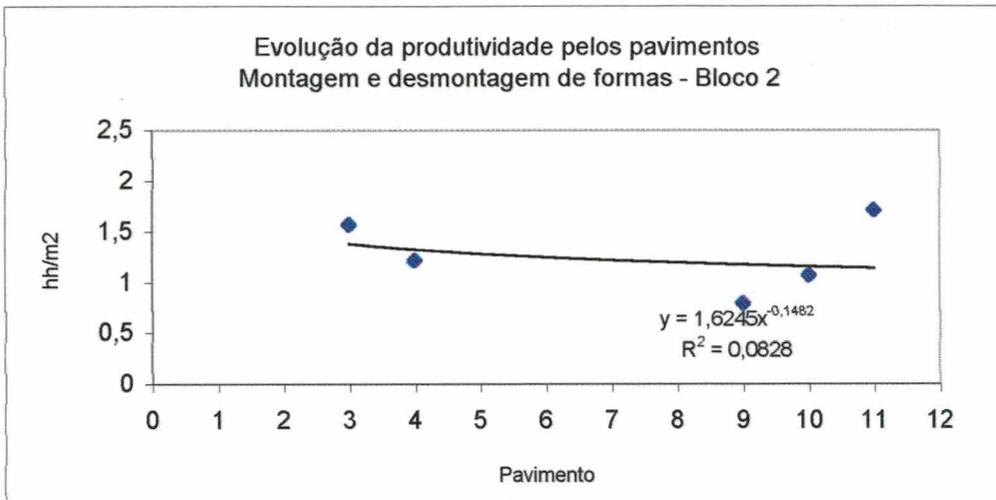
**BLOCO 4**

pavimentos	unitário	acumulado	horas
1	2,29	2,29	1503,00
2	1,43	1,86	942,60
3	1,42	1,71	932,00
4	1,10	1,56	723,20
5	0,83	1,41	544,00
6	1,08	1,36	713,40
7	1,28	1,35	841,20
8	0,96	1,30	628,80
9	0,95	1,26	625,80
10	0,78	1,07	512,80
11	0,85	1,18	557,60
12	1,20	1,18	792,00
média de horas =			776,37



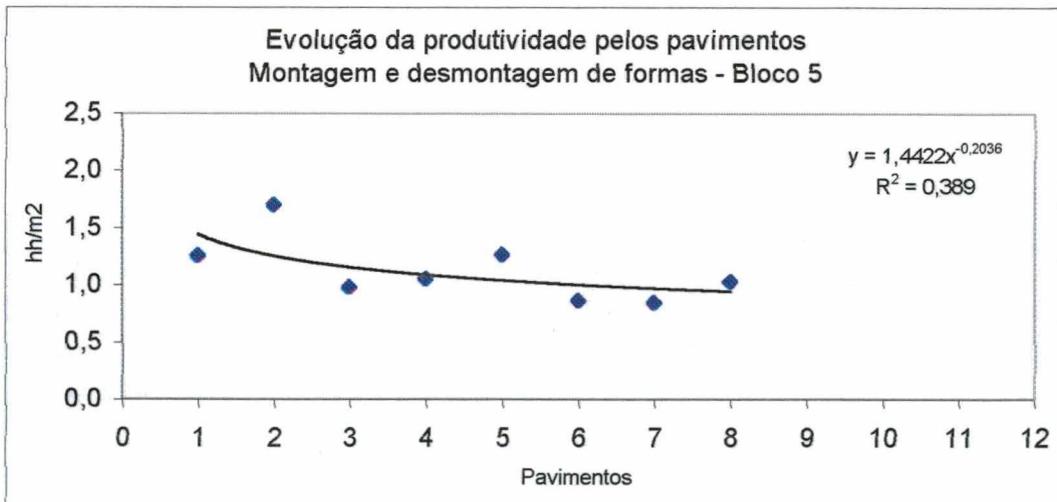
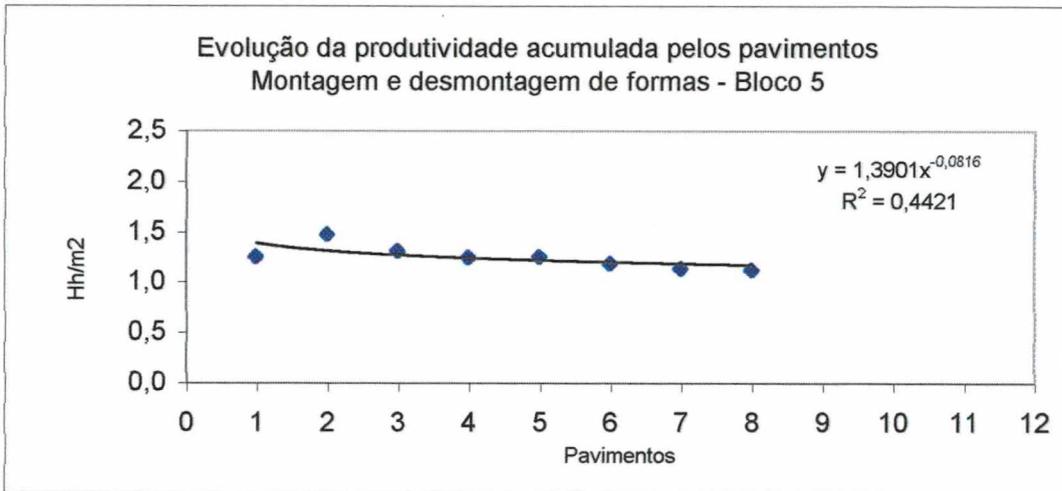
**BLOCO 2**

bloco 2	unitário	acumulado	horas
3	1,57	1,57	1031,40
4	1,22	1,39	802,20
9	0,80	1,20	526,60
10	1,07	1,17	705,80
11	1,71	1,27	1127,00



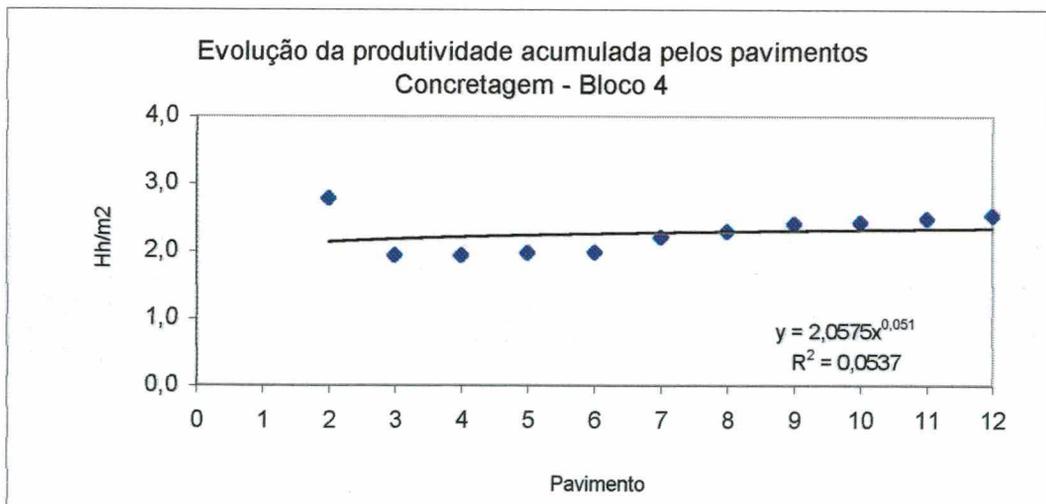
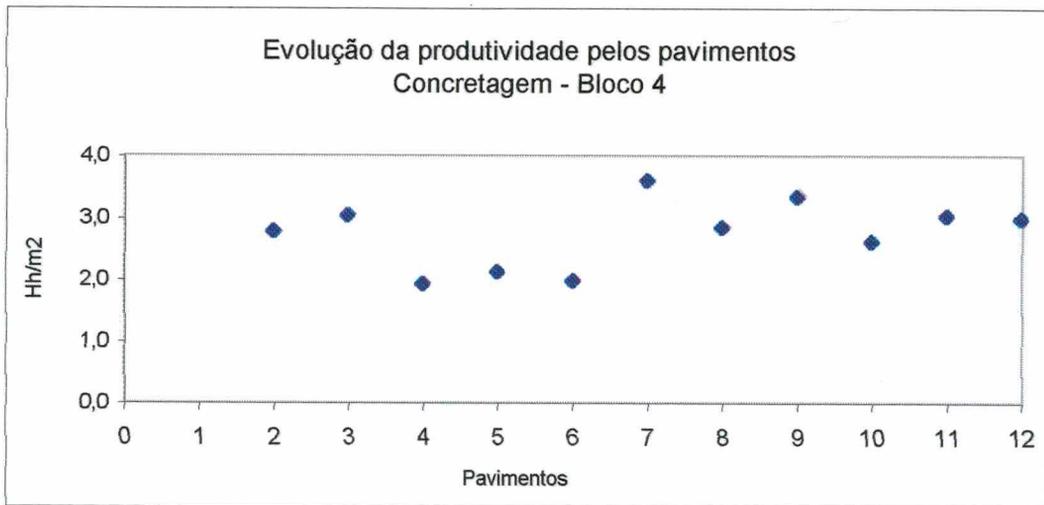
**BLOCO 5**

bloco 5	unitário	acumulado	horas
1	1,26	1,26	827,60
2	1,70	1,48	1118,40
3	0,98	1,31	646,60
4	1,06	1,25	695,20
5	1,27	1,25	836,00
6	0,87	1,19	572,00
7	0,85	1,14	558,00
8	1,04	1,13	681,60
média de horas =	741,93	1,25	741,93



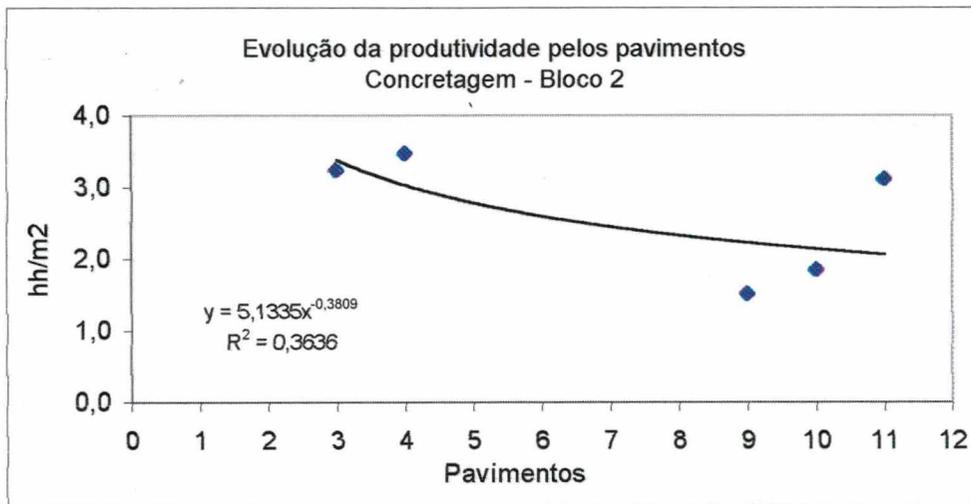
**BLOCO 4**

bloco 4	horas	unitário	acumulado
2	144,80	2,78	2,78
3	158,20	3,04	1,94
4	100,60	1,93	1,94
5	110,90	2,13	1,98
6	103,60	1,99	1,98
7	188,00	3,62	2,21
8	148,80	2,86	2,30
9	174,50	3,36	2,41
10	136,80	2,63	2,44
11	158,40	3,05	2,49
CO	156,40	3,01	2,53
média de horas =	143,73	2,76	2,27



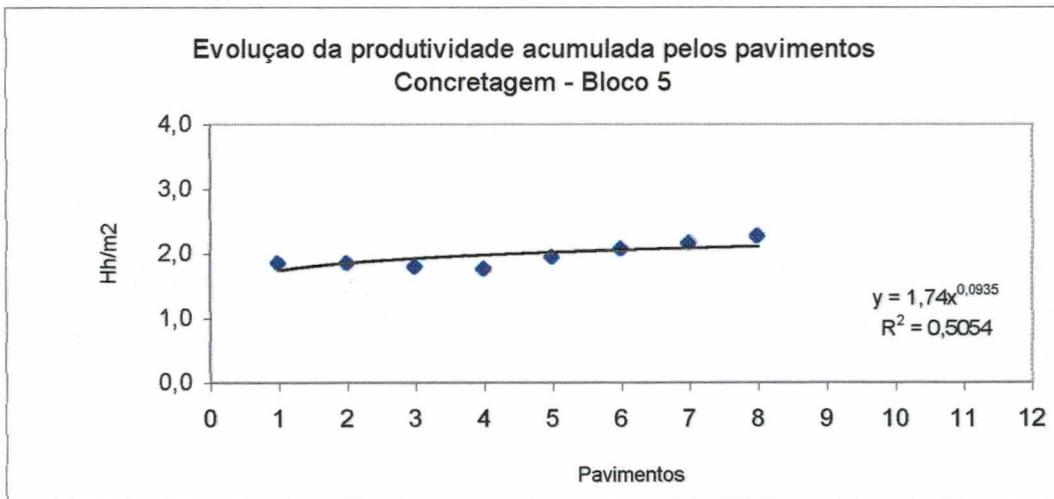
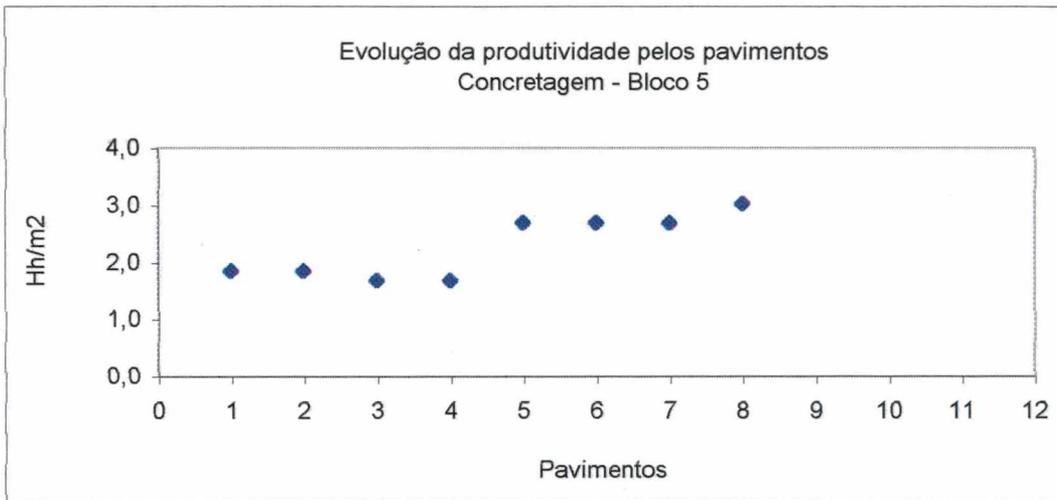
**BLOCO 2**

bloco 2	horas	unitário	acumulado
3	168,90	3,25	3,25
4	180,80	3,48	3,36
9	79,20	1,52	2,75
10	96,80	1,86	2,53
11	162,40	3,12	2,65
média de horas =	137,62	2,65	2,91



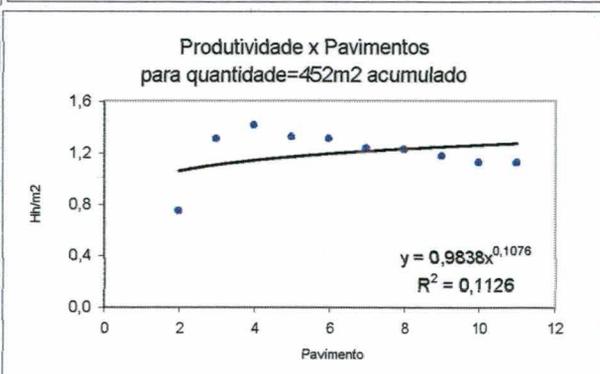
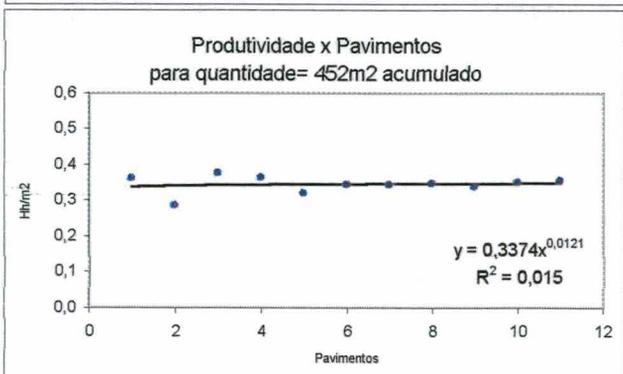
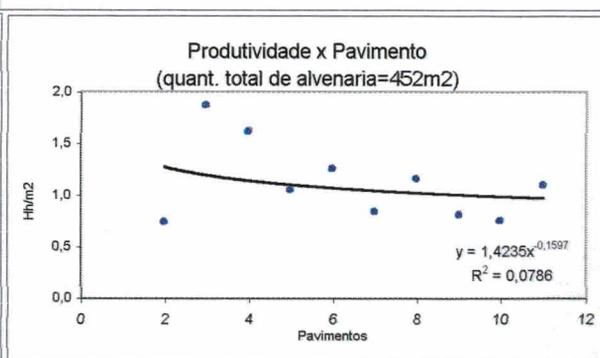
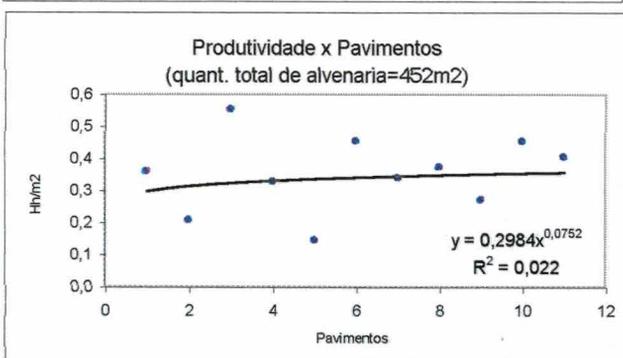
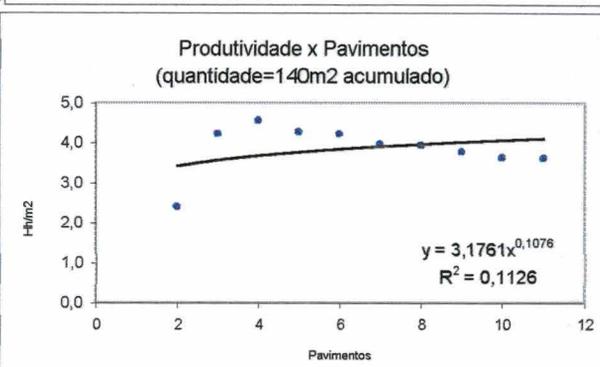
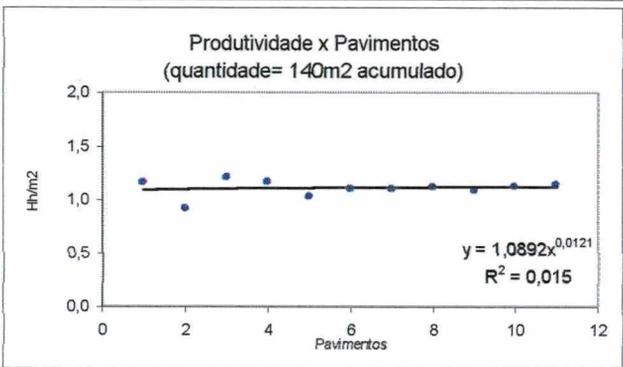
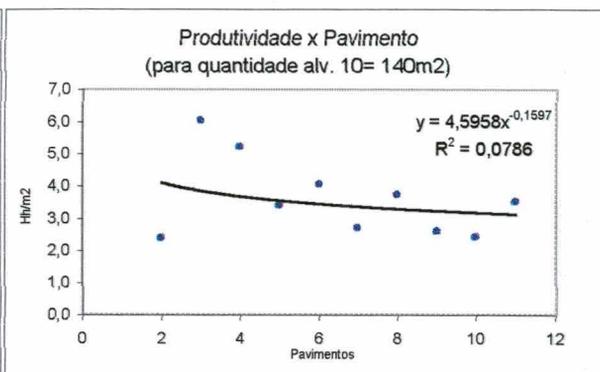
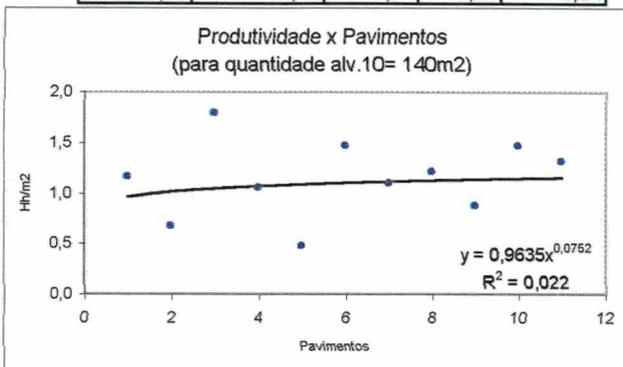
**BLOCO 5**

bloco 5	horas	unitário	acumulado
1	96,80	1,86	1,86
2	96,80	1,86	1,86
3	88,00	1,69	1,81
4	88,00	1,69	1,78
5	140,80	2,71	1,96
6	140,80	2,71	2,09
7	140,80	2,71	2,18
8	158,40	3,05	2,28
média de horas =	118,80	2,28	1,98

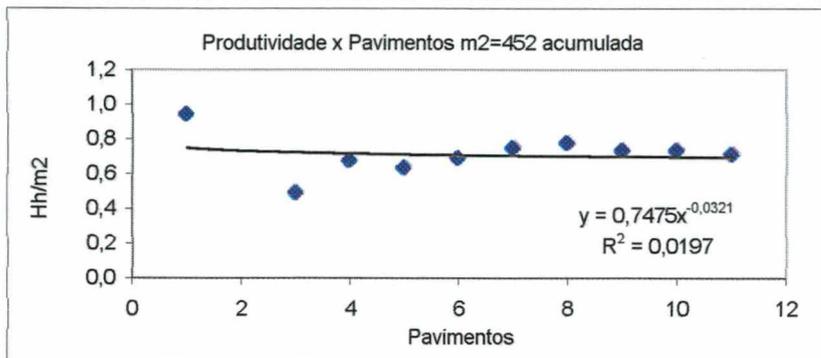
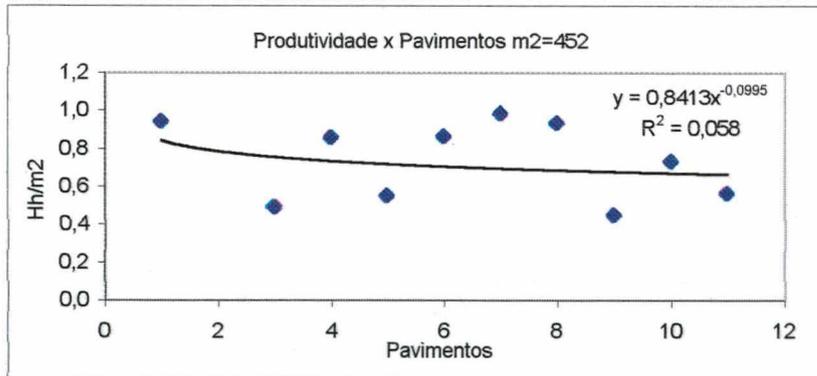
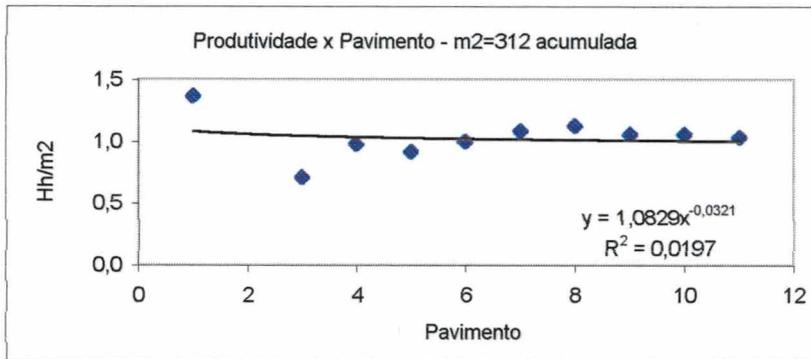
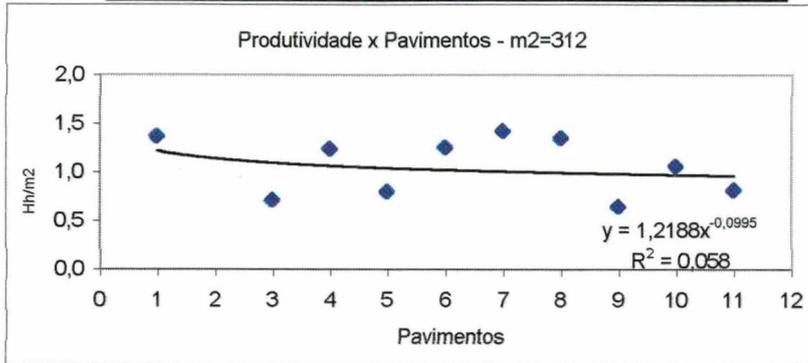


BLOCO 1					
Pavim	Horas	Hh/m2(140)	acumula	Hh/m2	acumula
1	163,60	1,17	1,17	0,36	0,36
2	95,20	0,68	0,92	0,21	0,29
3	251,20	1,79	1,21	0,56	0,38
4	148,80	1,06	1,18	0,33	0,36
5	67,20	0,48	1,04	0,15	0,32
6	206,40	1,47	1,11	0,46	0,34
7	154,80	1,11	1,11	0,34	0,34
8	170,40	1,22	1,12	0,38	0,35
9	123,60	0,88	1,10	0,27	0,34
10	206,00	1,47	1,13	0,46	0,35
11	184,80	1,32	1,15	0,41	0,36
	161,09	1,15	1,11	0,36	0,34

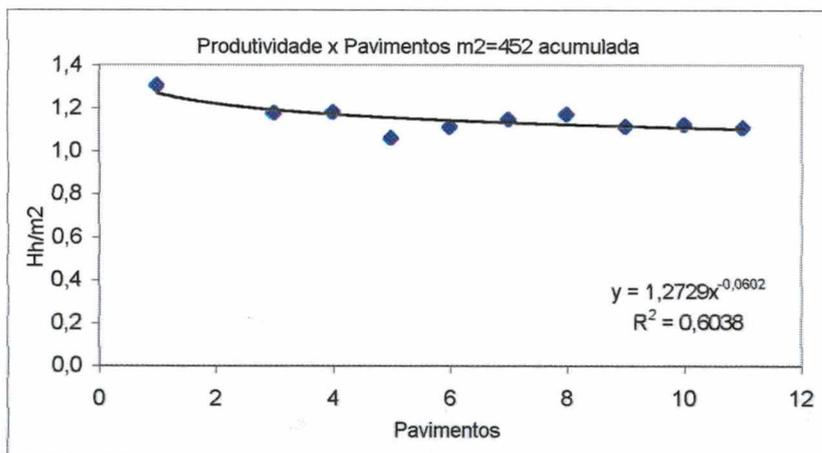
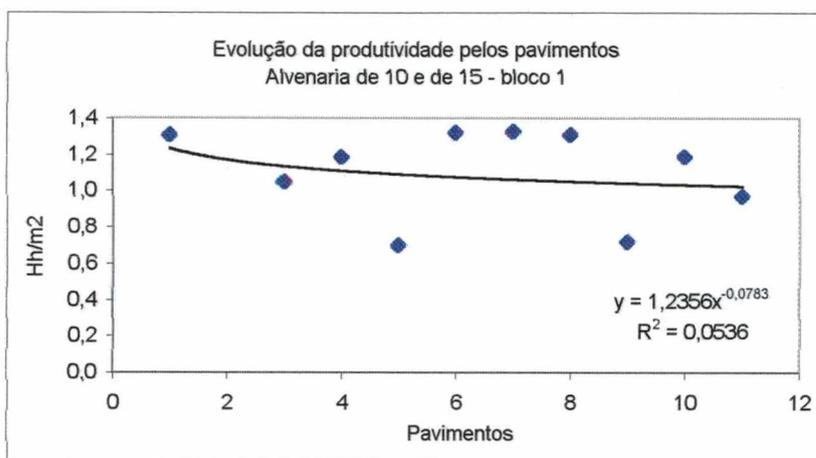
BLOCO 2					
Pavim	Horas	Hh/m2(140)	acumula	Hh/m2	acumula
2	339,00	2,42	2,42	0,75	0,75
3	849,60	6,07	4,25	1,88	1,31
4	734,40	5,25	4,58	1,62	1,42
5	480,00	3,43	4,29	1,06	1,33
6	572,00	4,09	4,25	1,27	1,32
7	382,40	2,73	4,00	0,85	1,24
8	528,00	3,77	3,96	1,17	1,23
9	369,60	2,64	3,80	0,82	1,18
10	344,00	2,46	3,65	0,76	1,13
11	498,00	3,56	3,64	1,10	1,13
	509,70	3,64	3,88	1,13	1,20



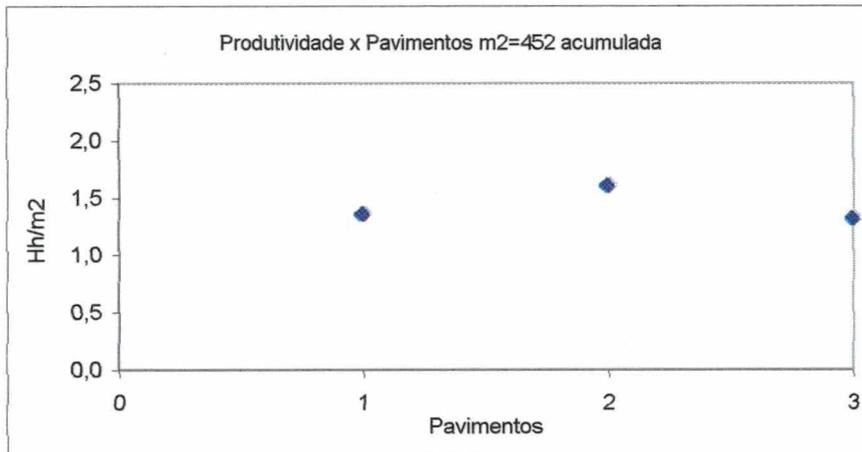
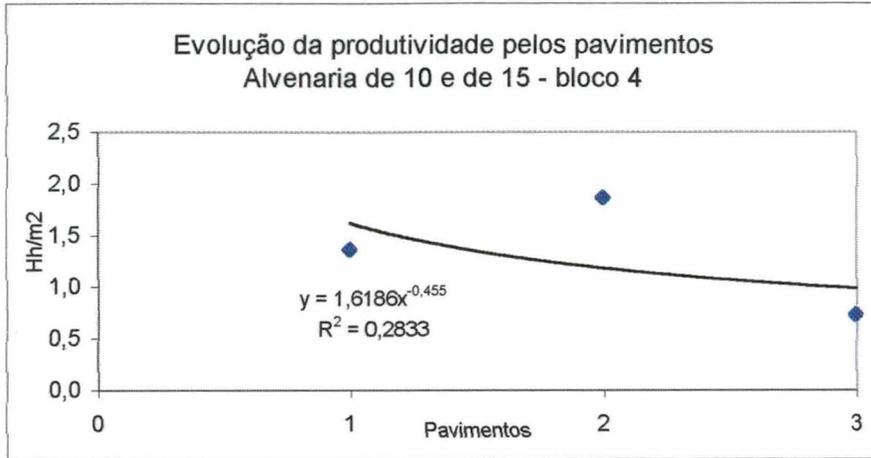
alvenaria de 15 cm - bloco 1					
Pavim	Horas	Hh/m215	acumul	hh/m2to	acumul
1	427,20	1,37	1,37	0,95	0,95
2	este pavimnto não tem dados				
3	223,20	0,72	0,72	0,49	0,49
4	388,80	1,25	0,98	0,86	0,68
5	250,20	0,80	0,92	0,55	0,64
6	391,20	1,25	1,00	0,87	0,69
7	446,20	1,43	1,09	0,99	0,75
8	423,00	1,36	1,13	0,94	0,78
9	203,60	0,65	1,07	0,45	0,74
10	332,80	1,07	1,07	0,74	0,74
11	255,60	0,82	1,04	0,57	0,72
	334,18	1,07	1,04	0,74	0,72



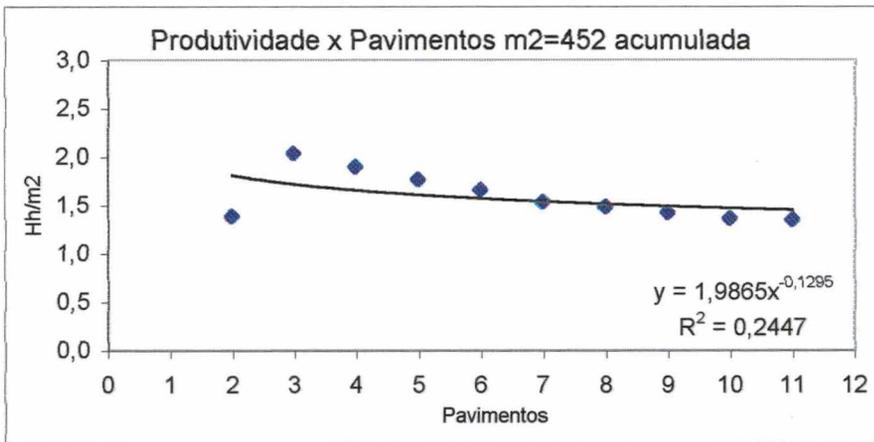
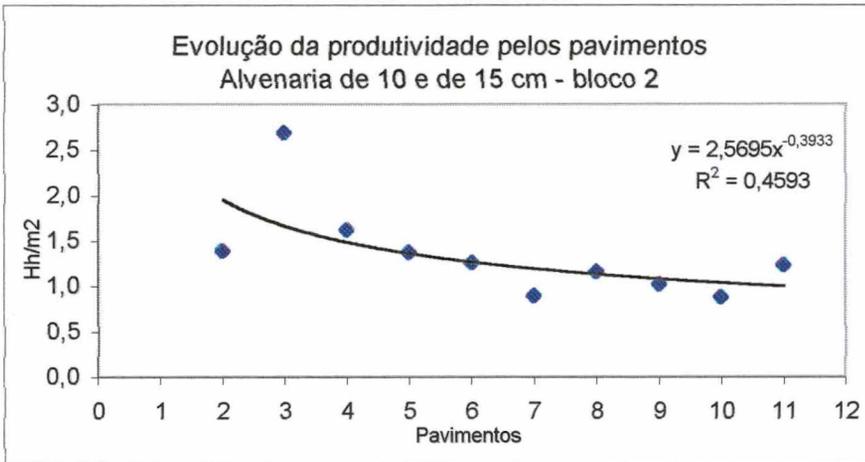
BLOCO 1					
Pav	alv15 b1	alv10 b1	total de ho	Hh/m2tot	acum
1	427,20	163,60	590,80	1,31	1,31
		95,20			
3	223,20	251,20	474,40	1,05	1,18
4	388,80	148,80	537,60	1,19	1,18
5	250,20	67,20	317,40	0,70	1,06
6	391,20	206,40	597,60	1,32	1,11
7	446,20	154,80	601,00	1,33	1,15
8	423,00	170,40	593,40	1,31	1,17
9	203,60	123,60	327,20	0,72	1,12
10	332,80	206,00	538,80	1,19	1,13
11	255,60	184,80	440,40	0,97	1,11
média=	334,18	161,09	501,86		



BLOCO 4					
Pav	alv15 b4	alv10 b4	total horas	Hh/m2tot	acum
1	385,4	232,2	617,6	1,37	1,37
2	515,6	329	844,6	1,87	1,62
3	230,6	101,6	332,2	0,73	1,32
média=	377,2	220,9	598,1		

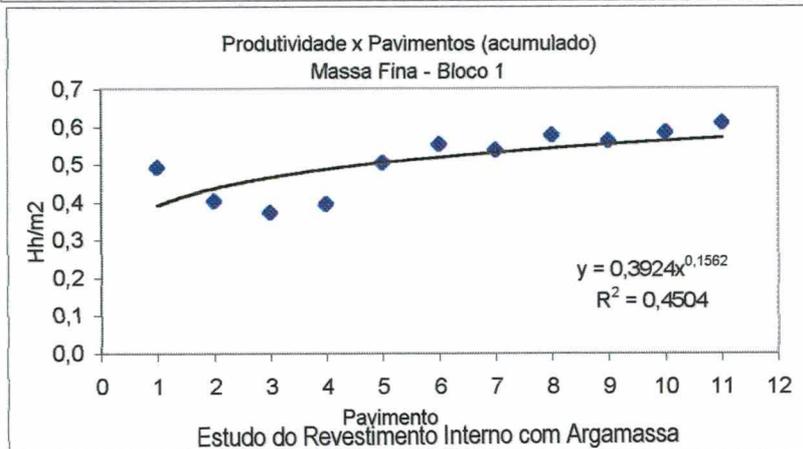
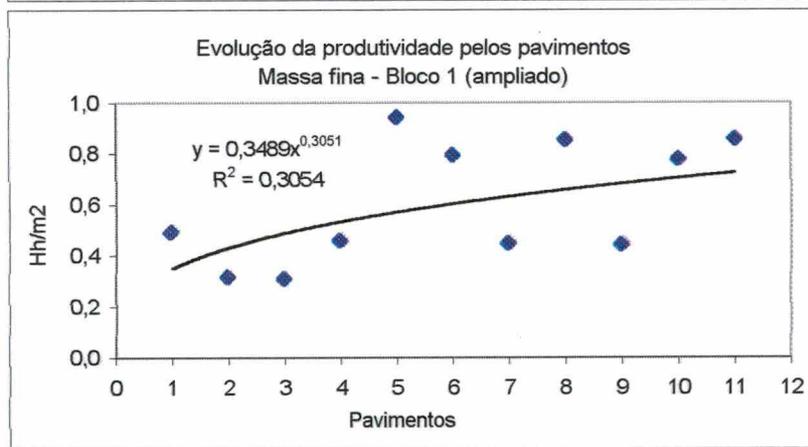
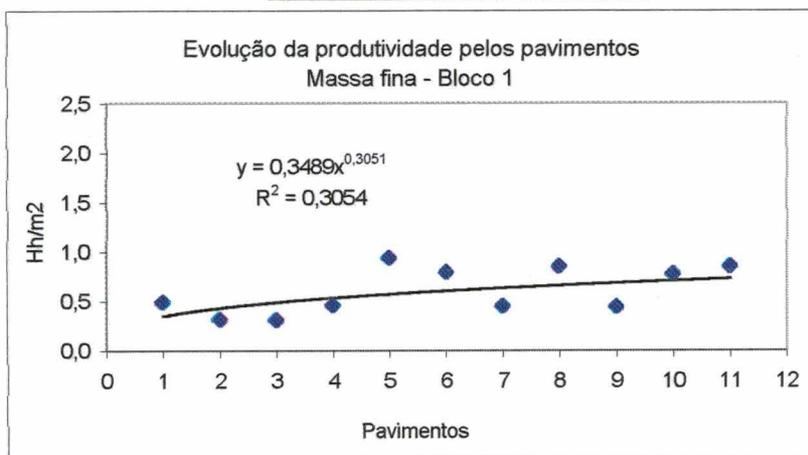


BLOCO 2					
Pav	alv15 b2	alv10 b2	total horas	Hh/m2tot	acum
1					
2	290,4	339	629,4	1,39	1,39
3	369,6	849,6	1219,2	2,70	2,04
4		734,4	734,4	1,62	1,90
5	144,8	480	624,8	1,38	1,77
6		572	572	1,27	1,67
7	26,4	382,4	408,8	0,90	1,54
8		528	528	1,17	1,49
9	96,8	369,6	466,4	1,03	1,43
10	59,2	344	403,2	0,89	1,37
11	61,6	498	559,6	1,24	1,36
média=	149,8286	509,7	600,1		



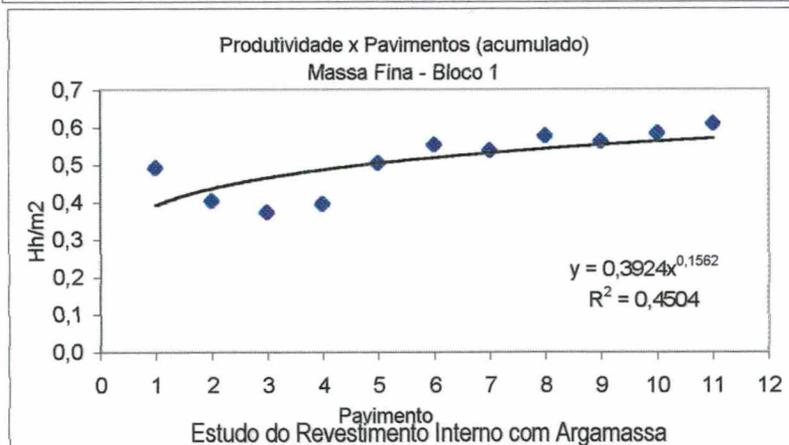
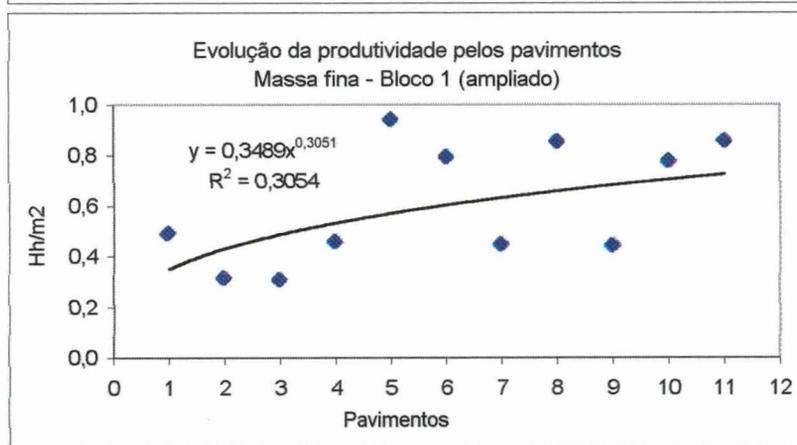
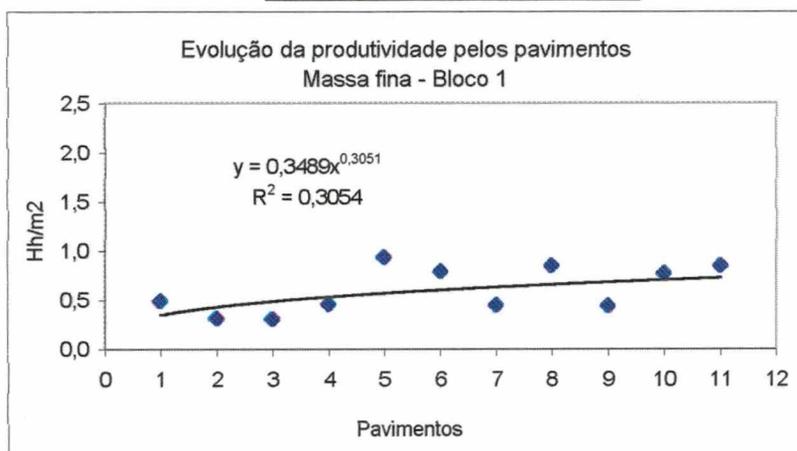
**BLOCO 1**

bloco1	horas	unitário	acumulado
1	514,00	0,49	0,49
2	330,60	0,32	0,41
3	323,40	0,31	0,37
4	481,00	0,46	0,40
5	984,00	0,94	0,51
6	830,20	0,80	0,55
7	470,20	0,45	0,54
8	892,20	0,86	0,58
9	463,40	0,44	0,56
10	813,40	0,78	0,59
11	893,80	0,86	0,61
média de horas =	636,02	0,61	0,51



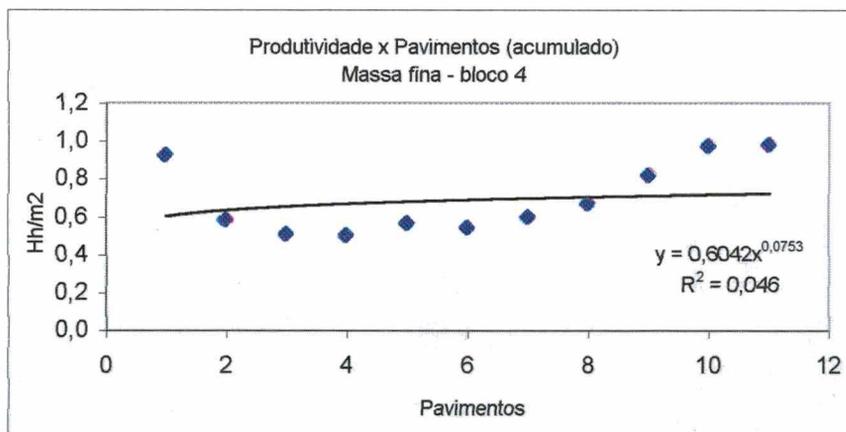
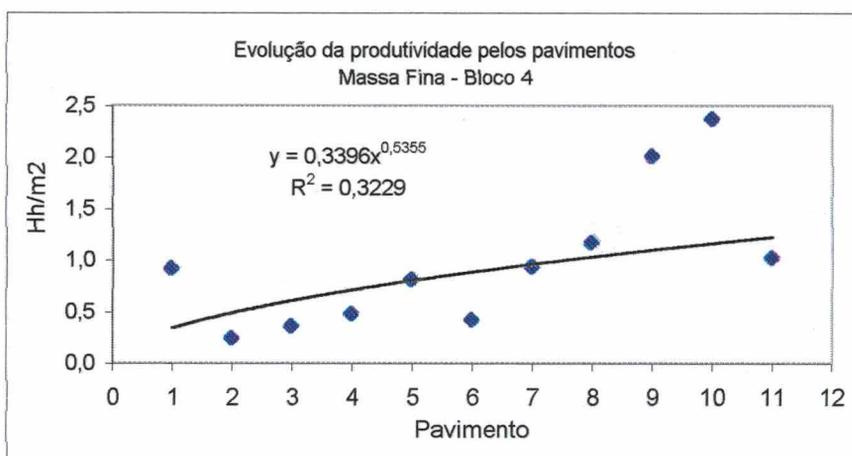
**BLOCO 1**

bloco1	horas	unitário	acumulado
1	514,00	0,49	0,49
2	330,60	0,32	0,41
3	323,40	0,31	0,37
4	481,00	0,46	0,40
5	984,00	0,94	0,51
6	830,20	0,80	0,55
7	470,20	0,45	0,54
8	892,20	0,86	0,58
9	463,40	0,44	0,56
10	813,40	0,78	0,59
11	893,80	0,86	0,61
média de horas =	636,02	0,61	0,51



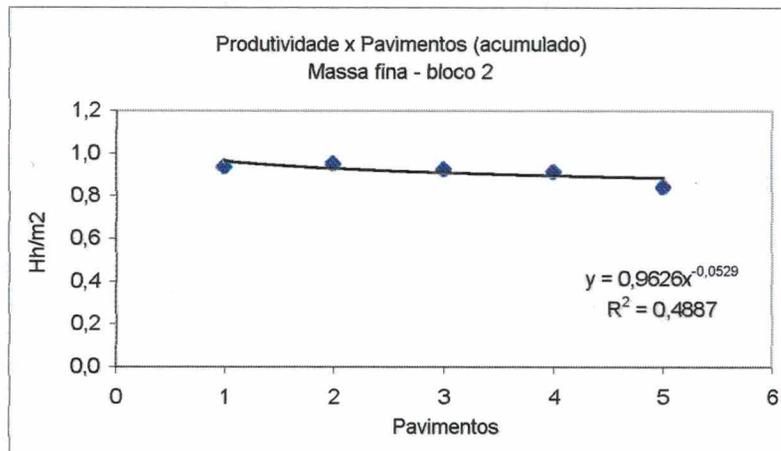
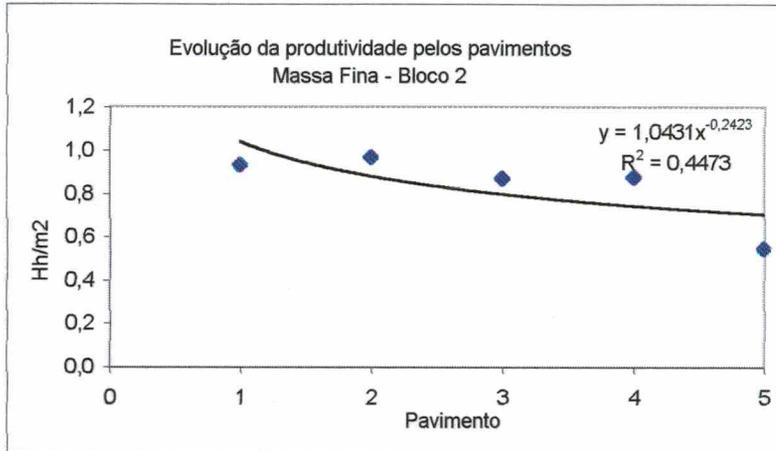
**BLOCO 4**

bloco 4	horas	unitário	acumulado
1	968,4	0,93	0,93
2	258,2	0,25	0,59
3	381,6	0,37	0,51
4	506,4	0,49	0,51
5	858	0,82	0,57
6	450,2	0,43	0,55
7	985,6	0,95	0,60
8	1232	1,18	0,68
9	2104,4	2,02	0,83
10	2482,8	2,38	0,98
11	1078	1,03	0,99
média de horas =	1027,78	0,99	0,70



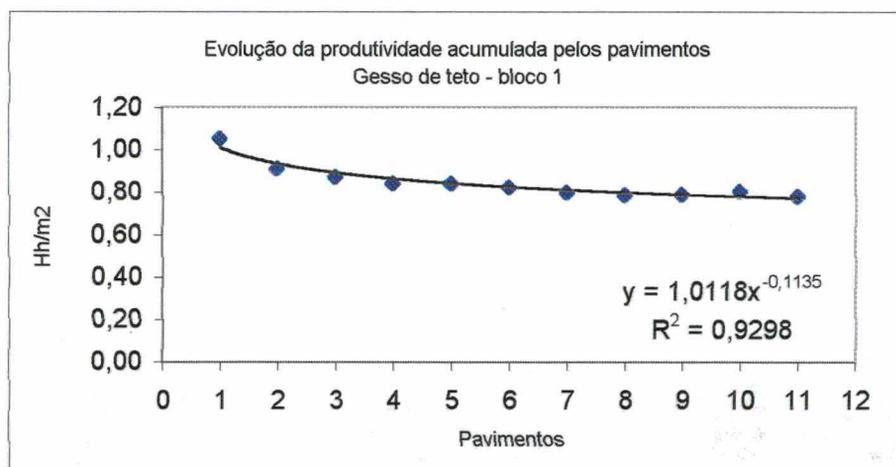
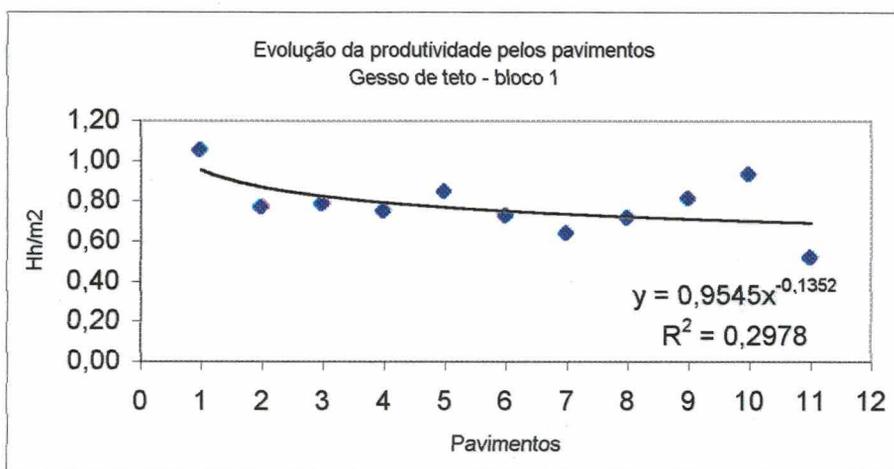
**BLOCO 2**

bloco 2	horas	unitário	acumulado
1	976,8	0,94	0,94
2	1012	0,97	0,95
3	910,4	0,87	0,93
4	917,6	0,88	0,92
5	575,1	0,55	0,84
média de horas =	878,38	0,84	0,92



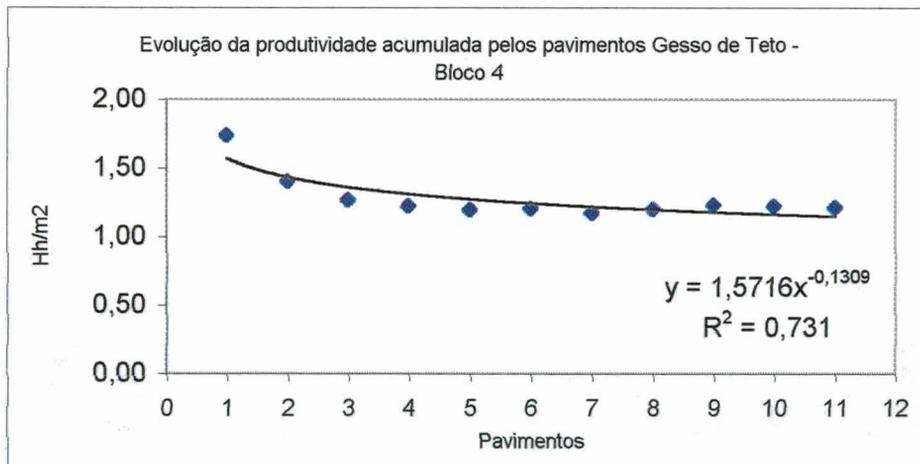
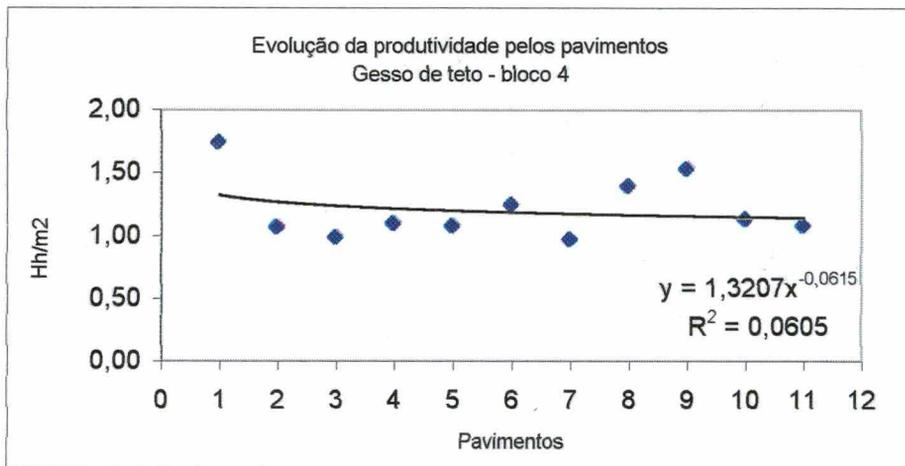
**BLOCO 1**

bloco 1	horas	unitário	acumulado
1	290,00	1,06	1,06
2	212,00	0,77	0,91
3	217,00	0,79	0,87
4	207,00	0,75	0,84
5	234,00	0,85	0,84
6	201,00	0,73	0,83
7	177,40	0,65	0,80
8	197,80	0,72	0,79
9	224,20	0,82	0,79
10	258,00	0,94	0,81
11	143,80	0,52	0,78
média =	214,75	0,78	0,85



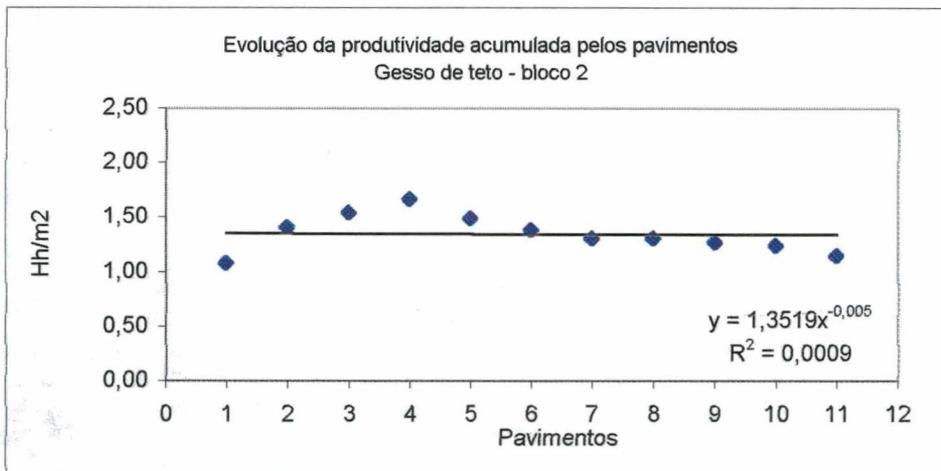
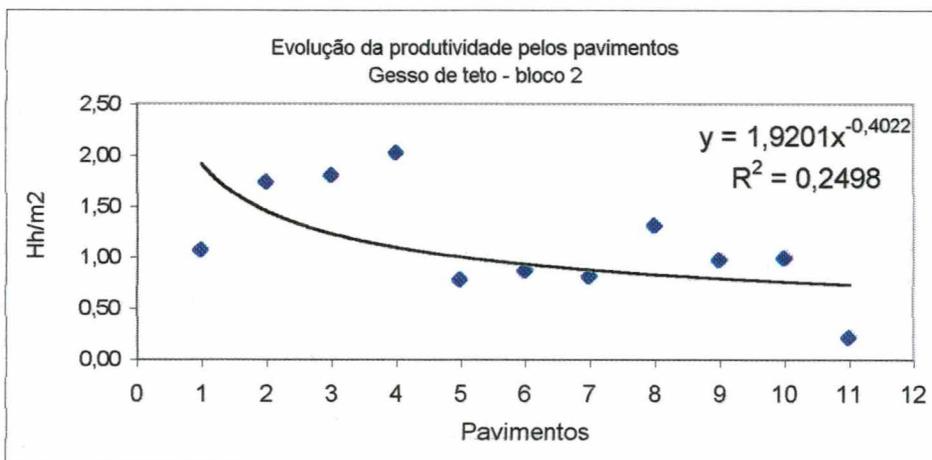
**BLOCO 4**

bloco 4	horas	unitário	acumulado
1	479,20	1,74	1,74
2	295,00	1,07	1,41
3	273,00	0,99	1,27
4	303,20	1,10	1,23
5	298,00	1,08	1,20
6	344,20	1,25	1,21
7	268,00	0,98	1,18
8	385,20	1,40	1,20
9	422,00	1,54	1,24
10	313,00	1,14	1,23
11	299,20	1,09	1,22
média de horas =	334,55	1,22	1,28



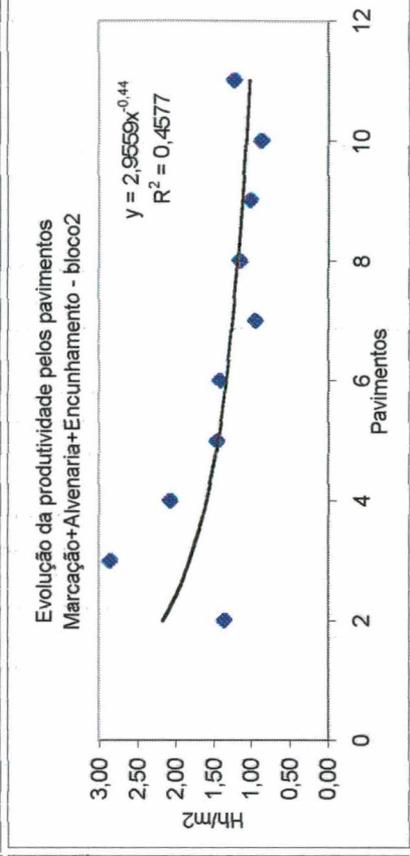
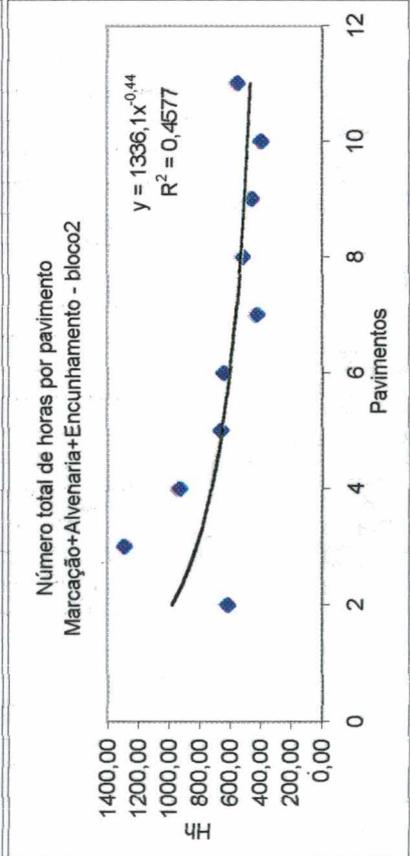
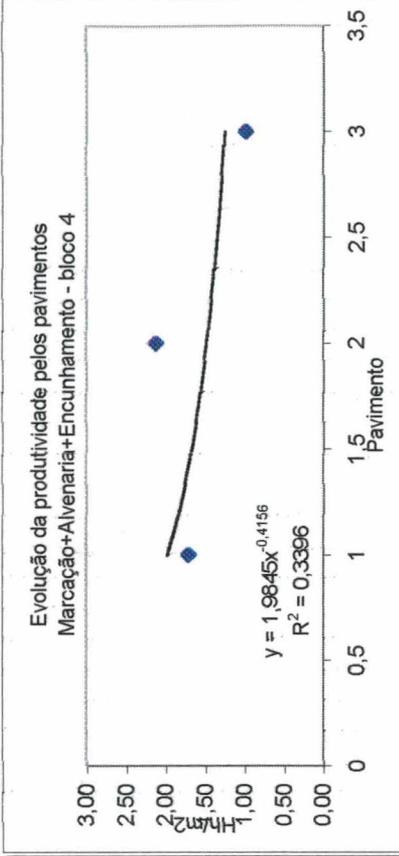
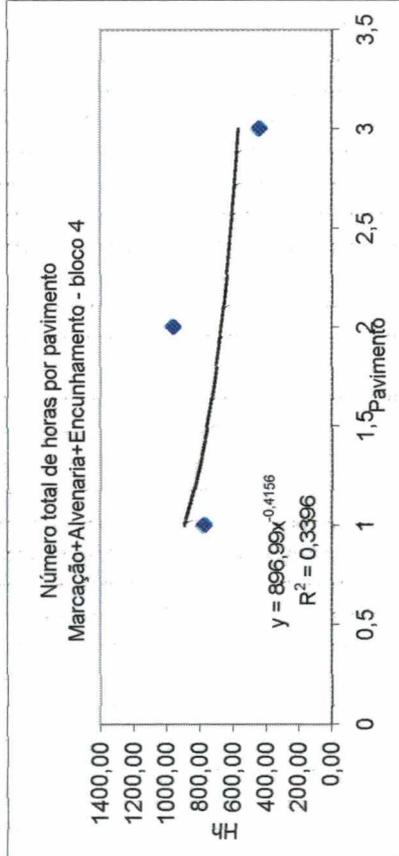
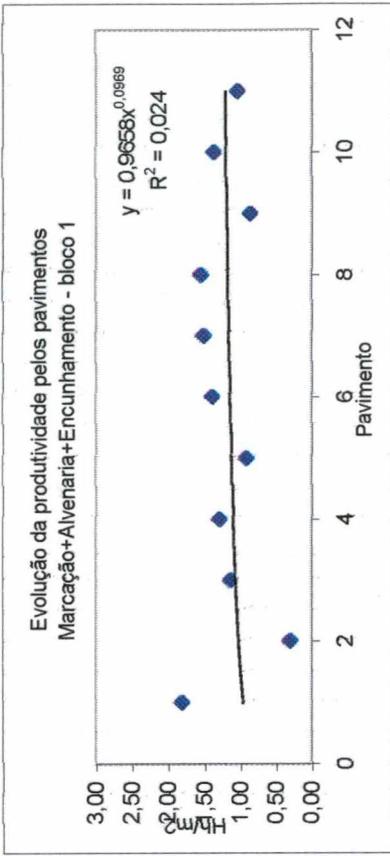
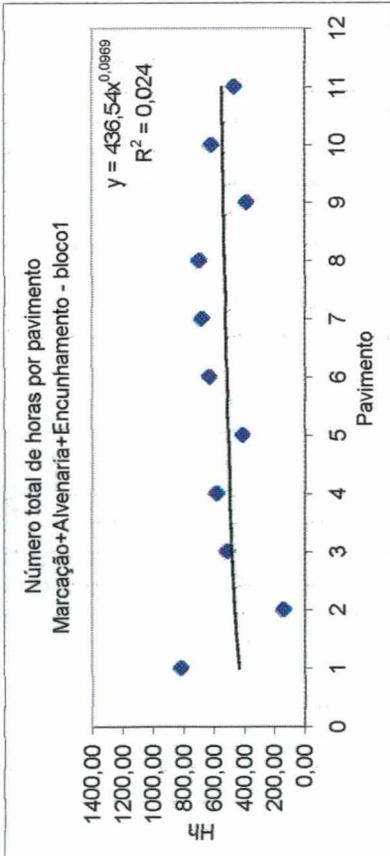
**BLOCO 2**

bloco 2	horas	unitário	acumulado
1	296,00	1,08	1,08
2	478,40	1,74	1,41
3	498,40	1,81	1,54
4	557,60	2,03	1,67
5	216,80	0,79	1,49
6	240,80	0,88	1,39
7	225,60	0,82	1,31
8	364,00	1,32	1,31
9	269,60	0,98	1,27
10	276,00	1,00	1,25
11	61,60	0,22	1,15
média de horas =	316,80	1,15	1,35



**ANEXO 5:****Análise da Atividade de Alvenaria  
(marcação, enchimento e encunhamento)**





**ANEXO 6:**

**Linhas de Balanço  
(para verificação do espalhamento,  
intensidade e sequenciamento)**

Número de horas por semana

		semanas trabalhadas em gesso de teto do bloco 1																						
pav		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	32	38	39	42	soma
11																				68,6			75,2	143,8
10																	97,0	157,0			45,0	17,6		316,6
9													23,6	110,6	54,8						35,2	9,8		224,2
8													82,4	70,4							35,2	17,6	67,8	197,8
7													74,4	17,6							17,6	26,4	8,0	177,4
6													66,8	70,4							18,6	27,4		171,6
5													88,0	100,0								40,2		206,6
4													100,0	17,6								52,8	29,4	217,4
3													12,0	100,0	100,0									212,0
2																								290,0
1																								290,0
soma		0,0	12,0	100,0	100,0	100,0	105,6	78,4	105,6	100,0	66,8	70,4	74,4	100,0	94,0	110,6	151,8	208,0	128,4	68,6	230,8	310,8	75,2	290,0

		semanas trabalhadas em gesso de teto no bloco 4																							
pav		29	30	31	32	33	34	35	36	37	40	41	42	43	44	48	49	50	53	54	55	56	57	58	soma
11																									137,0
10																									176,0
9																									385,2
8																									267,8
7																									344,2
6																									297,7
5																									303,2
4																									272,8
3																									277,8
2																									479,2
1																									479,2
soma		22,6	193,6	176,0	104,4	194,6	141,5	131,0	202,0	171,6	17,6	176,0	74,2	192,2	193,0	181,0	176,0	158,4	176,0	79,2	123,2	140,8	171,2	44,0	

		semanas trabalhadas em gesso de teto no bloco 2																								
pav		59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	soma
11																										61,6
10																										276,0
9																										269,6
8																										364,0
7																										225,6
6																										240,8
5																										216,8
4																										557,6
3																										498,4
2																										478,4
1																										296,0
soma		176,0	105,6	105,6	132,0	105,6	176,0	176,0	176,0	176,0	176,0	132,0	176,0	140,8	176,0	149,6	149,6	167,2	132,0	132,0	114,4	132,0	132,0	132,0	114,4	

Gesso de teto



Número de horas-homem/semana

		semanas trabalhadas no bloco 1																					42	soma
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	32	38	39	42	
pav	11																			34,3		18,8	53,1	
	10																			15,0	8,8	108,5		
	9																			8,8		75,7		
	8																			17,6	9,8	103,8		
	7																			8,8	13,6	68,4		
	6																			13,2	4,0	85,8		
	5																			9,3	9,1	112,4		
	4																				8,0	52,0		
	3																					133,2		
	2																				26,4	106,0		
	1																					78,2		
soma		0,0	6,0	50,0	50,0	52,8	39,2	52,8	50,0	33,4	35,2	37,2	50,0	47,0	36,9	50,6	42,8	42,8	34,3	99,1	71,8	18,8		

		semanas trabalhadas no bloco 4																					58	soma
		29	30	31	32	33	34	35	36	37	40	41	42	43	44	48	49	50	53	54	55	56	57	
pav	11																						55,0	
	10																						34,3	
	9																						44,0	
	8																						96,3	
	7																						71,4	
	6																						96,5	
	5																						80,5	
	4																						78,0	
	3																						88,0	
	2																						88,6	
	1																						152,8	
soma		22,6	48,4	43,7	48,7	35,4	32,8	60,4	42,9	8,8	44,0	18,6	48,1	48,3	45,3	44,0	39,6	44,0	26,4	44,0	26,4	34,0	35,2	

		semanas trabalhadas no bloco 2																					81	soma
		59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
pav	11																						17,6	
	10																						92,0	
	9																						68,6	
	8																						92,0	
	7																						57,6	
	6																						65,6	
	5																						13,2	
	4																						62,0	
	3																						144,8	
	2																						166,1	
	1																						294,4	
soma		44,0	26,4	26,4	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	35,2	44,0	35,2	44,0	35,2	44,0	37,4	70,4	167,2	44,0	44,0	38,1	44,0	48,4	

Gesso de teto

**ANEXO 7:****Acompanhamento da Rotatividade  
de um Pedreiro entre Atividades**

Acompanhamento das atividades desenvolvidas por um pedreiro

atividade	semanas																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
alvs+marc+ext	52,0	44,0	25,6	39,2	45,2	8,8	8,8	35,2				12,8	4,8	16,8	15,0	44,0		12,8	35,2	44,0	8,8	4,8						
concretagem	4,8		9,2	4,8			8,8			15,8	11,8	15,3	13,8								6,0	1,5	24,1					
massa fina																												
encunhamento			8,8																									
limpeza						8,8																						
pré-moldado									44,0	26,4	35,2	18,0	12,8															
corta-fogo												26,4																
pintura cort-f																17,6						17,6						
massa sarrad.																												
cerâmica																												
transp. Int.																												
mode/for																												
lastro-piso																												
contra-marco																												
cerâmica																												
box																												
porteiro																												
total de horas	56,8	44,0	43,6	44,0	45,2	17,6	44,0	44,0	44,0	42,2	47,0	46,1	57,8	34,4	24,2	57,3	31,2	39,2	44,0	50,0	26,4	42,7	0,0	48,7	44,0	44,2	44,0	35,2

horas trabalhadas

alvs+marc+ext																												
concretagem																												
massa fina																												
encunhamento																												
fabricação																												
limpeza																												
pré-moldado																												
corta-fogo	44,0																											
pintura cort-f																												
massa sarrad.																												
cerâmica																												
transp. Int.																												
mode/for																												
lastro-piso																												
contra-marco																												
cerâmica																												
box																												
porteiro																												
total de horas	44,0	8,8	40,2	47,0	30,4	28,6	45,0	44,0	44,0	51,0	43,2	38,2	51,0	44,0	52,8	52,8	35,2	45,0	44,0	8,8	8,8	17,6						

LEGENDA

- transfêrido
- não compareceu
- feriado
- demitido

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLARD, G. (1997), Lookahead Planning: the Missing Link in Production Control. **Proceedings of 5<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Group of Lean Construction**. Queensland, Australia, 13-25.

BISHOP, D. (1966), Architets and Productivity, **Royal Institute of British Architets Journal**, v. 73, 513-518.

BISHOP, D. (1968), The Background to Management Studies Studies by BRS, **Building Research Establishment Current Paper** n° 60/1968, Garston, Watford, UK.

BISHOP, D. (1972), Productivity in the Building Industry, **Building Technology in the 80'S, Philosophical Transactions**, n° 272, London, Royal Society, 533-563.

CASAROTTO, R. M. et al. (1996), Uma Metodologia para Aplicação das Curvas de Agregadas na Programação de Obras, Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. **Anais**. v. 2. Florianópolis/SC, 184-195.

CHEETAM, D. W. (1982), Labour Management Pratices on Construction Sites and Some of their Consequences, **Construction Papers**, v.1 n° 3, 37-53.

CHEETAM, D. W. (1990), Labour Management Pratices on Construction Sites and some of their Consequences, **Journal of Management and Economics**.

CLAPP, M. (1965), **Labour Requeriments for Conventional Houses (as observed in five sites)**, Building Research Establishment Current Paper, Construction Series, n° 17, Garston, BRE.

COMMITTEE ON HOUSING, BUILDING AND PLANNING (1965) Economic Comission for Europe, United Nations, Effect of Repetition on Building Operations and Processes on Site, **Report of an Enquiry undertaken by the Committee on Housing, Building and Planning**, New York, United Nations.

CONTE, A. , MARTINELLI, F. (1997), Aiming the Lean Enterprise - the "Plano 100" Case. **Proceedings of 5<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Group of Lean Construction**. Queensland, Australia.

EVERETT, J., FARGHAL, S. (1997), Data Representation for Predicting Performance with Learning Curves. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.123, n°1, 46-52.

FARGHAL, S., EVERETT, J. (1997), Learning Curves: Accuracy in Predicting Future Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 123, n°1, 41-45.

FRANTZOLAS, V. (1984), Learning Curves and Work Interruptions in Construction, **ASCE Transactions**.

GATES, M., SCARPA, A. (1972), Learning and Experience Curves. **Journal of the Construction Division**, v. 98, n°CO1, 79-101.

GHIO, V. (1997), Development of Construction Work Methods and Detailed Production Planing for on Site Productivity Improvement. **Proceedings of 5<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Group of Lean Construction**. Queensland, Australia, 149-156.

GHIO, V. et al. (1997), Preplaning: A Rewarding Experience. **Proceedings of 5<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Group of Lean Construction**. Queensland, Australia, 115-120.

HALLIGAN, D. et al. (1994), Action-Response Model and Loss of Productivity in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol 120, n°1, 47-63.

HEINECK, L. F. (1983), **On the Analyses of Activity Durations on Three House Buildings Sites**. Leeds, The University of Leeds. Department of Civil Engineering, 275p. (Tese de Doutorado).

HEINECK, L. F. (1987), A Model to Estimate the Durations of Activities. **IV International Symposium on Building Economics**, W-55. v. 6. Copenhagen, Denmark, , 14-17.

HEINECK, L. F. & RAWCLIFFE, J. The Allocation of Labour to the Activities and their Durations – Boundaries for “S” Shaped Curves, 7º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais**.

HEINECK, L. F. (1991a) Efeito Aprendizagem, Efeito Concentração e Efeito Concentração no Aumento de Produtividade nas Alvenarias, **III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil**, UFSC, Florianópolis, 67-75.

HEINECK, L. F. (1991b) Tamanho dos Tijolos e a Produtividade nas Alvenarias, , **III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil**, UFSC, Florianópolis, 45-50.

HERBSMAN, Z., ELLIS, R. (1990), Research of Factors Influencing Construction Productivity. **Construction Management and Economics**, v. 8, 49-61.

HUSSAIN, A. (1979), Construction Productivity Factors. **Engineering - Journal of Professional Activities**, v. 105, nº El 4, 189-195.

KOSKELA, L. (1998), Lean Construction, VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, **Anais**, v. I, 3-9.

LOGCHER, R., COLLINS, W. (1978), Management Impacts on Labor Productivity. **Journal of the Construction Division**, v. 104, nºCO 4, 447-461.

LUMSDEN, P. (1968) **The Line of Balance Method**, Oxford, Pergamon Press Ltd. **Industrial Training Division**, 1968, 71pp.

MACHADO, R. L. (1997), **Estudo dos Esquemas de Incentivos Financeiros no Conjunto de Fatores que Afetam a Produtividade da Mão-de-obra em Empresas da Construção Civil**. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 172p. (Dissertação de Mestrado).

MALONEY, W. (1990), Framework for analysis of performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 116, nº3, 399-415.

MCNALLY, H., HAVERS, J. (1967), Labor Productivity in the Construction Industry. **Journal of the Construction Division**, v. 93, nº CO2, 1-11.

NASA (1997), **Learning Curves Calculator**, artigo extraído da home-page da NASA.

OLIVEIRA, R.R. (1997), Repetição e Produtividade na Construção Civil: Estudo da Execução de Estruturas de Edifícios, XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e III Congresso Internacional de Engenharia Industrial, **Anais em CD**. Gramado/RS.

OLIVEIRA, R.R. et al.(1988), Estudo dos Fatores que Afetam a Produtividade, VII Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, **Anais**, v. II, Florianópolis/SC. 697-705.

OLSON, C.(1982), Planning, Scheduling, and Communicating Effects on Crew Productivity, **Journal of Construction Division**, v. 108, nº CO1, 121-127.

PANZETER, A. (1988), **Estudo das Relações entre os Consumos de Mão-de-obra e as Quantidades Físicas Executadas**. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 159p. (Dissertação de Mestrado).

PARKER, H. OGLESBY, C.(1972), **Methods Improvement for Construction Managers**. 1ª ed., Nova York, McGraw-Hill. Capítulo 6.

PEER, S., NORTH, T.(1971). Unproductive Time in Building Operations. **Building Forum**, v.3, nº 2, 39-48.

PIGGOT, P:T:(1974), **A Productivity Study of House Building**, 2<sup>nd</sup>. Impression, Dublin, An Foras Forbatha –The Nacional Institute for Physical Planning and Construction Research.

SHADDAD, M., PILCHER, R. (1984), The influence of management on construction system productivity. **Proceedings 4<sup>th</sup> International Symposium on Organization and Management of Construction - CIB W-65**.

SCHIMITT, C.M.(1997) **Catálogo de Informações sobre Serviços em Obras de Edificação**, Publicação Interna do Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Porto Alegre, RS.

SILVA, M.A.C.(1986) **Identificação e Análise dos Fatores que Afetam a Produtividade sob a Ótica dos Custos de Produção de Empersas de Edificações**. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre.

SOUZA, U., **Metodologia para o Estudo da Produtividade da Mão-de-obra no Seviço de Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado**. Tese de Doutorado. USP. São Paulo,1996.

THOMAS, H. et al. (1989), Impact of Material Management on Productivity - A Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 115, n°3, 370-384.

THOMAS, H., YAKOUMIS, I. (1987), Factor Model of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n°4, 623-639.

VERSCHUREN, C. (1984), Effect of Repetition in the Programing and Design of Building. **CIB W-65**, 561-661.

WATANABE, T. (1997), A Fundamental Study on Construction Site Productivity. **Construction Process Re-engineering**, 247-258.