

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Mariana Garrastazu Pereira

**PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS EM CANTEIROS DE
OBRAS: DIRETRIZES BASEADAS EM ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre
dezembro 2011

MARIANA GARRASTAZU PEREIRA

**PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS EM CANTEIROS DE
OBRAS: DIRETRIZES BASEADAS EM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Carlos Torres Formoso

Porto Alegre
dezembro 2011

MARIANA GARRASTAZU PEREIRA

**PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS EM CANTEIROS DE
OBRAS: DIRETRIZES BASEADAS EM ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2011

Prof. Carlos Torres Formos
Ph.D. pela Universidade de Salford, Grã Bretanha
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Torres Formoso (UFRGS)
Ph.D. pela Universidade de Salford, Grã Bretanha

Karina Bertotto Barth
M.Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Letícia Ramos Berr
M.Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Marcus e Ana Lúcia, e a
minha avó, Teresinha, que sempre me apoiaram e
especialmente durante o período do meu Curso de
Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Carlos Torres Formoso, orientador deste trabalho pela atenção, incentivo, críticas e todos os ensinamentos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Carin Maria Schmitt por ensinar mais do que apenas a formatação, mas toda a estruturação do trabalho. Agradeço pelas correções que fez, e pelo exemplo de dedicação.

Agradeço à empresa construtora que abriu suas portas e aos profissionais que cederam parte do seu tempo para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha grande família, que sempre esteve ao meu lado, dando apoio, amor e carinho, e pelo exemplo de família que me deram. Obrigada aos meus pais, Ana Lúcia e Marcus, pelo amor incondicional e pelo incentivo constante. E à minha avó, Teresinha, pelo exemplo de bondade e paciência, e também pelo companheirismo dedicado a mim sempre.

Às minhas amigas e colegas de faculdade Paula Campani, Fernanda Michaelsen, Carolina Dressel, Alessandra Coimbra, Élide da Rocha e Fernanda Pandolfo pela amizade, companheirismo e por ajudarem a tornar tudo mais agradável.

Ao meu namorado Tiago, pelo incentivo, amor, paciência, companheirismo e compreensão no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino de qualidade oferecido.

A todos que de alguma maneira colaboraram para a consolidação deste trabalho.

À Deus, por tudo.

A satisfação está no esforço e não apenas na realização
final.

Mahatma Gandhi

RESUMO

Com a construção civil em processo de expansão, existe uma escassez de materiais, mão de obra e equipamentos, sendo necessário um melhor gerenciamento dos mesmos para se melhorar o nível de produtividade das obras e também cumprir os prazos estabelecidos. Para que se obtenham esses resultados, é de fundamental importância um bom planejamento dos fluxos físicos, pela sua importância em termos de custos com mão de obra e pelo seu impacto na incidência de perdas. Entretanto, o Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais (SMAM) não é devidamente planejado pelas empresas nas etapas de orçamento e planejamento, e raramente é foco de iniciativas de melhorias de processos. Para a realização desse planejamento, é importante compreender conceitos relacionados ao *layout* e logística de canteiro e, a partir destes, os equipamentos de movimentação de materiais devem ser posicionados e dimensionados de forma criteriosa para se obter uma racionalização do transporte de materiais nas obras. A partir da escolha dos equipamentos, deve ser feito o planejamento de operação desses com o intuito de usá-los com eficiência, aumentando, assim, a produtividade da obra, através da eliminação de atividades que não agregam valor, tais como o transporte desnecessário de materiais. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor diretrizes para o planejamento dos equipamentos de movimentação de materiais em canteiros de obras. A partir dos conceitos estudados foi feito um diagnóstico da obra em estudo através de observação do sistema e coleta de dados da mesma. Com isso, pôde-se ter uma visão do funcionamento do canteiro e seus principais problemas, e após, foi realizado o planejamento de operação para o equipamento em estudo.

Palavras-chave: Planejamento. Equipamentos de Movimentação Vertical de Materiais.
Logística de Canteiro. Gestão dos Fluxos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do processo de produção	15
Figura 2 – Elevador à tração de aço	27
Figura 3 – Elevador cremalheira	28
Figura 4 – Sistema de freios do elevador cremalheira	28
Figura 5 – Grua móvel	30
Figura 6 – Grua fixa	30
Figura 7 – Grua ascensional	31
Figura 8 – Dispositivo elevatório	34
Figura 9 – Manipulador telescópico	35
Figura 10 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa	36
Figura 11 – <i>Layout</i> do canteiro estudado	45
Figura 12 – Resultados da lista de verificação	46
Figura 13 – Comparação dos resultados obtidos por Saurin (1997) e pelo estudo de caso do presente trabalho	48
Figura 14 – Movimentação de blocos	49
Figura 15 – Movimentação de telas de aço	50
Figura 16 – Grua sem atividade.....	50
Figura 17 – Armazenamento de aço e madeira	51
Figura 18 – Armazenamento de aço, escoras e tubos de linha de vida	52
Figura 19 – Armazenamento de areia e brita	52
Figura 20 – Armazenamento de argamassa	53
Figura 21 – Falta de drenagem	54
Figura 22 – Resultados das entrevistas	55
Figura 23 – Tempos de utilização	56
Figura 24 – Proporção dos tempos de utilização da grua	57
Figura 25 – Depósito de aço	60
Figura 26 – Depósito de blocos	61
Figura 27 – Ciclo de estrutura da obra estudada	64
Figura 28 – Ciclo de alvenaria da obra estudada	64
Figura 29 – Cronograma da obra	66
Figura 30 – Programação de entrega de materiais	67
Figura 31 – Programação semanal das atividades da grua	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre guas fixa e ascensional	32
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 ESCOPO DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
2.2.1 Objetivo principal	12
2.2.2 Objetivos secundários	12
2.3 DELIMITAÇÕES	13
2.4 LIMITAÇÕES	13
2.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
3 GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	14
3.1 PRODUÇÃO COMO FLUXO	14
3.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO	15
3.2.1 Preparação do processo	16
3.2.2 Planejamento de longo prazo	17
3.2.3 Planejamento de médio prazo	17
3.2.4 Planejamento de curto prazo	17
3.2.5 Avaliação do processo	18
3.3 PLANEJAMENTO DO SMAM	18
3.3.1 Logística e <i>layout</i> do canteiro	18
3.3.1.1 Transporte de materiais	20
3.3.1.2 Armazenamento de materiais	21
3.4 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE	22
3.4.1 Dimensionamento de equipamentos	24
3.4.1.1 A geometria do empreendimento como condicionante do sistema de transporte	24
3.4.1.2 Materiais e componentes condicionantes do sistema de transporte	24
3.4.2 Tipos de equipamentos	26
3.4.2.1 Elevadores a cabo de aço	26
3.4.2.2 Elevadores cremalheira	27
3.4.2.3 Gruas	29
3.4.2.3.1 <i>Grua com torre móvel sobre trilhos</i>	29
3.4.2.3.2 <i>Grua com torre fixa e lança horizontal</i>	30
3.4.2.3.3 <i>Grua com torre ascensional</i>	31
3.4.2.4 Dispositivos Elevatórios	33

3.4.2.5 Manipulador Telescópico	34
4 MÉTODO DA PESQUISA	36
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	36
4.2 FONTES DE EVIDÊNCIA	38
4.2.1 Lista de verificação	38
4.2.2 Amostragem do trabalho	39
4.2.3 Documentação de imagens do processo	39
4.2.4 Entrevistas semi-estruturadas	40
4.2.5 Medições dos tempos de operação dos equipamentos	41
4.2.6 Análise de documentos	41
4.2.7 Análise da logística do canteiro	41
4.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE	42
4.4 PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO	42
5 ESTUDO DE CASO	43
5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DA OBRA	43
5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5.2.1 Layout do canteiro	44
5.2.2 Análise dos dados da lista de verificação	46
5.2.3 Documentação de imagens do processo	49
5.2.4 Resultados das entrevistas	54
5.2.5 Resultado das medições dos tempos dos equipamentos	56
5.2.6 Análise dos dados da amostragem do trabalho	57
5.2.7 Diagnóstico do sistema existente	58
5.3 PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A	74
APÊNDICE B	77

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil encontra-se em grande expansão e em processo de mudança. Com a expansão do mercado imobiliário e a escassez de materiais, mão de obra e equipamentos, as empresas desse ramo têm se visto forçadas a mudarem suas estratégias e usarem novas formas de trabalho, como a melhoria dos seus processos de produção (FORMOSO; JOBIM, 2006, p. 78-79). Apesar das mudanças serem importantes para o desenvolvimento social e econômico, a construção civil tem mostrado-se lenta na adoção de novos métodos de produção (FORMOSO; JOBIM, 2006, p. 77) e é considerada como a principal geradora de resíduos na economia brasileira (FREITAS, 2009).

As atividades do sistema de armazenamento e movimentação de materiais são apontadas por Soibelman (1993, p. 15) como grandes fontes causadoras de desperdício. Segundo Santos (1995, p. 16), os materiais de uma edificação representam uma elevada parcela dos custos desta, podendo suas perdas ter bastante impacto no custo total do empreendimento. Apesar disso, é a mão de obra que realiza as atividades de movimentação e armazenamento, tendo assim grande responsabilidade na redução ou aumento de perdas, dependendo, dentre outras coisas, de uma boa gestão dos fluxos físicos.

O nível de produtividade na construção civil está diretamente relacionado com a qualidade do gerenciamento dos materiais, uma vez que os processos de movimentação e armazenagem têm interfaces com todos os processos produtivos do canteiro. Desta forma, é evidenciada a necessidade de um bom planejamento e gestão dos fluxos físicos para melhorar a eficiência do SMAM (Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais) (SAURIN, 1997, p. 31). Nesse contexto, o presente trabalho propõe diretrizes para o planejamento de operação dos equipamentos de movimentação vertical em canteiros de obras, visando à melhoria do sistema de movimentação e armazenamento de materiais.

2 ESCOPO DA PESQUISA

A seguir, é apresentado o escopo do presente trabalho.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: como planejar a operação dos equipamentos de movimentação vertical de materiais em canteiros de obra?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a proposição de diretrizes para o planejamento de operação dos equipamentos de movimentação de materiais em canteiros de obra.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) identificação das lacunas no processo de planejamento e gestão dos fluxos físicos na obra escolhida para a realização do estudo;
- b) elaboração do planejamento de operação dos equipamentos da obra em estudo.

2.3 DELIMITAÇÕES

O estudo de caso deste trabalho delimitou-se a uma obra residencial de uma empresa construtora de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

O fato de a autora trabalhar como estagiária na empresa é outra delimitação deste trabalho. Desta forma, muitas das observações apresentadas podem ter-se originado da sua vivência na organização, podendo, por esta razão, existir um viés.

2.4 LIMITAÇÕES

As diretrizes e procedimentos criados para o sistema de movimentação e armazenamento de materiais dizem respeito aos equipamentos de movimentação vertical de materiais, não levando em consideração os outros fluxos de materiais das obras.

2.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do capítulo de introdução e do presente capítulo onde foram apresentadas questões, objetivos e delimitações da pesquisa, este trabalho é composto por mais quatro capítulos.

No capítulo 3 é realizada uma revisão bibliográfica com enfoque na gestão dos fluxos físicos.

No capítulo 4 é apresentado o método de pesquisa, com a descrição das etapas do trabalho e das atividades que foram efetivamente realizadas ao longo do mesmo.

No capítulo 5 é apresentada a análise dos resultados obtidos, é feito o planejamento de operação e são apresentadas as propostas de melhorias.

Finalmente, no capítulo 6 são feitas as considerações finais da pesquisa.

3 GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

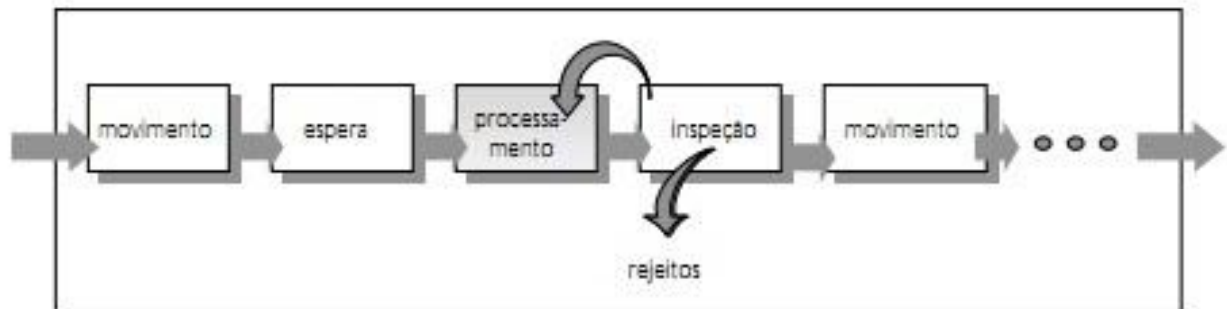
Neste capítulo são apresentados conteúdos relacionados à gestão dos fluxos físicos: o conceito de produção como fluxo, o processo de planejamento da construção, que tem grande impacto nos referidos fluxos, o planejamento e uma descrição dos principais equipamentos de transporte de materiais utilizados no país.

3.1 PRODUÇÃO COMO FLUXO

A gestão da produção na construção civil normalmente tem com base em um modelo de produção chamado de conversão, no qual a produção é vista como uma conversão de insumos em produtos. Neste modelo, o processo de produção é dividido em atividades menores, que também são consideradas como conversões, adotando-se as premissas de que estas atividades menores são mais facilmente gerenciáveis, e que uma melhoria em cada parte conduz a uma melhoria do todo (KOSKELA, 1992, p. 12). Entretanto, o referido modelo desconsidera as interações entre as diferentes partes de um processo, ou seja, os fluxos físicos entre conversões, os quais consistem de transporte, armazenamento e inspeção. Como consequência do uso desse modelo, há perdas consideráveis na construção (KOSKELA, 1992, p. 13-14).

Koskela (1992, p. 5, 15) aborda a necessidade de uma abordagem para a gestão da produção que integre os conceitos de conversão e fluxos chamada de nova filosofia de produção ou Produção Enxuta. Nesta abordagem, a eficiência total da produção alcançada pela gestão tanto das conversões como dos fluxos. Assim, um processo pode ser entendido como um fluxo de materiais e informações desde a matéria-prima até o produto final, representado pela figura 1.

Figura 1 – Etapas do processo de produção



(fonte: adaptado de KOSKELA, 1992)

Enquanto todas as atividades dependem custos e consomem tempo, apenas as atividades de conversão adicionam valor ao material sendo transformado em produto. Assim, o melhoramento das atividades de fluxo deve primeiramente focar suas reduções ou eliminações, enquanto atividades de conversão devem ser feitas com mais eficiência (KOSKELA, 1992, p. 16). Mesmo com toda a sua importância, as atividades de fluxo não são devidamente analisadas nas etapas de orçamento e planejamento e nas iniciativas de melhorias de processos.

3.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

Planejamento é definido por Ackoff¹ (1970 apud Laufer e Tucker, 1987, p. 244) como o processo de tomadas de decisões realizado anteriormente à ação, que se empenha para projetar um desejo futuro e caminhos efetivos para que este se torne real, e deve responder às seguintes questões:

- a) O que deve ser feito?
- b) Como as atividades devem ser realizadas?
- c) Quem deve realizar cada atividade e com que recursos?
- d) Quando cada atividade deve ser realizada?

¹ ACKOFF, R. L. **A concept of Corporate Planning**. New York: John Wiley and Soas, Inc., 1970.

Segundo Alves (2000, p. 30):

[...] o planejamento é um processo complexo que produz diretrizes para governar os processos. Determina o que deve ser feito e como, sua forma de execução e sequência, a qual deve permitir a execução de forma mais eficiente possível considerando-se aspectos técnicos. Além disso, deve identificar restrições conflitantes, os recursos necessários para a realização das atividades e o seu custo para a empresa.

Os objetivos do planejamento estão relacionados com a melhoria dos processos de produção, que podem ser obtidos por um bom gerenciamento ao longo de todas as etapas do processo. Isso garante que todas as atividades estejam sendo executadas dentro dos procedimentos estabelecidos. Para que os objetivos da empresa sejam alcançados, é importante dar atenção à otimização dos processos selecionando estratégias de construção alternativas que visam aumentar a eficiência produtiva (ALVES, 2000, p. 31).

Formoso et al. (2001, p. 18) propuseram um modelo geral do processo de planejamento, que é dividido em cinco etapas, as quais correspondem às etapas de preparação do processo, planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo, planejamento de curto prazo e avaliação do processo, o qual está descrito a seguir.

3.2.1 Preparação do processo

A etapa de preparação do processo envolve a escolha dos procedimentos e padrões a serem seguidos na execução do processo de planejamento (FORMOSO et al., 2001, p. 18). As decisões tomadas nessa etapa incluem: definição do esforço e tempo para cada estágio de planejamento, frequência de atualizações, planejamento de horizonte e nível de detalhamento e grau de planejamento e controle (LAUFER; TUCKER, 1987, p. 254).

Para a realização dessa etapa são necessárias as seguintes informações: planejamento estratégico do empreendimento, projeção de receitas, projeto e especificações e orçamento detalhado da obra. Essas informações procedem de outros processos da empresa, antecedentes ao planejamento e controle.

3.2.2 Planejamento de longo prazo

Nesta etapa, os dados do orçamento em conjunto com os ritmos definidos para a execução de cada etapa do processo de produção, definem os fluxos de despesas do empreendimento (FORMOSO et al., 2001, p. 21). O plano mestre é o principal produto do planejamento de longo prazo. Por ser um plano destinado a um longo prazo de execução, este deve apresentar um nível baixo de detalhes devido à incerteza do ambiente produtivo (BERNARDES, 2001, p. 28), fazendo com que este seja atualizado periodicamente em função das mudanças no andamento da obra.

3.2.3 Planejamento de médio prazo

Também chamado de *lookahead planning* (que numa tradução livre seria planejamento olhado para frente) por ser um planejamento móvel, tem sua fundamentação no plano de longo prazo e faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. Nesta etapa os serviços a serem executados, definidos no plano mestre, são detalhados em função dos processos de produção a serem utilizados, especificações dos métodos construtivos e identificação dos recursos necessários à execução. O ciclo de replanejamento em obras incorporadoras normalmente é bi ou trimestral, e os planos atualizados mensalmente (FORMOSO et al., 2001, p. 24).

3.2.4 Planejamento de curto prazo

Este planejamento tem como principal função orientar diretamente a execução da obra. Normalmente é realizado em ciclos semanais com reuniões envolvendo todos os responsáveis pela produção, tendo grande destaque no engajamento das equipes com as metas estabelecidas, chamado por isso de *commitment planning* (que numa tradução livre seria planejamento de comprometimento) (FORMOSO et al., 2001, p. 28).

Nessas reuniões é avaliado o cumprimento das metas do período anterior e planejado o período seguinte. Para o planejamento do período seguinte primeiramente é feita uma listagem de todas as tarefas com recursos disponíveis para a sua realização e após, essas

tarefas são distribuídas em ordem de prioridade às equipes de trabalho. Essa prioridade é baseada na criticalidade de cada tarefa no planejamento de médio prazo (FORMOSO et al., 2001, p. 28).

3.2.5 Avaliação do processo

A avaliação do processo é feita ao final de cada obra com o objetivo de melhorar o procedimento de planejamento e controle para empreendimentos futuros, ou durante o mesmo, quando este for de longa duração. Normalmente para essa avaliação é realizada uma reunião com todos os envolvidos no processo para a discussão dos principais resultados obtidos, problemas e falhas encontradas e sugestões para melhorias (FORMOSO et al., 2001, p. 31).

3.3 PLANEJAMENTO DO SMAM

O SMAM, considerado como atividade de suporte, deve merecer atenção especial na etapa de planejamento devido ao grande consumo de mão de obra que as operações de transporte envolvem e, também, pelas perdas de materiais ocasionadas por deficiências nessas operações (SAURIN, 1997, p. 31-32). Assim, assume um papel importante para a melhoria dos níveis de produtividade na construção já que a eficiência global da obra é dependente da sua eficiência (SANTOS, 1995, p. 24).

Todo empreendimento necessita de uma fase em que todas as atividades sejam compatibilizadas, reduzindo-se, via planejamento, os desperdícios de materiais, mão de obra e equipamentos. Nessa fase de planejamento, a partir da interação entre o orçamento, o cronograma e o projeto do canteiro pode ser feita a escolha do dimensionamento do sistema de transporte da obra (LICHTENSTEIN, 1987b, p. 8).

3.3.1 Logística e *layout* do canteiro

As atividades do sistema de movimentação e armazenamento de materiais estão diretamente relacionadas com as atividades do planejamento do *layout* do canteiro. A partir das

necessidades de armazenamento de cada material, o SMAM é dimensionado assim como as quantidades e tipos de equipamentos de transporte utilizados, e o *layout* estabelece as restrições para essas determinações, além de ditar a eficiência da movimentação e armazenagem, pois pode facilitar ou dificultar esses processos, deixando clara, assim, a necessidade de um bom planejamento e gerenciamento do sistema (SAURIN, 1997, p. 31).

Santos (1995, p. 37) alerta para a importância do conhecimento das principais deficiências encontradas no seu planejamento do canteiro para prevenir as falhas no mesmo com relação à movimentação e ao armazenamento, tais como:

- a) ausência de projeto de canteiro, implicando no subdimensionamento de instalações provisórias;
- b) planejamento e controle deficientes da entrada de materiais e componentes;
- c) ausência de cuidados com armazenamento de materiais;
- d) transporte inadequado de materiais e componentes;
- e) inexistência de cuidados de limpeza do canteiro.

Para se realizar uma análise informal da logística do canteiro, Santos (1995, p. 84-85) recomenda observar algumas características e princípios genéricos, apresentados a seguir:

- a) o melhor transporte é aquele que não existe. Este princípio significa, em resumo que o caminho da produtividade no sistema de movimentação é através da redução de volumes e cargas a transportar pelas equipes do canteiro;
- b) a força motora mais econômica é a força da gravidade;
- c) cargas iguais devem ser movimentadas em conjunto;
- d) a produtividade da movimentação aumenta quando as condições de trabalho tornam-se mais seguras;
- e) o armazenamento, se possível, deve utilizar ao máximo o espaço cúbico;
- f) utilizar o caminho mais direto possível;
- g) evitar o cruzamento dos fluxos de transporte;
- h) prever caminho de ida e volta;
- i) planejar o uso de cargas de retorno;
- j) diminuir distâncias entre postos de trabalho;
- k) entregar materiais diretamente no local de trabalho;

- l) transportar a máxima quantidade de peso de cada vez, atendendo às restrições de caráter ergonômico;
- m) transportar preferencialmente em containers, ao invés de a granel;
- n) colocar cargas primeiro em plataforma e depois transportar;
- o) não empilhar diretamente sobre o chão, deixando o espaço para facilitar o erguimento e a ventilação;
- p) prever área de recepção, de preferência com plataforma;
- q) garantir amplo espaço de circulação em torno da área de estocagem;
- r) proteger partes da obra ao longo do caminho de circulação;
- s) manter obra limpa e plana;
- t) proteger e dar segurança ao material transportado;
- u) reduzir ao máximo o transporte por esforço humano;
- v) usar equipamentos adaptáveis ao transporte de vários tipos de materiais.

A seguir são descritas as atividades que compõem o planejamento do sistema de movimentação e armazenamento de materiais no canteiro, tais como o transporte de materiais, o armazenamento de materiais, o cruzamentos de tráfego, as atividades poluidoras e a disposição de entulho.

3.3.1.1 Transporte de materiais

Devido ao grande consumo de mão de obra e das perdas ocasionadas pela deficiência das operações de transporte, as atividades de movimentação de materiais necessitam de uma atenção especial na etapa de planejamento (SAURIN, 1997, p. 32). O planejamento do sistema de transporte é necessário para que os materiais e componentes tenham um fluxo racional no canteiro, para que isso ocorra, Immer² (1953 apud Lichtenstein, 1987b, p. 6-7) aponta três caminhos a serem considerados nessa etapa:

- a) redução dos volumes e cargas totais a serem movimentadas via racionalização da própria tecnologia construtiva, com a eliminação dos desperdícios de material;
- b) redução das distâncias totais a serem percorridas pelos materiais e componentes via um projeto racional do arranjo do canteiro;

² IMMER, J. R. **Materials Handling**. New York: McGraw-Hill, 1953.

- c) aperfeiçoamento do procedimento para a escolha, dimensionamento e operação do sistema de transporte a ser empregado.

A diminuição das distâncias é uma medida que pode ser praticada através de um estudo detalhado do *layout* do canteiro, determinando as distâncias percorridas e estabelecendo o grau de interferência entre os fluxos de materiais e pessoas (SAURIN, 1997, p. 32). Para a seleção dos equipamentos de transporte, é feito o procedimento, descrito no item 3.4, que se baseia em definir as características do empreendimento para escolher o sistema de transporte mais adequado.

É importante também no planejamento do sistema de transporte, evitar o cruzamento de tráfegos. Rad e James³ (1983 apud Saurin, 1997, p. 35) apontam para a necessidade de se ter portões separados para o tráfego de pessoas e para entrega de fornecedores de materiais. O objetivo da separação é não ter interferência entre a circulação de veículos e pessoas descarregando materiais com a circulação de pessoas envolvidas em outros serviços.

3.3.1.2 Armazenamento de materiais

O armazenamento de materiais é uma etapa que necessita de planejamento específico, pois um mau armazenamento dos mesmos gera perdas e afeta a produção de processos relacionados ao material, devido à dificuldade de acesso, controle de estoques, etc (SAURIN, 1997, p. 33). Para que se tenha um bom armazenamento de materiais, Santos (1995, p. 38) recomenda os seguintes requisitos básicos:

- a) **local para estocagem adequado:** os materiais devem ser armazenados de forma que sejam preservadas as suas características físico-químicas originais. Os estoques devem estar próximos aos locais de uso e com avisos de segurança para os operários e visitantes;
- b) **dimensionamento:** as instalações de armazenamento devem ser dimensionadas com base no cronograma da obra procurando estocar o menor volume possível;
- c) **expedição controlada:** é importante ter um responsável e um procedimento padrão para o controle de estoque, com registros de recebimento e saída facilitando o controle das quantidades existentes para que não falte material no canteiro.

³ RAD, P. F.; JAMES, B. M. **The layout of temporary construction facilities**. Cost Engineering, Dover, 19 – 26, 1983.

Skoyles & Skoyles⁴ (1987 apud Soibelman, 1993, p. 25) apresentam, ainda, alguns princípios para evitar perdas de materiais devido a atos criminosos:

- a) manter os materiais de maior valor e as ferramentas chaveados no almoxarifado;
- b) possuir um perfeito controle das retiradas do almoxarifado;
- c) controlar o acesso ao canteiro;
- d) manter vigilantes vinte e quatro horas na obra;
- e) manter o canteiro de obra cercado;
- f) os estoques deverão ficar o mais afastado possível das bordas da obra;
- g) possuir um sistema de cobrança pelos equipamentos, ferramentas e materiais perdidos, forçando uma maior atenção por parte dos funcionários;
- h) controlar o recebimento dos materiais, visto que muitos materiais não são roubados, mas simplesmente nunca são entregues;
- i) os materiais que sobrarem ao final das operações e ferramentas devem, logo após sua utilização, voltar ao almoxarifado; e
- j) o canteiro de obra deve ser bem iluminado durante a noite.

Os custos ligados ao armazenamento podem ser minimizados através da redução de estoques, facilitando também o planejamento de *layout*, uma vez que serão necessários menos espaços para alocação e estocagem de materiais. A entrega de materiais diretamente no pavimento tipo reduz movimentações desnecessárias, liberando as áreas do canteiro que seriam utilizadas para depósitos (SAURIN, 1997, p. 35).

Para a obtenção de um gerenciamento de materiais eficiente, Soibelman (1993, p. 21-22), baseado nas pesquisas de Wyatt⁵, de 1983 e Skoyles⁶, de 1974, recomenda os seguintes princípios e procedimentos:

- a) projetar detalhadamente o *layout* do canteiro com atenção especial às áreas de armazenamento;
- b) utilizar um sistema de controle de materiais o mais simples possível, evitando o excesso de burocratização do canteiro e a coleta de dados desnecessários;

⁴ SKOYLES, E.R.; SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.

⁵ WYATT, D. P. **Materials management – Part II**. Derkshire: The Chartered Institute of Building, 1983.

⁶ SKOYLES, E. R. **Waste of materials on building sites**. Carston: BRE, 1974. Building Research Establishment Current Paper, cp. 47.

- c) envolver todos os funcionários e gerentes da empresa com o controle dos materiais;
- d) escolher os equipamentos de maneira criteriosa, levando em consideração uma perfeita adequação aos materiais utilizados;
- e) preparar um cronograma de entrega de materiais bem elaborado e compatível com o andamento da obra;
- f) utilizar ordens de compra que possibilitem a preparação do canteiro ao recebimento de materiais;
- g) proceder a checagem na recepção de materiais, tanto do ponto de vista da qualidade como de quantidade, garantindo que materiais defeituosos não sejam utilizados e que sejam realizados os procedimentos de reclamação e ressarcimento;
- h) fazer levantamentos periódicos dos estoques, estabelecendo regras e apoiando a investigação contínua de melhorias no manuseio, administração, armazenagem e proteção dos materiais;
- i) garantir que a área de trabalho fique desobstruída de estoques de materiais não necessários ao trabalho imediato, melhorando assim a segurança do canteiro e a motivação dos operários;
- j) treinar os operários para que cada um limpe sua própria área de trabalho, dispondo o lixo de forma adequada e, se possível, separando o material reutilizável e levando-o de volta ao local de armazenamento;
- k) retornar o material que sobrar ao final de cada operação ao almoxarifado ou ao estoque central;
- l) anotar as transferências de materiais;
- m) identificar claramente as funções e responsabilidades das pessoas envolvidas no gerenciamento de materiais;
- n) estudar novas formas de incentivos aos operários considerando o custo do material perdido;
- o) revisar a forma de contrato com sub-empregados e fornecedores, tendo como objetivo obter uma melhor utilização dos materiais, e, caso necessário, adotar a utilização de multas e retenções pelo mau gerenciamento dos mesmos.

3.4 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE

Para realizar a escolha mais adequada e o dimensionamento do sistema de transporte, é necessário definir as características do empreendimento e a quantificação dos materiais e analisar juntamente o orçamento, as relações de precedência e o cronograma de execução com os tempos disponíveis e o anteprojeto do *layout* do canteiro, com os prováveis locais de

descarga, estocagem, manipulação e aplicação dos materiais e componentes (LICHTENSTEIN, 1987b, p. 8).

3.4.1 Dimensionamento de equipamentos

As características do empreendimento como condicionantes do sistema de transporte são definidas através da geometria do edifício e dos materiais e componentes.

3.4.1.1 A geometria do empreendimento como condicionante do sistema de transporte

A geometria do empreendimento é um dado fundamental para se estabelecer as distâncias que serão percorridas para a movimentação de cargas no canteiro, tanto na vertical como na horizontal. Assim, é necessário identificar as características dos empreendimentos que serão construídos para que se possam escolher os sistemas de transporte viáveis (LICHTENSTEIN, 1987b, p. 16):

- a) **dimensões horizontais:** como dimensões horizontais se entendem o número de blocos por empreendimento e o número de apartamentos por andar;
- b) **dimensões verticais:** a distância vertical a ser percorrida pelos materiais é a altura total prevista do empreendimento;
- c) **área construída:** a área total construída do empreendimento é um dado importante para o dimensionamento do sistema de transporte para o estabelecimento das cargas totais a serem movimentadas em cada obra.

3.4.1.2 Materiais e componentes condicionantes do sistema de transporte

O estudo dos materiais e componentes do empreendimento é importante para a caracterização das cargas a serem movimentadas. Como um empreendimento é composto por diversos materiais e componentes e todos precisam ser movimentados no canteiro, deve-se fazer um estudo para se verificar quais destes exigem realmente um sistema de transporte. Os critérios usados para a definição da importância de cada constituinte são carga total do material ou componente a ser movimentado, volume do material e componente a ser movimentado, número de deslocamentos do material ou componente no canteiro e etapa da obra em que o material ou componente deve ser movimentado (LICHTENSTEIN, 1987b, p. 22). Esses critérios, abordados por Lichtenstein (1987b) são melhor descritos a seguir:

- a) **carga total do material ou componente a ser movimentado:** a carga de cada material ou componente é a parcela do peso próprio do empreendimento que corresponde a este material mais as perdas que são previsíveis. Assim, quanto maior a parcela desse material no peso próprio do empreendimento, maior a sua importância no dimensionamento do sistema de transporte;
- b) **volume do material ou componente a ser movimentado:** mesmo que um material ou componente não represente um peso muito grande a ser transportado, esses podem ser condicionantes do sistema se o seu volume total ocupado no empreendimento acabado for grande ou por possuir uma de suas dimensões elevadas;
- c) **número de deslocamentos do material ou componente do canteiro:** os materiais e componentes do empreendimento podem ser caracterizados por até quatro tipos de deslocamentos. Esses deslocamentos podem ser até o local de descarga, estocagem, processamento e aplicação. Nem todos os materiais possuem os quatro pontos de deslocamentos, mas todos possuem pelo menos o local de descarga e o local de aplicação. Os materiais mais importantes para o dimensionamento do sistema de transporte são os que têm o maior número de deslocamentos previstos;
- d) **etapa da obra em que o material ou componente deve ser movimentado:** é importante analisar o cronograma da obra, pois a partir de certa etapa o empreendimento pode possuir algum equipamento de transporte definitivo, como é o caso do elevador. Assim, os materiais e componentes que forem ser utilizados a partir do momento em que o elevador está instalado, não precisam serem levados em conta na hora do dimensionamento pois a movimentação dos mesmos será feita no elevador definitivo.

As inovações na construção civil, relativas à introdução de novas técnicas construtivas, em geral não têm um caráter revolucionário a ponto de mudarem a estrutura de todo o sistema construtivo, mas podem trazer ganhos de produtividade, qualidade e confiabilidade (GOMES; PEIXOTO, 2006). Se forem implementadas de forma planejada, com uma criteriosa análise de viabilidade, podem trazer benefícios em termos de organização dos processos produtivos e a qualidade dos serviços.

Souza e Franco (1997, p. 1) listam uma série de implicações devidas à adoção de novas tecnologias:

- a) alteração da relação entre os tempos considerados produtivos e não produtivos;
- b) redução no esforço físico dispendido pelo operário;
- c) maior observância de recomendações ergonômicas;
- d) alteração do tempo total demandado pelo serviço (ou obra);

- e) alteração da quantidade e composição da equipe necessária;
- f) natureza, distribuição e continuidade das operações;
- g) alteração da quantidade de manuseio necessário;
- h) alteração do grau de precisão conseguido nas operações;
- i) possibilidades de planejamento da execução em maior detalhe;
- j) alteração na flexibilidade quanto ao replanejamento de prazos;
- k) redução da variabilidade do processo;
- l) alteração da organização e gestão da produção (novo ritmo da equipe, duração da atividade, organização do canteiro, atuação dos operadores);
- m) mudanças nas quantidades de serviços, mão de obra, equipamentos e instalações no canteiro
- n) alteração no relacionamento cliente-fornecedor entre os vários serviços que compõem uma obra;
- o) *status* da obra.

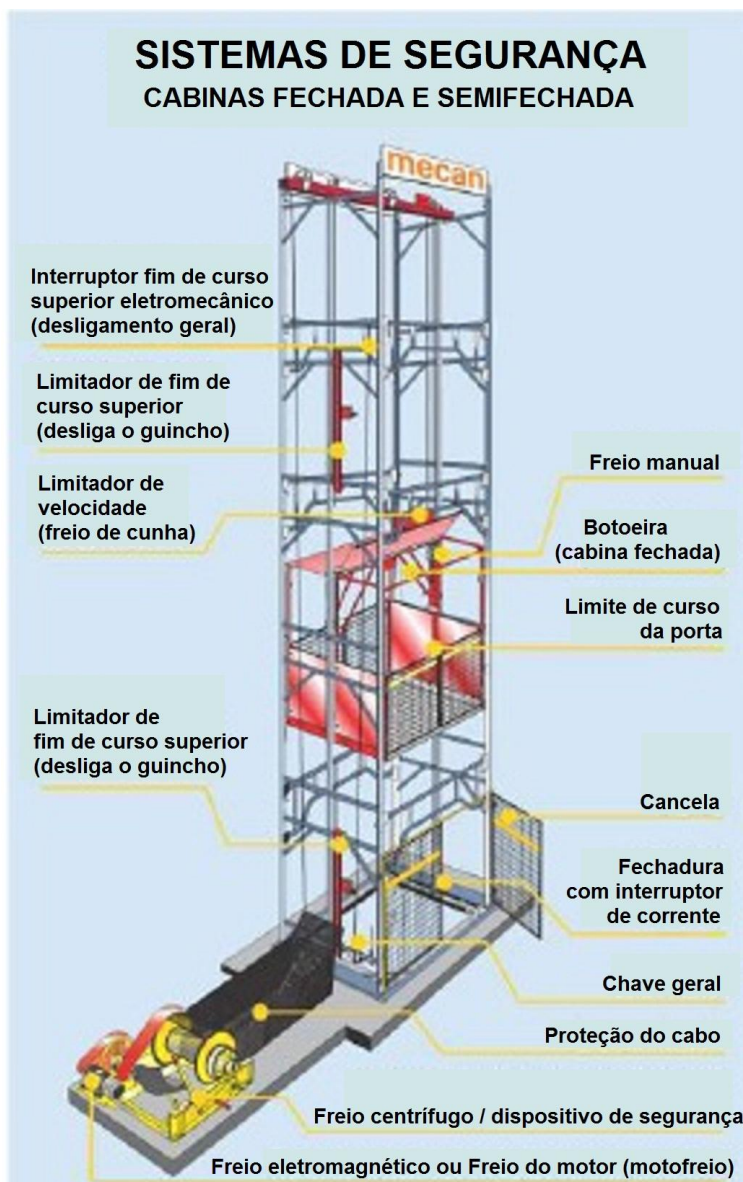
3.4.2 Tipos de equipamentos

Com a definição das características do empreendimento, têm-se os materiais e componentes condicionantes do sistema de transporte. O próximo passo é a definição dos equipamentos e sistemas compatíveis com as características da obra. A seguir são descritos alguns modelos de equipamentos de movimentação de materiais disponíveis no mercado brasileiro.

3.4.2.1 Elevadores a cabo de aço

Os elevadores de obra a cabo de aço são equipamentos usados para o transporte vertical de pessoas e materiais em obras (MECAN INDÚSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO, 2011). Consistem em uma torre, em cujo interior se move uma cabine, equilibrada por um contrapeso e tracionada por um cabo de aço que é impulsionado por um motor, representado pela figura 2. Podem ser instalados tanto no interior (poço do elevador) quanto na fachada da edificação.

Figura 2 – Elevador a tração de aço

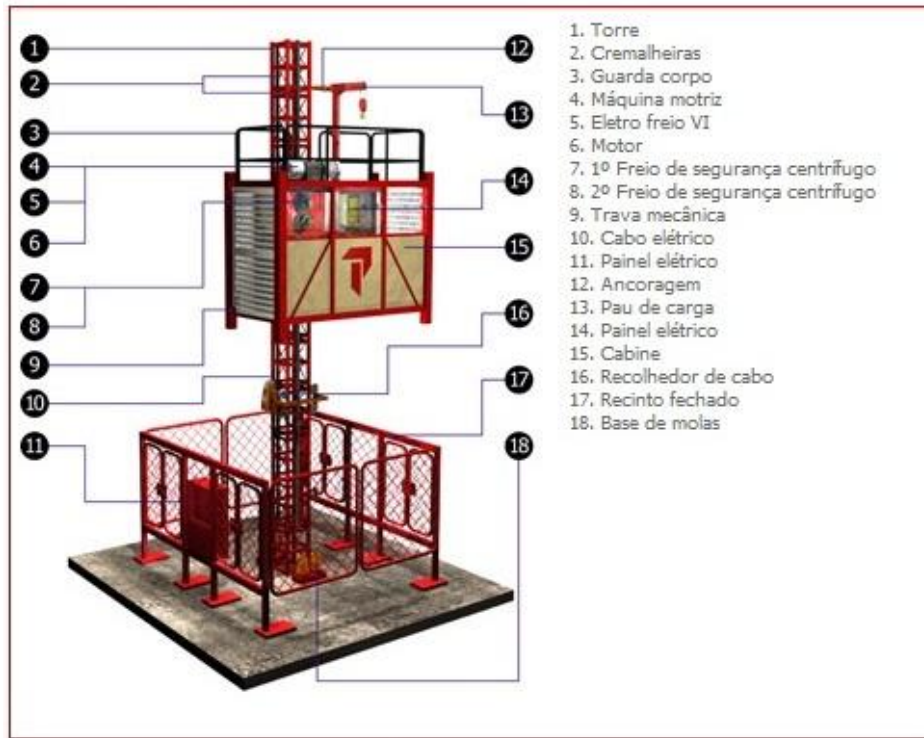


(fonte: MECAN INDÚSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO, 2011)

3.4.2.2 Elevadores cremalheira

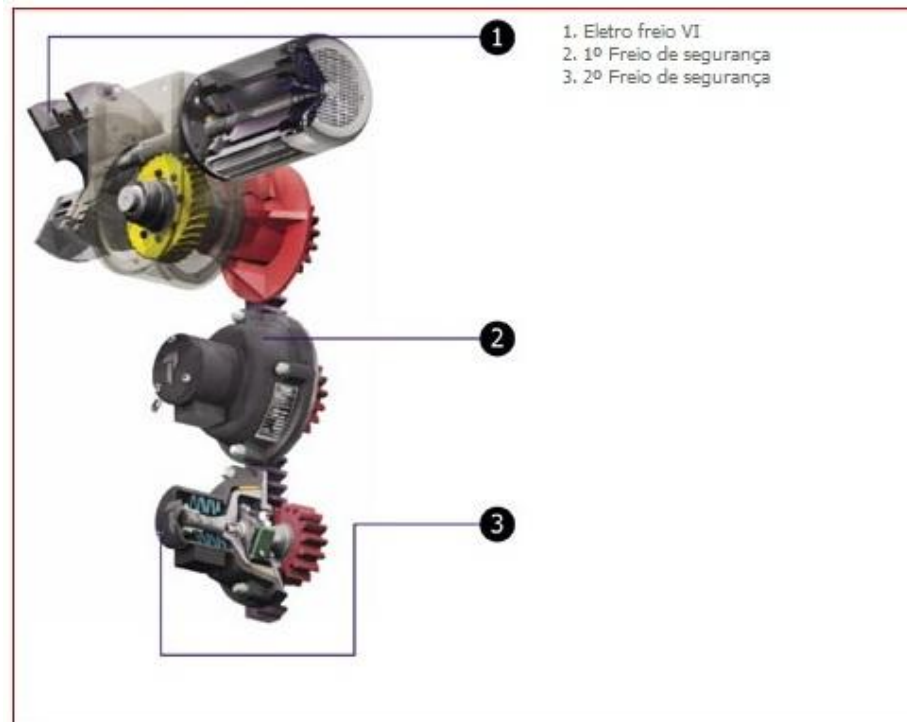
Esse tipo de elevador possui um sistema tracionado por pinhão e cremalheira, podendo substituir os elevadores por cabo de aço permitindo um trabalho seguro e racional evitando-se ao máximo os riscos de acidentes (figuras 3 e 4). Podem ser usados para transporte misto de cargas e passageiros, em compartimentos separados, desde que seja rigorosamente obedecido o limite máximo de peso especificado pelo fabricante (MECAN INDÚSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO, 2011).

Figura 3 – Elevador cremalheira



(fonte: PINGON ELEVADORES E GRUAS, 2011)

Figura 4 – Sistema de freios elevador cremalheira



(fonte: PINGON ELEVADORES E GRUAS, 2011)

O sistema dos elevadores cremalheira é descrito a seguir (EKIPATECK, 2011):

- a) **cremalheira:** instalada no módulo da torre, trata-se de uma peça fundamental na estrutura do elevador, responsável pelo tracionamento da cabina junto com a motorização;
- b) **conjunto de motorização:** é instalado sobre o teto da cabina, e responsável pelo movimento vertical (descida e subida) do elevador, o conjunto é composto por dois Motores SEW e dois freios tipo eletromagnético SEW (Freio de trabalho do elevador);
- c) **freio de emergência:** freio totalmente mecânico, atua de forma centrífuga e é acionado quando o elevador ultrapassar a velocidade pré-estabelecida para funcionamento;
- d) **quadro de comando:** é a parte pensante do elevador, pois no interior do quadro possui uma célula (ini CLP) que interpreta e realiza todos os comandos solicitados pelo usuário;
- e) **cancela de pavimento:** é instalada em cada pavimento para evitar que seja acessado o elevador sem que o mesmo esteja devidamente parado no andar, possui também uma botoeira que permite acionar o elevador quando necessário;
- f) **gravata:** são utilizadas para realizar o travamento da torre do elevador com o prédio, possui ainda a função de realizar o alinhamento da torre no momento de ascensão.

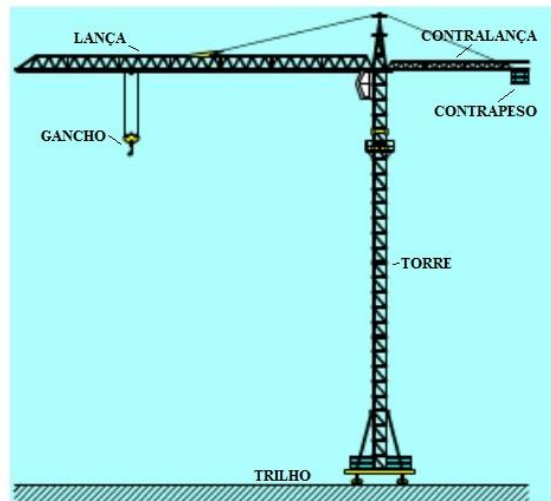
3.4.2.3 Gruas

A grua se caracteriza por uma lança (horizontal, inclinada ou articulada) suportada por uma torre vertical metálica (fixa ou giratória), existindo uma variedade grande de modelos (LICHTENSTEIN, 1987, p. 1). Na lança, há um carrinho chamado *trolley* no qual está pendurado um gancho (STAIDEL, 2011). É bastante grande a variedade de modelos de gruas, sendo estudados nesse trabalho os de torres móveis sobre trilhos, fixos e ascensionais.

3.4.2.3.1 Grua com torre móvel sobre trilhos

A grua móvel sobre trilhos é um tipo de equipamento no qual a torre desloca-se sobre rodas metálicas apoiadas em trilhos, permitindo que todo o conjunto percorra horizontalmente os trilhos (figura 5). Os trilhos devem ser devidamente ancorados no solo. A vantagem desse tipo de equipamento é que uma grua pode atender a diversos edifícios em condomínios com mais de uma torre (PINIWEB, 2003).

Figura 5 – Grua móvel

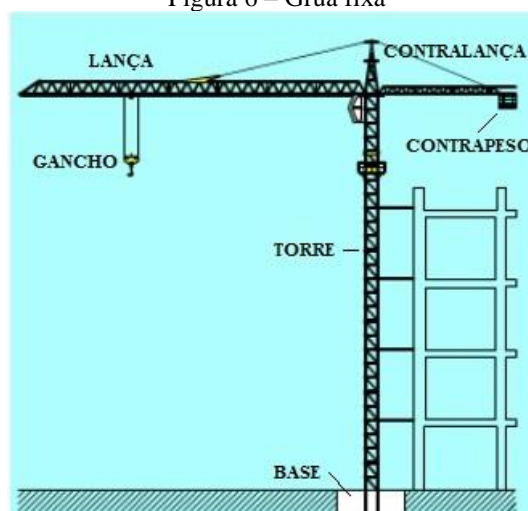


(fonte: STAIDEL, 2011)

3.4.2.3.2 Grua com torre fixa e lança horizontal

A grua com torre fixa é caracterizada por sua base ser fixada no chão, dentro de uma fundação, especialmente calculada e dimensionada para o equipamento a ser utilizado (figura 6). Sua ascensão ocorre com a ascensão da edificação e necessidade da obra, com altura limitada pelo fabricante de cada equipamento (STAIDEL, 2011). No processo de desmontagem, são retiradas as peças da estrutura, e a lança é deitada no chão, necessitando assim de espaço no canteiro (PINIWEB, 2003).

Figura 6 – Grua fixa



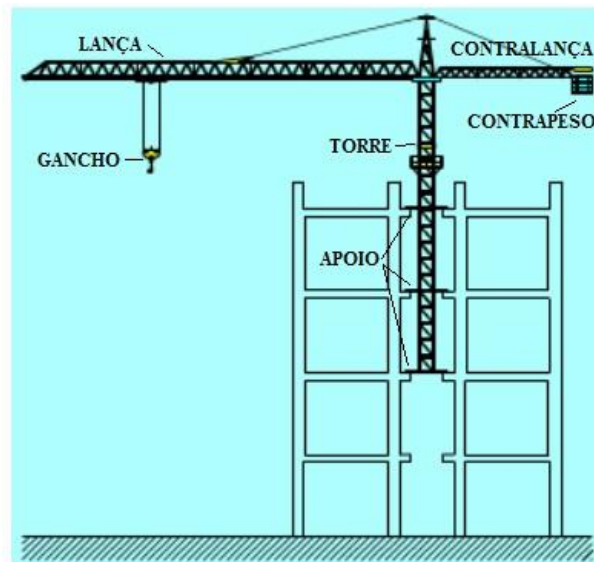
(fonte: STAIDEL, 2011)

3.4.2.3.3 Grua com torre ascensional

A grua com torre ascensional geralmente é montada dentro do poço de elevador e apoiada na estrutura da edificação, sendo sustentada entre andares por meio de vigas de apoio e cunha (STAIDEL, 2011). Sendo presa em cerca de dois pavimentos abaixo do último pronto (PINIWEB, 2003) (figura 7).

Normalmente esse tipo de grua é usado em empreendimentos com apenas uma torre, e o posicionamento central na edificação permite um raio de ação global. Uma das vantagens desse tipo de grua é o custo menor em relação aos outros tipos, pois necessita de menos peças para montagem e também, utiliza-se a própria fundação do edifício (PINIWEB, 2003).

Figura 7 – Grua ascensional



(fonte: STAIDEL, 2011)

No quadro 1 é apresentado um comparativo entre as guias de torre fixa e ascensional.

Quadro 1 – Comparativo entre as gruas fixa e ascensional

Itens de comparação	Grua fixa	Grua ascensional
Posição no canteiro	Deve ser prevista área de canteiro para a base da grua, o que, em canteiros pequenos, pode ser uma dificuldade.	Não exige área do canteiro
Suporte da base	Bloco de concreto especialmente concluído.	Eventualmente pode ser apoiada, para a montagem inicial, no bloco de concreto da própria estrutura com possível reforço. Após o início da ascensão a base passa a ser apoiada na estrutura, gerando a necessidade de eventual reforço.
Montagem inicial	Na montagem inicial é empregado normalmente um guindaste móvel	Idêntica.
Altura da torre	Normalmente na montagem inicial, a torre tem uma pequena altura. À medida do andamento da estrutura, a torre vai crescendo. O aumento da altura da torre pode ser realizada por, dependendo do modelo, acoplamento de novos módulos ou por um mecanismo de telescopagem, independentemente do andamento da estrutura. A altura total da torre é dada pela altura do edifício somada a uma altura livre pré-estabelecida de aproximadamente 6m.	A altura inicial da torre é idêntica à da correspondente grua fixa. Com o andamento da estrutura a torre permanece a mesma, apenas o conjunto inteiro ascende. Com isto é reduzida a altura total necessária de torre com a contrapartida do custo do mecanismo ascensional. O ciclo ascensional deve ser compatível com o ciclo de construção da estrutura: qualquer quebra no mecanismo ascensional provoca atraso no cronograma da obra.
Estaiamento da torre	A torre é estaiada na estrutura conforme espaçamento recomendado pelo fabricante. O estaiamento, além do custo de estais e quadro, representa uma carga extra na estrutura o que, eventualmente, pode representar a necessidade de reforço.	Não é necessário.
Dimensão da lança	Estando locada fora da torre do edifício, normalmente está localizada fora do baricentro do canteiro, o que tende a gerar a necessidade de comprimentos de lança maiores.	Podendo ser locada no corpo do edifício, está próxima do baricentro do terreno, o que tende a gerar comprimentos de lança menores.
Operação	Quando montada a cabine na torre, lança ou contra lança, normalmente é boa a visibilidade. Quando o operador está situado na laje, não existe diferença quanto ao tipo de grua.	Quando a cabine de comando é montada na lança, torre ou contra lança, a visibilidade do operador é sensivelmente prejudicada.

continua

continuação

Desmontagem	Processo de desmontagem exatamente inverso à montagem, realizando-se sem dificuldades. Desmontagem pode ser realizada ao final da obra, por interferir muito pouco com o andamento desta.	Processo de desmontagem muito dificultado, com lança e contra lança tendo de ser apoiadas na última laje e descidas através de equipamento auxiliar. A laje da cobertura deve prever este carregamento extra. No caso da grua ser montada no poço do elevador, normalmente sua desmontagem deve se dar antes da concretagem da caixa d'água e casa de máquinas. Isto leva à grua ser usada apenas na fase da estrutura e, possivelmente, alvenaria da obra.
-------------	---	---

(fonte: LICHTENSTEIN, 1987, p. 3)

3.4.2.4 Dispositivo Elevatório

O dispositivo elevatório é usado para elevar cargas em prédios entre 5 e 30 andares. É composto de uma coluna vertical de quatro módulos e um braço articulável no qual ficam os guinchos de elevação (figura 8). As cargas são presas em dois pontos para serem elevadas na horizontal (SAUR EQUIPAMENTOS SA, 2011).

É usado como uma alternativa econômica para a grua, pois sendo seu investimento é de menos de 10% do valor desta. Seu uso não necessita de um envolvimento braçal de operários. Outra vantagem está no processo de montagem e desmontagem, que pode ser realizado pelos operários manualmente em qualquer etapa da obra e as peças componentes do dispositivo são transportadas pelo elevador da obra (SAUR EQUIPAMENTOS SA, 2011).

Para realizar a elevação para o próximo andar, é necessário ter pelo menos duas lajes concretadas para servirem de apoio ao equipamento. Esse apoio é feito sobre bases e cunhas de aço nos pavimentos de sustentação. Esse processo é realizado hidraulicamente pela própria unidade hidráulica do dispositivo elevatório, sem necessitar de pessoal especializado (SAUR EQUIPAMENTOS SA, 2011).

Figura 8 – Dispositivo elevatório

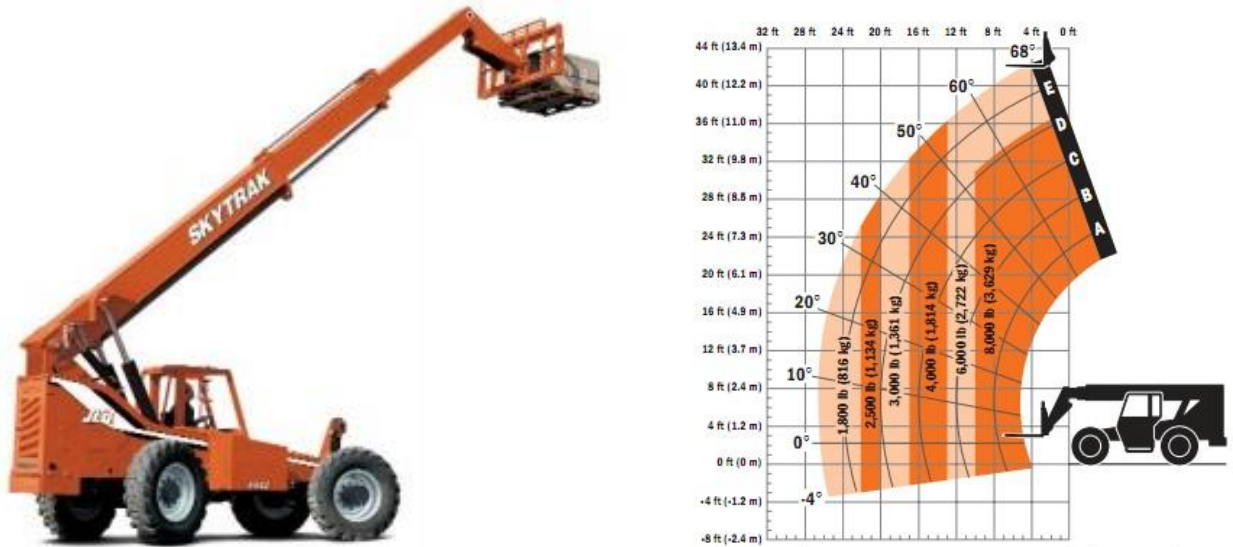


(fonte: SAUR EQUIPAMENTOS SA, 2011)

3.4.2.5 Manipulador Telescópico

O manipulador telescópico é usado para a movimentação e elevação de pequenas cargas, tanto na posição vertical quanto na horizontal. Equipamento com tração, direção nas quatro rodas e pneus com gel antifuro, que permitem realizar trabalhos em qualquer tipo de terreno (figura 9). Devido a sua limitação de altura, é indicado para condomínios verticais (SOLARIS EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS LTDA., 2011).

Figura 9 – Manipulador telescópico



(fonte: SOLARIS EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS LTDA., 2011)

4 MÉTODO DA PESQUISA

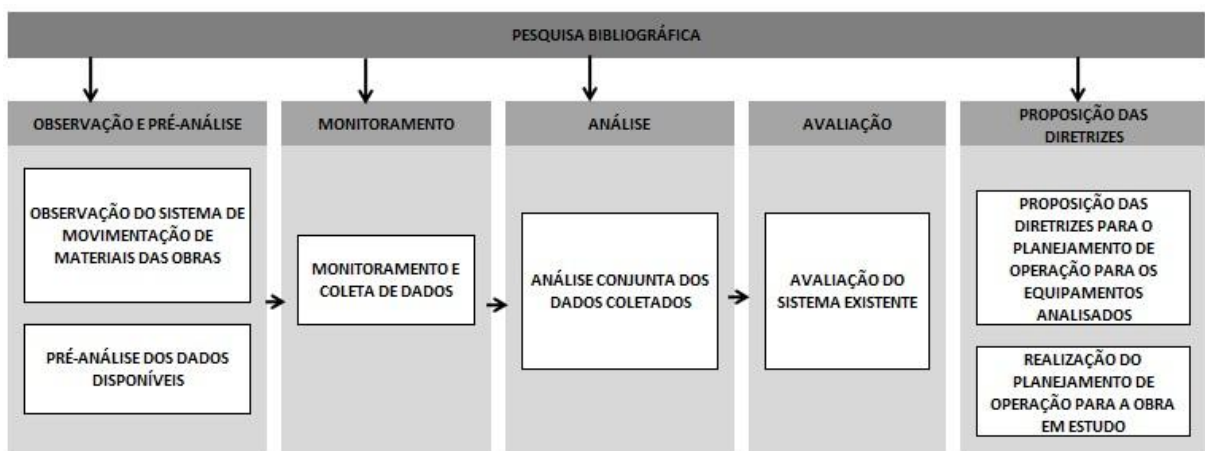
Este capítulo descreve o método de pesquisa do presente trabalho, incluindo o delineamento e a descrição detalhada das etapas da pesquisa, que compõem o diagnóstico do processo, análise do sistema atual e dimensionamento do sistema.

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 10:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) observação e pré-análise de todo o sistema de movimentação e armazenamento de materiais da obra da empresa estudada;
- c) monitoramento da operação dos equipamentos de movimentação vertical de materiais e coleta de dados;
- d) análise conjunta dos dados coletados;
- e) avaliação do sistema existente;
- e) proposição das diretrizes para o planejamento de operação para os equipamentos analisados e realização do planejamento de operação para a obra estudada.

Figura 10 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o embasamento teórico do trabalho, tendo por referência trabalhos já desenvolvidos abrangendo temas como Planejamento de Canteiro de Obras e Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais. A pesquisa foi mais intensa entre os meses de março a agosto de 2011, mas continuou presente ao longo de todo o trabalho.

Nas etapas de observação e pré-análise foi observado o SMAM da obra estudada. Atividades como a operação dos equipamentos de movimentação vertical de materiais no canteiro de obras, a rotina de entrega de materiais, os pontos de estoques, a situação do avanço físico da obra, foram os principais itens observados. O intuito dessa etapa foi verificar como os materiais eram transportados e armazenados, e se havia algum planejamento para a sua realização. Buscou-se identificar se o sistema possuía falhas que tinham grande impacto na sua eficiência.

Após as etapas de observação e pré-análise, foi feito o monitoramento da operação dos equipamentos de movimentação de materiais, através da técnica de amostragem do trabalho. Além disso, diversos outros dados foram coletados, entre os quais: aplicação de um *check list* de boas práticas em canteiros de obra, identificação dos processos que demandavam esses equipamentos, a caracterização de seus ciclos de produção, a localização dos equipamentos, controle dos tempos parados dos equipamentos e horas extras realizadas pelas equipes de operação desses equipamentos. Foram também entrevistados engenheiros e mestres para saber suas opiniões a respeito do sistema e realizada a documentação fotográfica para apoiar as análises.

Junto com o monitoramento alguns dados foram coletados como o planejamento da obra, que serviu para definir os ciclos das atividades em estudo, permitindo, assim, que o planejamento de operação fosse feito. A planilha de horas extras do mês em que foram monitorados os serviços da grua foi analisada para complementar esse monitoramento comparando os resultados da taxa de utilização da grua com as horas extras feitas pela equipe envolvida nesse processo. Ainda, a análise dos quantitativos de materiais e projetos da obra foi usada para se ter uma noção da quantidade de material que seria transportada pela grua e suas distâncias. Permitindo, assim, que o sistema fosse melhor dimensionado.

Além do tempo que a pesquisa demandou, alguns dados foram coletados através da observação participante, uma vez que a autora acompanhou a obra desde o início da sua execução como estagiária da empresa. Algumas funções como controle de projetos, levantamento de quantitativos, participação de reuniões semanais com empreiteiros, foram atividades da autora na obra estudada e contribuíram para a coleta de dados do presente trabalho

Com os dados coletados, foi possível realizar uma avaliação do sistema existente de movimentação e armazenamento de materiais, apontando as principais falhas no mesmo e suas causas. Com base nas etapas anteriores foram propostas as diretrizes para o planejamento de operação dos equipamentos de movimentação vertical de materiais e realizado o planejamento de operação da obra em estudo. A descrição das diretrizes foi fundamentada nas análises previamente feitas e na revisão bibliográfica referente à gestão dos fluxos físicos e a equipamentos de transporte de materiais.

4.2 FONTES DE EVIDÊNCIA

Foram utilizadas múltiplas fontes de evidência na realização deste estudo: observação direta, observação participante, análise de documentos, lista de verificação, amostragem do trabalho, registro de imagens do processo e análise da logística do canteiro.

4.2.1 Lista de verificação

A lista de verificação é uma ferramenta que permite uma pré-análise da situação geral do canteiro. Além de diagnosticar, a lista de verificação possui um caráter pró-ativo, uma vez que seus itens indicam ações de melhoria no nível de organização do canteiro (SANTOS et al., 1996, p. 29).

No presente trabalho, como primeira atividade de diagnóstico realizada, foi utilizada uma lista de verificação com o objetivo de se ter uma avaliação inicial da situação do canteiro de obra em estudo. O modelo de lista de verificação utilizado no estudo de caso deste trabalho foi desenvolvido por Saurin (1997), tendo sido utilizada apenas a parte da lista referente ao sistema de movimentação e armazenamento de materiais. Foram feitas adaptações na lista

original para o uso da grua ao invés de guincho, cimento/argamassa ao invés de cimento e agregados ao invés de agregados e argamassa. O modelo utilizado com os resultados obtidos encontra-se no apêndice A deste trabalho.

4.2.2 Amostragem do trabalho

Na amostragem do trabalho foram feitas observações, intermitentes e espaçadas ao acaso em certo período de tempo, chegando-se assim a uma estimativa da atividade observada do processo produtivo. Essa técnica, se feita com um tamanho de amostra adequado, consegue reproduzir informações que representam as características do processo produtivo e também identificar as atividades que apresentam problemas. A lógica dessa técnica é baseada na lei das probabilidades (SANTOS et al., 1996, p. 35).

A amostragem do trabalho foi realizada no período de um mês. Nesse mês foram monitoradas as atividades da grua durante quatro semanas pela manhã e uma semana pelo período da tarde também. No total foram realizadas 210 observações instantâneas e a planilha com as observações se encontra no Apêndice B do presente trabalho. Devido ao curto tempo de estudo, a amostra feita não é representativa, mas foi considerada como adequada para ser utilizada como fonte de informação complementar a outras observações no canteiro.

Foi feita uma amostragem das atividades do sistema de movimentação de materiais através de um monitoramento aleatório das atividades da grua. Após um mês, obteve-se uma classificação dos tempos gastos em cada atividade.

4.2.3 Documentação de imagens do processo através da observação direta

O registro de imagens do canteiro é uma atividade essencial na coleta de dados, pois retrata a realidade dos processos produtivos estudados da empresa e contribui para o diagnóstico dos resultados das outras técnicas de coleta de dados. A documentação das imagens do processo pode ser feita tanto através de fotografias, que é o meio mais simples e barato de registro, como através de filmagem, podendo ser utilizado o *time lapse* (SANTOS et al., 1996, p. 40).

Na documentação de imagens através de fotografias é interessante que se registre as mesmas atividades observadas da Amostragem do Trabalho. Já a filmagem é utilizada para documentar como as atividades são realizadas, registrando os detalhes do método de trabalho e assim auxiliar na identificação das perdas no processo de produção. É indicada para registrar atividades como, fluxo de materiais e mão de obra, manuseio de materiais, problemas de qualidade dos processos, etc. (SANTOS et al., 1996, p. 40).

Através de uma observação direta foram feitas uma série de fotografias juntamente com o processo de amostragem, registrando as atividades observadas nos instantes analisados. O registro fotográfico foi utilizado, também, para registrar as questões relacionadas ao armazenamento de materiais, desperdícios, entulhos e limpeza.

A documentação das atividades através de filmagens foi realizada para entender como o processo de movimentação de materiais realizado pela grua era feito e também para identificar possíveis falhas no mesmo.

4.2.4 Entrevistas semi-estruturadas

Para complementar o diagnóstico buscou-se obter os pontos de vista dos principais envolvidos na gestão da obra, através de entrevistas semi-estruturadas com três engenheiros, um mestre e dois contra-mestres da obra em estudo. Essas entrevistas constituíram de três perguntas básicas abordando os aspectos do sistema de movimentação e armazenamento de materiais:

- a) quais os principais problemas no SMAM da obra?
- b) o que poderia ser mudado no sistema atual?
- c) se fosse iniciar a obra novamente, como você faria o planejamento do SMAM?

Os perfis dos entrevistados são mostrados a seguir:

- a) entrevistado E1: Engenheiro Civil com 13 anos de profissão;
- b) entrevistado E2: Engenheiro Civil com 10 anos de profissão, engenheira que substituirá o engenheiro E1;
- c) entrevistado E3: Engenheiro Civil com 4 anos de profissão, engenheiro júnior da obra;
- d) entrevistado M1: Mestre de Obras com 39 anos de experiência na área;

- e) entrevistado CM1: Contramestre de Obras a 2 anos e meio, experiência anterior como carpinteiro e marceneiro;
- f) entrevistado CM2: Contramestre de Obras a 3 anos, contra experiência anterior como mestre de obras e pedreiro.

4.2.5 Medições dos tempos de operação dos equipamentos

Foram feitas medições dos tempos de operação dos principais serviços realizados pela grua para auxiliar na realização do planejamento de operação. Cada atividade foi cronometrada em média cinco vezes para se chegar a um número aproximado do tempo médio de operação.

4.2.6 Análise de documentos

Documentos da obra estudada, tais como o plano de produção da mesma, registro de horas extras dos funcionários envolvidos com a movimentação de materiais, projetos e levantamentos de quantitativos, foram analisados para um melhor entendimento da situação existente no canteiro, para uma melhor avaliação do andamento da obra e também para auxiliar no planejamento de operação dos equipamentos.

A análise de documentos da obra estudada foi de fundamental importância para se ter uma noção da situação geral do canteiro, como o andamento da mesma em relação ao planejamento, o porte da obra e as atividades dos funcionários envolvidos com a movimentação de materiais. Foi importante também para a realização do planejamento de operação dos equipamentos.

4.2.7 Análise da logística do canteiro

A análise logística do processo é a avaliação do arranjo físico de equipamentos, armazenagem de materiais, vias de circulação e sequência do movimento dos postos de trabalho, enfim, todas as atividades relacionadas ao sistema de movimentação e armazenamento de materiais. A eficiência desse sistema está diretamente ligada à programação de entrega de materiais, projeto de *layout* e sistema de controle de perdas (SANTOS, 1995, p.83). No presente

trabalho essa análise foi realizada principalmente pela observação direta e complementada pelo check list.

4.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

Essa atividade serve de base para o desenvolvimento das propostas de melhorias. O foco da análise dos dados, foi a possibilidade de eliminar atividades que não agregam valor. Outros princípios que devem ser levados em conta na etapa de análise para formulação das melhorias são a diminuição da variabilidade e a simplificação dos processos, diminuindo o número de passos ou partes (SANTOS et al., 1996, p. 44). A atividade de avaliação do sistema existente foi realizada com o objetivo de listar o que não está de acordo com o bom funcionamento do canteiro, não permitindo, assim, que as atividades do sistema de movimentação e armazenamento de materiais funcionem com uma grande eficiência.

No presente trabalho, essa etapa de avaliação do sistema atual foi fundamentada na análise conjunta dos dados coletados, através de múltiplas fontes de evidência. Proporcionou-se, assim, um diagnóstico da situação atual do canteiro de obras estudado que foi usado como base para a realização de um planejamento de operações, visando à introdução de melhorias viáveis.

4.4 PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO

O planejamento de operação dos equipamentos estudados foi feito com base nas etapas de observação, diagnóstico e análise dos dados. Esse planejamento teve como objetivo principal melhorar a utilização dos equipamentos de movimentação, com o objetivo de reduzir a parcela de atividades que não agregam valor.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso proposto nesse trabalho. Dessa forma, inicialmente apresenta-se a análise dos dados obtidos, incluindo o diagnóstico da obra em estudo. Em seguida, foi apresentado o planejamento de operação com base nos estudos realizados e na revisão bibliográfica.

5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DA OBRA

A obra estudada no presente trabalho é de uma empresa construtora de Porto Alegre. Essa empresa foi criada por um grupo de construtoras e incorporadoras para realizar trabalhos na área de prestação de serviços.

A obra escolhida para o estudo de caso é um empreendimento residencial, que faz parte da construção de um bairro planejado. Constitui-se de três torres e 18 unidades de residência unifamiliares dispostas em 27.873,07 m² de terreno. Cada torre é composta por 15 pavimentos e quatro unidades residenciais a partir do segundo pavimento. Duas das torres possuem, ainda, duas unidades residenciais no pavimento térreo.

O sistema estrutural do empreendimento é concreto armado, com vigas, pilares e lajes moldadas no local. E o sistema de vedação e paredes internas é feito com blocos cerâmicos assentados com argamassa. Para a movimentação de materiais das, era utilizada uma grua de torre fixa e lança horizontal. Essa grua abrangia a toda a área da Torre B e parte da área das Torres A e C. Na parte das unidades residenciais e áreas condominiais o sistema de movimentação de materiais era feito com o auxílio de um manipulador telescópico.

No período de estudo do trabalho no empreendimento, a Torre A estava com a estrutura no 4º andar e alvenaria nos subsolos, a Torre B com a estrutura no térreo a Torre C estava mais avançada, com a estrutura no 13º pavimento, com alvenaria e reboco em andamento. As demais edificações estavam em fase de fundações e estrutura.

A partir da análise dos planos da obra, pôde-se perceber que a mesma estava com os seus serviços atrasados, e que o planejamento não era cumprido. As reuniões semanais com os

empreiteiros tinham como objetivo programar os serviços no curto prazo, não sendo cumpridos todos os prazos estabelecidos. Além disto constatou-se que não havia planejamento para a operação dos equipamentos nem para a entrega de materiais.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos diagnósticos realizados são apresentados a seguir.

5.2.1 *Layout* do canteiro

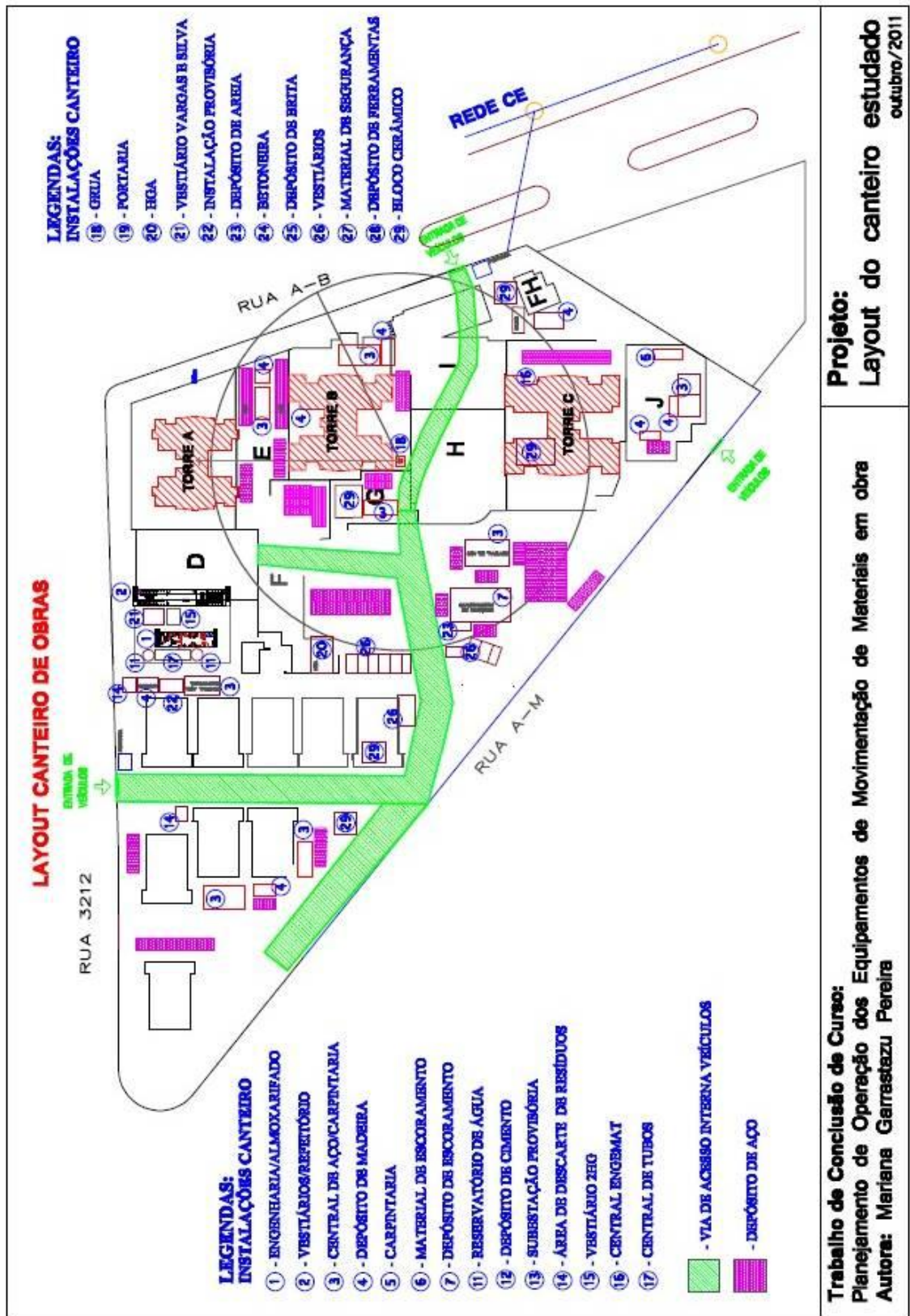
A análise do *layout* permitiu explicitar alguns problemas que afetaram a eficiência do SMAM. Na figura 11 é apresentado o *layout* do canteiro estudado mostrando as principais vias de acesso, os depósitos e o raio de ação da grua.

A partir do *layout* do canteiro de obras estudado, pode-se analisar a logística do mesmo. A grua se encontrava apoiada na Torre B, com seu raio de ação atendendo toda a Torre B e uma parte das Torres A e C. Por ela não atender completamente a área das outras duas torres, principalmente a Torre A que possuía uma área de descarga para a grua ainda menor, gerava bastante reclamação por parte dos operários, pois os mesmos ainda tinham que realizar alguma movimentação de materiais sem a grua para a área fora do raio de ação.

Como os pedestres não possuíam área definida para a sua circulação, estes acabavam por transitar pelo canteiro todo, inclusive no raio de ação da grua. Isso além de prejudicar o fluxo da obra, ainda é uma questão que vai contra a segurança da mesma. Outras falhas observadas que prejudicam a logística do canteiro são listadas a seguir.

- a) falta de contrapiso nos subsolos das torres;
- b) falta de sistema de drenagem no canteiro;
- c) excesso de material estocado no canteiro;
- d) falta de planejamento para a definição dos locais de armazenamento de materiais.

Figura 11 – Layout do canteiro estudado

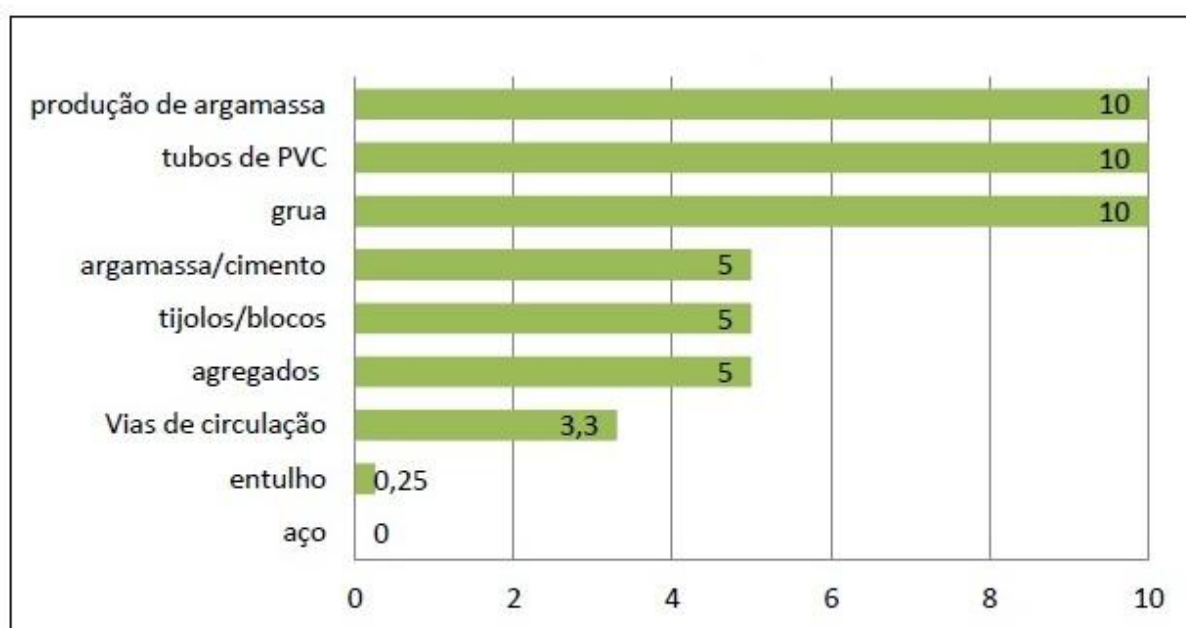


(fonte: elaborado pela autora)

5.2.2 Análise dos dados da lista de verificação

Apesar da lista de verificação não servir de avaliação conclusiva para os itens do canteiro, esta ferramenta complementou a análise da logística do canteiro. De acordo com os resultados obtidos, a nota média para o SMAM da obra estudada foi 5,7, ou seja, atingiu apenas 57% dos requisitos em conformidade. A figura 12 apresenta os resultados finais para cada elemento do SMAM, segunda a ordem de pontuação obtida.

Figura 12 – Resultados da lista de verificação



(fonte: elaborada pela autora)

Complementando os dados da figura 12, segue a análise detalhada de cada item.

A **produção de argamassa** era realizada em masseiras, contando com uma masseira por pavimento, não havendo problemas com o transporte da argamassa até o local de aplicação. Quanto à dosagem, era utilizada a argamassa a ensacada, já dosada. Com isso, existia apenas a necessidade de adicionar água para a produção da mesma, e essa dosagem é indicada na própria masseira no momento da produção. Sendo assim, neste item, não foram observadas dificuldades maiores de acordo com os dois itens aplicáveis da lista na sua produção e transporte.

Os **tubos de PVC** estavam em conformidade com os dois itens avaliados, pois estão sendo armazenados em camadas, com espaçadores, separados de acordo com a bitola das peças e todos estão estocados em locais livres da ação direta do sol. Como todo o material utilizado era de propriedade do empreiteiro responsável pelo serviço, havia uma clara preocupação por parte deste em reduzir as perdas desses materiais.

Os itens referentes à **localização e comunicação da grua** não apresentavam não conformidades, estando de acordo com um sistema adequado de funcionamento. Além disto, a área próxima a grua estava desobstruída, permitindo livre circulação dos outros equipamentos de transporte, e as peças para acesso nos pavimentos eram amplas, facilitando a carga e descarga de materiais nesses locais.

No item referente à **argamassa e cimento**, foram observados problemas com a estocagem do material. Não havia um controle do tipo PEPS (o primeiro saco a entrar é o primeiro a sair), nem uma preocupação com o armazenamento, havendo pilhas de cimento ou argamassa encostadas às paredes.

Apesar dos **blocos** serem entregues em pallets, o que resultava em uma separação por tipo, e com altura máxima de 1,80m, haviam deficiências no armazenamento dos blocos na obra, pois as pilhas estavam em locais nivelados e limpos, havendo muitas vezes em contato direto com o solo e sem proteção para chuva. Também não eram descarregados em seus locais definitivos de armazenagem, ficando muitas vezes espalhados pelo canteiro. Essas falhas geravam muitas perdas e retrabalhos.

Os **agregados** não eram armazenados de maneira correta, estando expostos à chuvas, sem contenção dos três lados, não sendo muitas vezes armazenados nos seus locais definitivos.

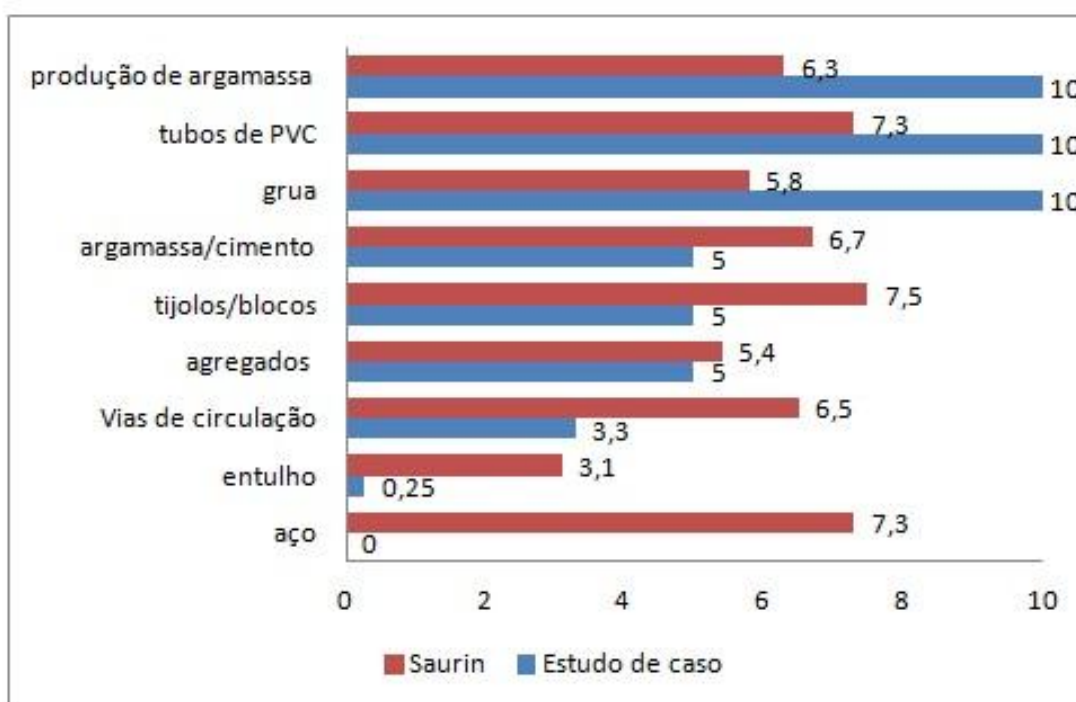
Quanto às **vias de circulação**, devido à grande área que a obra possui, optou-se por não ser feito uma pavimentação nas áreas de movimentação de materiais ou pessoas, o que resultou em uma série de transtornos na circulação dos fluxos em tempos chuvosos. Além disso, não havia caminhos previamente definidos para os principais fluxos de materiais, dificultando a realização de alguns serviços. Essa falta de planejamento gera a necessidade da tomada de decisões imediatas e muitas vezes improvisadas.

O **entulho** da obra não recebia a devida atenção nas atividades de planejamento, pois não eram utilizadas caixas para desperdícios nos andares das torres, e havia sobras de materiais por toda a obra, não deixando a mesma desobstruída para a circulação de materiais e pessoas em segurança. Também não existia calha coletora ou tubo coletor para o entulho ser transportado dos pavimentos até o térreo, sendo necessário o uso da grua para a realização do serviço.

O **aço** era o material que apresentava maiores problemas em armazenagem, pois o estoque não estava protegido do contato com o solo, e as barras de aço não estão separadas de acordo com a bitola.

Comparou-se os resultados obtidos no estudo de caso deste trabalho com os resultados obtidos por Saurin (1997), que aplicou a lista de verificação em 25 canteiros de obra e obteve nota média de 5,9, para os mesmos itens (figura 13). Com essa comparação, pode-se observar que após 14 anos, mesmo com todos os estudos que se tem relacionados à organização e logística de canteiros de obras, o estudo de caso deste trabalho ainda apresenta situação semelhante à encontrada por Saurin (1997).

Figura 13 – Comparação dos resultados obtidos por Saurin (1997) e pelo estudo de caso do presente trabalho



(fonte: elaborado pela autora)

5.2.3 Documentação de imagens do processo

Diversas fotos ilustram alguns dos problemas identificados no SMAM, assim como na operação da grua. As fotos serviram também para auxiliar no monitoramento da grua. Alguns do monitoramento são mostrados nas figuras seguintes. Na figura 14 é mostrado um momento em que a grua estava movimentando um *pallet* de bloco cerâmico para a alvenaria do pavimento em que estava descarregando. No momento da foto o *pallet* estava sendo descarregado na plataforma de recebimento de materiais com o auxílio de um sinaleiro. Na figura 15 é mostrada a atividade de movimentação de telas de aço. Nesta operação eram movimentadas em média 20 telas de aço por vez. A figura 16 mostra um momento sem atividades na grua, detectado na amostragem do trabalho.

Figura 14 – Movimentação de blocos



(fonte: foto da autora)

Figura 15 – Movimentação de telas de aço



(fonte: foto da autora)

Figura 16 – Grua sem atividades



(fonte: foto da autora)

A documentação de imagens também colaborou para se ter um registro da situação atual do canteiro com relação ao armazenamento de materiais, permitindo uma visualização das deficiências que o mesmo apresenta. Alguns desses registros são mostrados nas figuras 17 a

21. Nas figuras 17 e 18 pode-se observar o aço sendo estocado em contato com o solo, já apresentando sinais de ferrugem. É possível observar também materiais diferentes, como aço, madeira e escoras sendo estocados juntos sem um cuidado de separação dos mesmos. Na figura 19 são mostradas as baias de areia e brita já deterioradas. A baia de areia já não existe mais e os materiais estão misturados. Na figura 20 pode ser observado o descuido com o armazenamento de argamassa, apresentando sacos rasgados e expostos as condições do ambiente.

Figura 17 – Armazenamento de aço e madeira



(fonte: foto autora)

Figura 18 – Armazenamento de aço, escoras e tubos de linha de vida



(fonte: foto da autora)

Figura 19 – Armazenamento de areia e brita



(fonte: foto da autora)

Figura 20 – Armazenamento de argamassa



(fonte: foto da autora)

Na figura 21 é mostrada a falta de drenagem no canteiro de obras, tornando a circulação dos fluxos e a qualidade dos materiais estocados precárias. De acordo com o registro fotográfico é possível analisar que o sistema de armazenamento de materiais é precário, com muitas falhas de armazenagem.

Figura 21 – Falta de drenagem



(fonte: foto da autora)

5.2.4 Resultados das entrevistas

Para que se pudesse entender melhor o que pensam os envolvidos nos processos com relação ao SMAM da obra, foram realizadas algumas entrevistas. Na análise das mesmas, pode-se perceber que a opinião dos envolvidos é bastante coerente com o que estava ocorrendo na obra. As respostas são mostradas de forma esquemática pela figura 22.

Figura 22 – Resultados das entrevistas

	E1	E2	E3	M1	CM1	CM2
Quais os principais problemas no SMAM da obra?	- excesso de materiais - falta de estudo de layout - falta contrapiso - falta espaço de armazenamento - atraso na instalação dos elevadores cremalheiras	- excesso de materiais - falta de estudo de layout - falta contrapiso - falta de planejamento para	- falta espaço de armazenamento	- excesso de materiais - falta de estudo de layout - falta contrapiso - falta de planejamento para - atraso na instalação dos elevadores cremalheiras	- excesso de materiais - falta de estudo de layout - falta de planejamento para - atraso na instalação dos elevadores cremalheiras - grua posicionada no local errado	- excesso de materiais - falta de estudo de layout - falta contrapiso - falta espaço de armazenamento
O que poderia ser mudado no sistema atual?	- consumir materiais estocados para liberar espaço - planejar entregas de materiais com cronograma da obra - execução dos contrapisos	- consumir materiais estocados para liberar espaço - organizar layout definindo lugares específicos pros materiais	- consumir materiais estocados para liberar espaço - planejar entregas de materiais com cronograma da obra	- organizar layout definindo lugares específicos pros materiais - planejar entregas de materiais com cronograma da obra	- organizar layout definindo lugares específicos pros materiais	- execução dos contrapisos - drenagem
Se fosse possível iniciar a obra novamente, como poderia ser feito o planejamento do SMAM?	- estudo do layout definindo áreas para depósitos e acessos - colocação dos elevadores mais cedo	- estudo do layout definindo áreas para depósitos e acessos - colocação dos elevadores mais cedo - execução de contrapiso após as atividades de fundação - evitar acúmulo de estoques na obra - planejamento das atividades de produção com as entregas de materiais	- execução de contrapiso após as atividades de fundação - evitar acúmulo de estoques na obra	- estudo do layout definindo áreas para depósitos e acessos - colocação dos elevadores mais cedo - execução de contrapiso após as atividades de fundação - evitar acúmulo de estoques na obra - planejamento das atividades de produção com as entregas de materiais - execução de drenagem	- colocação dos elevadores mais cedo - evitar acúmulo de estoques na obra - planejamento das atividades de produção com as entregas de materiais	- estudo do layout definindo áreas para depósitos e acessos - execução de contrapiso após as atividades de fundação - execução de drenagem - mudaria o sistema de transporte

(fonte: elaborada pela autora)

De acordo com o resultado das entrevistas, em relação aos problemas no SMAM da obra, o excesso de materiais armazenados foi o mais citado, enquanto o posicionamento inadequado da grua foi o menos citado nas respostas. A falta de estudo de *layout* e a falta de contrapiso também foram citados com frequência. Em relação ao que poderia ser mudado no sistema atual, três respostas foram citadas pela metade dos entrevistados: (a) consumir materiais estocados para liberar espaços, (b) organizar *layouts* definindo lugares específicos pros materiais, e (c) planejar entregas de materiais com cronograma da obra. Os problemas com a drenagem foram citados apenas uma vez nas respostas. Caso fosse possível iniciar a obra novamente, as respostas mais citadas sobre como poderia ser planejado o SMAM, foram: (a) estudo do *layout* definindo áreas para depósitos e acessos, (b) colocação dos elevadores mais cedo, (c) execução de contrapiso após as atividades de fundação, e (d) evitar o acúmulo de estoques na obra. A execução da drenagem e a mudança no sistema de transporte foram menos citadas.

5.2.5 Resultados das medições dos tempos dos equipamentos

Os tempos necessários para realização de cada atividade são dados essenciais para a realização do planejamento de operação dos equipamentos estudado. Os tempos medidos pela autora são mostrados na figura 23, incluindo o tempo unitário para cada viagem da grua, e o tempo total que a atividade demanda.

Figura 23 – Tempos de utilização

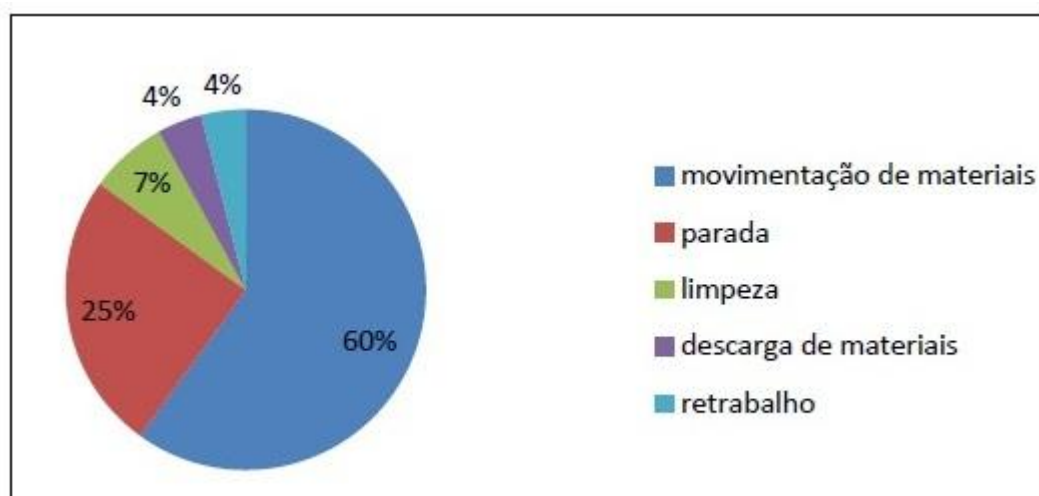
	atividade	quantidade movimentada por viagem	tempo de movimentação	quantidade necessária para a atividade	tempo total
alvenaria	marcação	1 pallet	3min.	9 palletes	27 min
	elevação	1 pallet	3min	85 palletes	4h 30min
estrutura	arm. pilares	10 pilares	10min	50 pilares	50 min
	arm. vigas	10 vigas	10 min	60 vigas	60 min
	arm. lajes positivas	20 telas	10 min	120 telas	60 min
	arm. lajes negativas	20 telas	10 min	130 telas	65 min

(fonte: elaborada pela autora)

5.2.6 Análise dos dados da amostragem do trabalho

Ao final de um mês de amostragem do trabalho, monitorando as atividades da grua, foram encontrados os resultados dos tempos gastos com cada atividade da mesma. Durante o período do estudo, as atividades em andamento da obra eram estrutura e alvenaria. Os resultados obtidos na amostragem são mostrados na figura 24.

Figura 24 – Proporção dos tempos de utilização da grua



(fonte: elaborada pela autora)

Em movimentação de materiais foram consideradas as atividades que agregam valor a produção, sendo indispensáveis para a realização da mesma. Os materiais considerados nessa etapa foram armaduras já prontas de vigas, lajes e pilares, escoras, blocos, argamassa e materiais de segurança como tubos de linha de vida, e madeira para proteções periféricas.

Dentro de tempo parada, foi considerado apenas o tempo em que a grua não estava executando nenhum tipo de serviço. Diferente do tempo em que a grua fica parada esperando pela montagem dos materiais, ou, esperando pela movimentação de um material que necessite de outro transporte para chegar ao raio de ação da grua; esse tempo de espera pela montagem foi considerado junto ao tempo em que a grua estava realizando as outras atividades.

Dentre as atividades de limpeza realizadas pela grua encontram-se a retirada de entulho dos pavimentos para o nível do terreno e também auxílio na remoção de sobras de materiais para desobstrução do canteiro. Descarga de materiais refere-se ao auxílio da grua em fazer a

movimentação dos mesmos dos caminhões que chegam à obra ao local onde serão armazenados. E as atividades de retrabalho consideradas no monitoramento dizem respeito ao duplo manuseio dos materiais feitos para liberar áreas para a produção.

De acordo com os resultados obtidos no monitoramento e mostrados na figura 13, a grua utiliza 60% do seu tempo de uso com atividades que agregam valor. Esse não é um índice baixo, considerando que produz mais do que 50% e que a grua é necessária também para as atividades de suporte como limpeza e descarga de materiais. Cabe destacar também que os tempos de abastecimento poderiam ser reduzidos, pois neles estão embutidos esperas nos ciclos de movimentação de materiais.

Analisando as horas extras do operador da grua, tem-se que o mesmo realizou 51 horas extras no mês de observação. Assim, os 25% do tempo em que ela fica parada durante o expediente poderia ser diminuído ou eliminado, realizando-se as atividades produzidas após o horário no tempo em que ela fica parada.

5.2.7 Diagnóstico do sistema existente

Após a análise dos dados coletados na pesquisa, a observação do sistema, as conversas com os envolvidos diretamente no planejamento e na operação do sistema atual e a análise logística do canteiro, fez-se um diagnóstico mais detalhado e aprofundado da real situação do canteiro. Segue abaixo os problemas observados que afetam a eficiência do canteiro.

Uma das primeiras falhas observadas no sistema de planejamento da empresa foi a necessidade de paralisação dos serviços de estrutura da Torre C no 14º pavimento. Essa paralisação foi necessária em função de a grua estar apoiada na Torre B, que se encontrava no 2º pavimento da estrutura. Por essa razão, a grua não tinha onde se apoiar para poder aumentar a altura e continuar atendendo as três torres. Então, por motivos de segurança, foi decidido que os serviços da Torre C parariam no 14º pavimento, pois é o limite de altura para a grua não bater na torre e continuar trabalhando.

Esse problema na diferença de níveis entre as duas torres teve como uma das suas causas os serviços de terraplenagem, que não estavam prontos no prazo para o início da obra. A alternativa adotada pela construtora foi começar os serviços de fundações onde a área estava

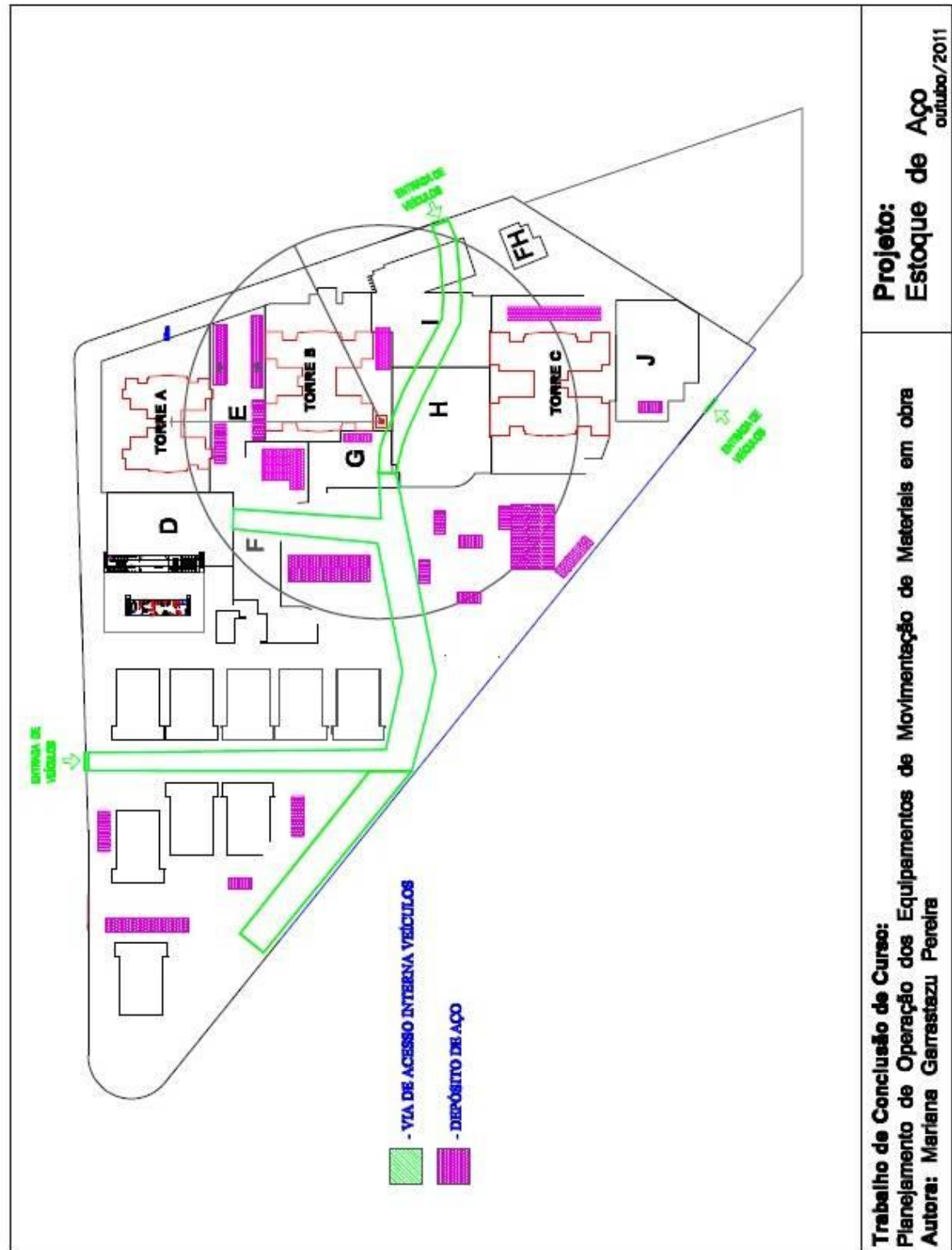
liberada, que era a da Torre C. A Torre B, além de começar os serviços de fundações mais tarde que a Torre C, também sofreu com problemas de contratação de mão de obra. A empresa contratou empreiteiros que não cumpriram os prazos nem a qualidade estabelecidos. Isso resultou nas atividades da torre paradas por mais de um mês.

Outra falha identificada na obra foi a falta de contrapiso nos subsolos das torres. Essa decisão foi tomada pelo engenheiro da obra com a ideia de que ganharia tempo nos prazos subindo a estrutura logo após os serviços de fundações. Essa decisão não trouxe benefícios para compensar o atraso no cronograma da obra e acabou por não disponibilizar um ambiente de trabalho limpo e organizado para os funcionários.

Além de não ter sido feito o contrapiso, a obra não possuía sistema de drenagem. Torna-se ainda pior o ambiente de trabalho em dias chuvosos, dificultando os acessos à obra e uma boa execução dos serviços.

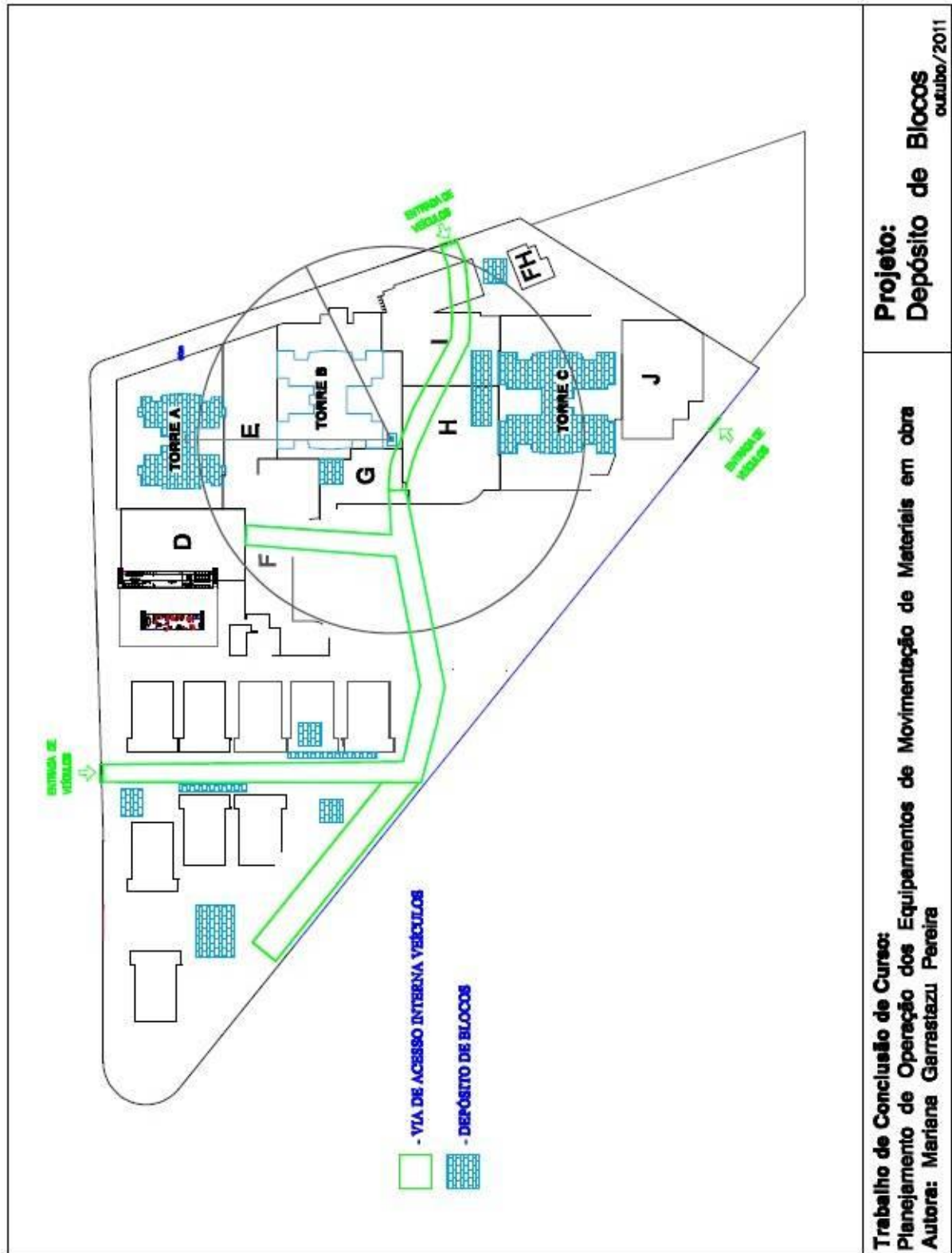
Os problemas com estoque foram visíveis, já que a obra possuía material espalhado por todo o canteiro de forma desorganizada. Foi observado que o mesmo não possuía padrão para o armazenamento, não tendo o cuidado em estocar o material próximo aos locais de utilização, nem possuindo locais previamente definidos para o estoque dos mesmos. Nas figuras 25 e 26 são mostrados os depósitos de aço e blocos do canteiro estudado. Constatou-se também, que os estoques não apresentavam os devidos cuidados de armazenagem, dispondo os materiais diretamente no solo e sem proteção contra intempéries.

Figura 25 – Depósito de aço



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 26 – Depósito de blocos



(fonte: elaborada pela autora)

Além da questão de armazenamento, a obra também possuía problemas com as quantidades de materiais. O engenheiro da obra decidiu comprar e estocar uma quantidade de aço referente à 4 pavimentos de três torres devido à um aumento que aconteceria no preço do aço. Essa decisão gerou uma visível economia, mas também gerou muitas perdas de material devido ao mau armazenamento e retrabalhos já que não houve uma logística na hora de estocar todo o aço e, com isso, esse material foi movimentado várias vezes no canteiro.

Nas atividades de alvenaria, apesar dos projetos serem modulados, a obra não utilizava essa facilidade para realizar o sistema de *kanban*, que consiste em cartões com as quantidades exatas de cada material necessário para realizar cada atividade. Como resultado muitos *pallets* eram movimentados e armazenados nos pavimentos sem a necessidade dos mesmos no local, gerando assim, estoques por todos os pavimentos das torres A e C e, retrabalho para a grua movimentar novamente esses blocos para o local de utilização.

Com relação a utilização da grua, foi observado que a mesma realizava suas atividades sem um plano de operação. Isso fazia com que a mesma ficasse 25% do tempo de utilização parada, e alguns momentos com excesso de atividades, sem conseguir atender às necessidades da produção. Além de não atender a demanda em alguns momentos, isto gerava muitas horas extras para a equipe de operação e sinalização da grua. Essa falha observada também foi consequência de falhas do planejamento da obra, pois muitas atividades do plano semanal não eram cumpridas, fazendo com que os trabalhadores estendessem suas atividades, para os sábados. Isto resultou em gastos adicionais aumentando a folha de pagamento, e também os custos da obra.

Assim, pode-se concluir que a obra apresentava problemas no gerenciamento dos materiais, pois estes necessitavam de uma melhor organização para o um bom funcionamento de todo o sistema. Essa falta de planejamento dos materiais gerava congestionamento do canteiro, retrabalhos, distâncias longas a serem percorridas, perdas de materiais e um esforço adicional da mão de obra na busca dos materiais necessários para a execução dos serviços. Deve ainda ser ressaltado que essa desordem no canteiro não foi por falta de espaço, já que o mesmo possuía espaço suficiente para armazenar materiais, equipes de trabalho, instalações provisórias e equipamentos de forma adequada. Isso foi causado pela falta de planejamento do canteiro e do dimensionamento dos equipamentos desde o início das atividades da obra.

5.3 PLANEJAMENTO DE OPERAÇÃO

Com os resultados obtidos nos itens anteriores, é evidenciada a necessidade de mudanças na gestão dos fluxos físicos da obra estudada para que a mesma trabalhasse com uma grande eficiência e com foco na qualidade dos serviços. Como descrito anteriormente o sistema de funcionamento da grua não possuía planejamento algum, sendo utilizada conforme a necessidade de serviço da obra. Devido à falta de planejamento, a grua em alguns momentos se encontrava sem atividades enquanto em outros ficava totalmente congestionada, gerando insatisfação das equipes de produção que necessitavam da mesma para o andamento de suas atividades.

Um dos caminhos para se chegar a uma melhor utilização da grua sem fazer grandes investimentos, mudanças radicais nos processo já em andamento da obra, nem grande esforço para capacitação do pessoal envolvido com a movimentação de materiais, é criar uma rotina de trabalho para o equipamento.

Essa rotina de trabalho pode ser chamada, também, de planejamento de operação. Deve ser elaborada juntamente ao planejamento semanal da obra, definindo todas as atividades que serão realizadas pela grua na próxima semana em questão. Esse planejamento deve ainda, ter atividades fixas no plano semanal, como a limpeza dos pavimentos. É importante que o planejamento semanal da obra esteja sempre atualizado com as atividades da produção e também, com as entregas de material, para que estas sejam previstas nas atividades da grua.

Para se obter um planejamento eficaz e de fácil execução e entendimento, é necessário primeiro definir as atividades que a grua irá realizar. Depois, é preciso analisar todas as atividades em sequência, e quanto tempo cada uma delas demanda, tanto o tempo de movimentação com a grua como de execução na obra.

No estudo de caso do presente trabalho, as atividades que estavam sendo realizadas e demandavam o auxílio da grua para serem executadas eram estrutura e alvenaria. Foi identificada uma repetição dos serviços a cada duas semanas, com exceção da alvenaria da Torre C que possui um ciclo maior, e escolhido para a realização do planejamento um momento em que estivesse acontecendo a pior situação em relação à quantidade de serviço, com as três torres executando serviços de estrutura e alvenaria. A sequência desses dois processos é mostrada nas figuras 27 e 28.

Figura 27 – Ciclo de estrutura da obra estudada

CICLO ESTRUTURA	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia
	armadura de pilares	paineis	fundo de viga / armadura vigas periferia	escoramento / barroteamento	concretagem pilares
	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
	vigas e armaduras positivas de lajes	tubulação elétrica	tubulação hidráulica	armaduras negativas de lajes	concretagem laje

 movimentação com a grua

(fonte: elaborada pela autora)

Figura 28 – Ciclo de alvenaria da obra estudada

CICLO ALVENARIA Torres A e B	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria

CICLO ALVENARIA Torre C	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia	
	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria	marcação de alvenaria
	11º dia	12º dia	13º dia	14º dia	15º dia	16º dia	17º dia	18º dia	19º dia	20º dia	
elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	elevação de alvenaria	

(fonte: elaborada pela autora)

Além desses serviços, a grua também era utilizada para a descarga de materiais e remoção de entulhos. Como o planejamento de entrega de materiais não era feito na obra em estudo, o mesmo foi realizado pela autora do trabalho, para as semanas em que foi elaborado o planejamento das atividades da grua, para uma melhor visualização da programação de operações semanais da grua.

Para o planejamento de entrega de materiais, foram estipulados prazos para os materiais chegarem à obra com um tempo de segurança para que as atividades não atrasassem e também

que o material não ficasse por muito tempo estocado. Segundo dados da obra, o aço chega à obra após 10 dias úteis do pedido feito e os blocos podem ser entregues de um dia para o outro. Outros materiais como argamassa, cerâmica, lareiras e churrasqueiras, já tem datas estabelecidas para entregas quando estes são contratados.

Com esses dados, foi estipulado que o aço chegaria três semanas antes da atividade de concretagem do material utilizado, para que os ferreiros tivessem tempo com sobras para armar as ferragens, e os blocos cerâmicos três dias antes do início das atividades de marcação e elevação de alvenaria, já descarregados e estocados no pavimento de utilização. Esse material pedido já seria solicitado de acordo com um *kanban* das atividades, chegando à obra somente o necessário para a realização das mesmas. O planejamento das atividades da obra, para as cinco semanas que influenciam as semanas em estudo é mostrado na figura 29, e na figura 30 é apresentada a programação de entrega de materiais, realizada pela autora, para as semanas em que foi feito o planejamento de operação da grua.

Figura 29 – Cronograma da obra

28/nov	29/nov	30/nov	01/dez	02/dez
Torre B concreto pilares 5º ao 6º pav.			Torre A concreto pilares 9º ao 10º pav.	Torre C concreto pilares 14 ao 15º pav.
Torre C elevação alvenaria 9º pav.	Torre A marcação alvenaria 5º pav.		Torre B elevação alvenaria térreo	

05/dez	06/dez	07/dez	08/dez	09/dez
Torre B concreto vigas e lajes 6º pav.			Torre A concreto vigas e lajes 10º pav.	Torre C concreto vigas e lajes 15º pav.
	Torre A elevação alvenaria 5º pav.		Torre B marcação alvenaria 2º pav.	

12/dez	13/dez	14/dez	15/dez	16/dez
Torre B concreto pilares 6º ao 7º pav.			Torre A concreto pilares 10º ao 11º pav.	Torre C concreto pilares 15º à cobert. pav.
Torre C marcação alvenaria 10º pav.	Torre A marcação alvenaria 6º pav.		Torre B elevação alvenaria 2º pav.	

19/dez	20/dez	21/dez	22/dez	23/dez
Torre B concreto vigas e lajes 7º pav.			Torre A concreto vigas e lajes 11º pav.	Torre C concreto vigas e lajes cobertura
Torre C elevação alvenaria 10º pav.	Torre A elevação alvenaria 6º pav.		Torre B marcação alvenaria 3º pav.	

26/dez	27/dez	28/dez	29/dez	30/dez
Torre B pilares 7º ao 8º pav.			Torre A pilares 11º ao 12º pav.	Torre C pilares cobertura à casa maq.
	Torre A marcação alvenaria 7º pav.		Torre B elevação alvenaria 3º pav.	

(fonte: elaborada pela autora)

Figura 30 – Programação de entrega de materiais

28/nov	29/nov	30/nov	01/dez	02/dez
aço p/ vigas e lajes 7º pav. Torre B		aço p/ vigas e lajes 11º pav. Torre A		aço p/ vigas e lajes cobertura Torre C
blocos / elev. térreo Torre B			blocos p/ elev. 5º pav. Torre A	

05/dez	06/dez	07/dez	08/dez	09/dez
aço p/ pilares 7º ao 8º pav. Torre B		aço p/ pilares 11º ao 12º pav. Torre A		aço p/ pilares cobertura à casa maq. Torre C
blocos p/ marcação 2º pav. Torre B		blocos p/ marcação 10º pav. Torre C	blocos p/ marcação 6º pav. Torre A	

entregas de aço	entregas de blocos
-----------------	--------------------

(fonte: elaborada pela autora)

Com base nos cronogramas de atividades que necessitam da grua para sua realização, mostrados acima, na sequência das atividades, e nos tempos necessários para utilização da mesma, foi proposta a seguinte programação de movimentação de materiais realizada para a grua nas semanas de 28 a 09 de dezembro, mostrada na figura 31.

Figura 31 – Programação semanal das atividades da grua

	28/nov	29/nov	30/nov	01/dez	02/dez
08:00	armadura pilares 14 ^º ao 15 ^º pav. Torre C	vigas e armaduras positivas 6 ^º pav. Torre B	armadura vigas periferia 15 ^º pav. Torre C	blocos p/ elev. 5 ^º pav. Torre A	negativo 6 ^º pav. Torre B
09:00	II	II	II	blocos p/ elev. 5 ^º pav. Torre A	II
10:00	II	II		blocos p/ elev. 5 ^º pav. Torre A	vigas e positivos 10 ^º pav Torre A
11:00	blocos p/ elev. térreo Torre B	blocos p/ elev. térreo Torre B	descarga de aço p/ vigas e lajes 11 ^º pav. Torre A	blocos p/ elev. 5 ^º pav. Torre A	II
12:00					
12:30					
13:00	blocos p/ elev. térreo Torre B	armadura vigas periferia 10 ^º pav. Torre A		blocos p/ elev. 5 ^º pav. Torre A	
14:00	blocos p/ elev. térreo Torre B	II			descarga de aço p/ vigas e lajes cobertura Torre C
15:00	blocos p/ elev. térreo Torre B				
16:00	descarga de aço p/ vigas e lajes 7 ^º pav. Torre B	atividades de limpeza	atividades de limpeza	atividades de limpeza	atividades de limpeza

	05/dez	06/dez	07/dez	08/dez	09/dez
08:00	vigas e positivos 15 ^º pav. Torre C	pilares 6 ^º ao 7 ^º pav. Torre B	negativos 10 ^º pav. Torre A	negativos 15 ^º pav. Torre C	pilares 10 ^º ao 11 ^º pav. Torre A
09:00	II	II	II	II	II
10:00	II	II	descarga de aço p/ pilares 11 ^º ao 12 ^º pav. Torre A	vigas periferia 7 ^º pav. Torre B	II
11:00				II	
12:00					
13:00	blocos p/ marcação 2 ^º pav. Torre B		blocos p/ marcação 10 ^º pav. Torre C	blocos p/ marcação 6 ^º pav. Torre A	descarga de aço p/ pilares cobertura à casa maq. Torre C
14:00	descarga de aço p/ pilares 7 ^º ao 8 ^º pav. Torre B				
15:00					
16:00	atividades de limpeza	atividades de limpeza	atividades de limpeza	atividades de limpeza	atividades de limpeza

(fonte: elaborada pela autora)

Com base no que foi apresentado neste capítulo, seguem as diretrizes para o plano de operação de equipamentos de movimentação de materiais:

- a) definir atividades que o equipamento irá realizar;
- b) definir sequência das atividades;
- c) definir tempo que cada atividade demanda;
- d) junto ao planejamento da obra, realizar o plano de operação para o equipamento com os dados já coletados.

Esse plano de operação para os equipamentos deve ser realizado junto ao planejamento de longo prazo da obra, sendo atualizado sempre que houver alguma alteração no cronograma. Deve ser revisado em todos os níveis de planejamento mas principalmente nas reuniões que definem o planejamento de curto prazo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi definido inicialmente, este trabalho teve como principal objetivo a proposição de diretrizes para o planejamento de operação dos equipamentos de movimentação de materiais em canteiros de obras, através de uma análise do SMAM e da gestão dos fluxos de uma obra de uma construtora de Porto Alegre.

Tendo em mãos os resultados de dados coletados a partir de *check list*, monitoramento da grua, entrevistas com os principais envolvidos no sistema, documentação de imagens do processo, medições dos tempos de operação dos equipamentos, análise de documentos e análise logística do canteiro, foi possível fazer um diagnóstico da obra estudada e perceber quais eram as falhas cometidas que dificultavam o bom funcionamento do canteiro. Pode-se também observar que a visão dos entrevistados com relação a situação existente no canteiro de obras estudado estava coerente com o diagnóstico feito no presente estudo.

A partir do diagnóstico, foi possível propor as diretrizes para o planejamento de operação dos equipamentos de movimentação de materiais em canteiros de obras, atendendo, assim, ao objetivo principal deste trabalho. É importante ressaltar que as diretrizes propostas podem servir de base para o planejamento de operação de equipamentos de qualquer obra, desde que sejam devidamente feitas as análises realizadas neste trabalho pra a obra que se for realizar o planejamento realizando as adaptações necessárias, obtendo-se as características do equipamento estudado e o planejamento da obra.

O primeiro objetivo secundário de identificação das lacunas no processo de planejamento e gestão dos fluxos físicos na obra escolhida para a realização do estudo foi cumprido ao se analisar os resultados obtidos na coleta dos dados necessários ao planejamento e também no diagnóstico do sistema existente. O segundo objetivo secundário de elaboração do planejamento de operação dos equipamentos da obra em estudo também foi atingido, uma vez que foi realizado o planejamento de operação para a grua da obra estudada para as semanas de 28 de novembro à 09 de dezembro.

Com o levantamento dos dados, foi possível fazer um diagnóstico da obra estudada e perceber as falhas nos processos da mesma. Percebe-se, assim, a necessidade de um planejamento e cumprimento do mesmo desde o início das atividades.

Uma das primeiras atividades nas etapas de planejamento é a realização de um estudo detalhado do *layout*, definindo áreas para depósitos de materiais de uma maneira lógica em que os mesmos fiquem armazenados próximos ao seu local de utilização. Evitando, assim, possíveis retrabalhos de movimentação e esforço físico da mão de obra, tanto na procura como no deslocamento de grandes distâncias desse material. Mesmo que seja necessário dispendir certa energia realizando esse planejamento e executando o mesmo, se ganhará com a economia de tempo em relação a busca pelos materiais e com a qualidade do trabalho, proporcionando a todos um ambiente mais agradável e com melhores acessos.

É muito importante, também, para o andamento das atividades com eficiência e controle, um completo planejamento da obra, onde se tenha total conhecimento das atividades, necessidade de materiais e das entregas dos mesmos. Assim, o engenheiro responsável consegue ter o domínio do canteiro, e manter os outros envolvidos preparados para as atividades que virão em sequência, sem nenhuma surpresa, como acontecia com as entregas de materiais na obra estudada.

Com um planejamento atualizado, é possível ter um melhor controle com a questão de estoque. Podendo ser feitos pedidos de materiais para atividades próximas, evitando que os insumos fiquem por muito tempo estocados no canteiro de obras. Outra atitude necessária para o bom funcionamento das obras, é estudar o plano de ataque da obra em conjunto com o *layout*, estabelecendo a sequência de execução das atividades.

Conseguindo organizar a obra nesses níveis, já se tem uma boa gestão dos fluxos. Evitando os desperdícios com relação a materiais e tempos gastos com equipamentos de movimentação, além de proporcionar um ambiente de qualidade para as equipes realizarem seus serviços. Tornando, assim, a obra mais transparente para todos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras:** proposta baseada em estudos de caso. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para empresas de construção.** 2001. 285 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- EKIPATECK. **Elevadores.** São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.ekipateck.com.br/conteudo/conteudo_elevadores.asp>⁷. Acesso em: 5 jun. 2011.
- FREITAS, I.M. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP.** 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara.
- FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L.; OLIVEIRA, K. A. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção.** 2001. Notas de aula. Porto Alegre: NORIE/UFRGS. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Gestao%20Producao/Texto2UFBA2007%20PCP.pdf>>
- FORMOSO, C. T.; JOBIM, M. S. S. Challenges in Improving Customer Focus in Small-Sizes House-building Companies in Brazil. **Journal of Construction in Developing Countries**, Pulau Pinang, v. 11, n. 2, p. 77-101, 2006. Disponível em: <[http://web.usm.my/jcdc/input/JCDC%20VOL%2011\(2\)/5_Famosa%20\(p.77-101\).pdf](http://web.usm.my/jcdc/input/JCDC%20VOL%2011(2)/5_Famosa%20(p.77-101).pdf)> Acesso em: 17 abr. 2011.
- GOMES, M. L. B.; PEIXOTO, B. L. F. Ganhos em produtividade decorrentes de inovação tecnológica na construção civil: o uso dos distanciadores plásticos no sub-setor de edificações. In: ENEGEP, XXVI, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006. p. 1-7. Disponível em: <http://www.coplas.com.br/upload/artigos/artigos_6-pt.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2011.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, USA: CIFE, 1992. Technical Report 72.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, p. 243 –266, 1987.
- LICHTENSTEIN, N. B. **O uso da grua na construção do edifício.** São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, 1987a. Boletim Técnico 18.

⁷ Acesso ao conteúdo, estando no site <http://www.ekipateck.com.br/conteudo/conteudo_elevadores.asp>, selecionar <especificações técnicas> na parte de elevadores de cremalheira

_____. **Formulação de modelo para o dimensionamento do sistema de transporte em canteiros de obras de edifícios de múltiplos andares.** 1987b. 536 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da USP, SP.

MECAN INDUSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO. **Elevador.** Vespasiano, 2011. Disponível em: <http://www.mecan.com.br/Lists/Lista_Produtos/Attachments/17/Folheto%20Elevador%20a%20cabo.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2011.

PINGON ELEVADORES E GRUAS. **Produtos.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.pingon.com.br/produtos.htm#elevadores>>. Acesso em: 5 jun 2011.

PINIWEB. **Tipos de Grua.** 2003. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/tipos-de-grua-80482-1.asp>>. Acesso em: 6 jun. 2011.

SANTOS, A. **Método alternativo de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais:** um estudo de caso. 1995. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, A.; FORMOSO, C.T.; ISATTO, E.; LANTELME, E. **Método de Intervenção para a Redução de Perdas na Construção Civil:** Manual de Utilização. Porto Alegre, SEBREA/RS, 1996. 103 p.

SAUR EQUIPAMENTOS SA. **Equipamentos Especiais** (Logística Industrial). Panambi, 2011. Disponível em <<http://www.saur.com.br/site/content/produtos/detalhe.asp?idProduto=0212>>. Acesso em: 7 jun. 2011.

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações.** 1997. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações:** sua incidência e seu controle. 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOLARIS EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS LTDA. **Skytrak** – model 8042 telehandler. Osasco, 2011. Disponível em: <<http://www.solarisbrasil.com.br/wp-content/uploads/2010/06/Manipulador-telesc%C3%B3pico-SkyTrak-8042.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2011.

SOUZA, U. E. L.; FRANCO, L. S.; **Subsídios para a opção entre:** elevador ou grua, andaime fachadeiro ou balancim, argamassa industrializada ou produzida em obra. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil/EPUSP, 1997. Boletim Técnico, n. 176.

STAIDEL, G. **Segurança na Construção Civil.** Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://actuconsultoria.com.br/downloads/construcao/GRUAS.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2011.

Apêndice A – Lista de verificação

SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MAT.	SIM	NAO	N.A.
1. VIAS DE CIRCULAÇÃO			
1.1 Há contrapiso nas áreas de circulação de materiais ou pessoas		x	
1.2 Existe cobertura para transporte de materiais da betoneira até o guincho			x
1.3 É permitido o trânsito de carrinhos/giricas perto dos estoques em que tais equipamentos fazem-se necessários	x		
1.4 Há caminhos previamente definidos para os principais fluxos de materiais, próximo ao guincho, e nas áreas de produção de argamassa e armazenamento		x	
2. ENTULHO			
2.1 São utilizadas caixas para desperdícios nos andares e/ou depósito central de desperdícios		x	
2.2 O entulho é transportado para o térreo através de calha ou tubo coletor		x	
2.3 O canteiro está limpo, sem calça e sobras de madeira espalhadas, de forma que não está prejudicada a segurança e circulação de materiais e pessoas		x	
2.4 O entulho é separado por tipo de material e reaproveitado	x		
3. GRUA			
3.1 A comunicação com o grueiro e sinaleiros é feita através de rádio	x		
3.2 Há utilização de tubofone em combinação com outro sistema de comunicação			x
3.3 Há placa com a logomarca da empresa na torre da grua	x		
3.4 A grua está na posição mais próxima possível do baricentro da obra	x		
3.5 A grua está em frente a parede cega			x
3.6 A área próxima a grua está desobstruída, permitindo livre circulação dos equipamentos de transporte	x		
3.7 As peças para acesso nos pavimentos são amplas, facilitando a carga/descarga e o estoque provisório de materiais nestes locais	x		
4. ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS			
ARGAMASSA/CIMENTO			
4.1 Existe estrado sob o estoque de argamassa/cimento	x		
4.2 As pilhas de argamassa/cimento tem no máximo 10 sacos	x		
4.3 O estoque está protegido da umidade em depósito fechado e coberto. (Caso não exista depósito há cobertura com lona ou outro dispositivo)	x		
4.4 Havendo depósito fechado é praticada estocagem do tipo PEPS (o primeiro saco a entrar é o primeiro a sair)		x	
4.5 No caso das pilhas estarem adjacentes à paredes (do depósito ou não) há uma distância mínima de 0,30 m para permitir a circulação de ar		x	
4.6 A argamassa/cimento é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)		x	
AGREGADOS			
4.7 As baias para areia/brita tem contenção em três lados		x	
4.8 As baias tem fundo cimentado para evitar contaminação do estoque	x		
4.9 A areia é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)	x		

4.10 As baias de areia e brita estão em locais protegidos da chuva ou tem cobertura com lona		x	
4.11 As baias de areia e brita estão próximas da betoneira	x		
TIJOLOS/BLOCOS			
4.12 O estoque está em local limpo e nivelado, sem contato direto com o solo		x	
4.13 É feita a separação de tijolos por tipo	x		
4.14 As pilhas de tijolos tem até 1,80 m de altura	x		
4.15 Os tijolos são descarregados no local definitivo de armazenagem		x	
4.16 O estoque está em local protegido da chuva ou tem cobertura com lona		x	
4.17 O estoque está próximo do guincho	x		
AÇO			
4.18 O aço é protegido do contato com o solo		x	
4.19 As barras de aço são separadas de acordo com a bitola (NR-18)		x	
TUBOS de PVC			
4.20 Os tubos são armazenados em camadas, com espaçadores, separados de acordo com a bitola das peças (NR-18)	x		
4.21 Os tubos estão estocados em locais livres da ação direta do sol, ou tem cobertura com lona	x		
5. PRODUÇÃO DE ARGAMASSA/CONCRETO			
5.1 A boca da betoneira descarrega do lado mais próximo ao acesso do guincho			x
5.2 A betoneira está próxima do guincho			x
5.3 A betoneira descarrega diretamente nos carrinhos/masseiras ou existe base preparada para a argamassa produzida	x		
5.4 Há indicações de traço para a produção de argamassa, e as mesmas estão em local visível			x
5.5 A dosagem da areia é feita com equipamento dosador (carrinho dosador, padiola ou equipamento semelhante)			x
5.6 A dosagem da água é feita com equipamento dosador (recipiente graduado, caixa de descarga ou dispositivo semelhante)	x		

Apêndice B – Monitoramento da Grua

Monitoramento da Grua		
DATA	HORA	ATIVIDADE
12.09.11	08:30	madeira Torre A
	08:52	parada
	09:20	madeira Torre A
	09:50	madeira Torre A
	10:20	parada
	10:45	parada
	11:20	parada
13.09.11	08:00	linha de vida Torre A
	08:30	linha de vida Torre A
	09:00	compensado
	09:50	aço Torre A
	10:20	aço Torre A
	10:50	parada
	11:20	parada
14.09.11	08:00	mov. de materiais para acesso caminhão
	08:30	mov. de materiais para acesso caminhão
	09:00	parada
	09:20	madeira Torre B
	09:40	madeira Torre B
	10:15	mat. Segurança Torre B
	11:00	parada
	11:30	parada
15.09.11	08:00	blocos Torre C
	08:25	madeira
	08:50	blocos Torre C
	09:30	madeira
	10:00	madeira
	10:50	madeira
	11:30	parada
16.09.11	08:15	compensado
	08:40	compensado
	09:00	parada
	09:40	parada
	10:00	aço Torre A
	10:30	aço Torre A
	11:05	parada
	11:30	aço Torre A

19.09.11	08:10	parada
	08:23	madeira Torre A
	09:00	linha de vida Torre B
	09:20	parada
	09:48	madeira Torre C
	10:20	aço Torre B
	10:50	parada
	11:18	parada
20.09.11	08:15	aço Torre A
	08:40	aço Torre A
	09:25	mangueiras elétricas Torre A
	09:50	blocos Torre C
	10:15	aço Torre A
	10:40	parada
	11:10	madeira Torre B
	11:40	aço Torre A
21.09.11	08:00	equipamentos concretagem Torre A
	08:30	parada
	09:10	blocos Torre C
	09:40	blocos Torre C
	10:15	mov. de materiais para acesso skytrack
	10:45	parada
	11:20	parada
22.09.11	08:05	aço periferias
	08:30	aço periferias
	09:10	madeira Torre B
	09:40	aço Torre B
	10:15	linha de vida B
	10:50	parada
	11:20	argamassa Torre C
23.09.11	08:15	parada
	08:40	aço Torre B
	09:15	linha de vida Torre B
	09:40	linha de vida Torre B
	10:10	VS Torre B
	10:35	aço Torre A
	10:55	parada
	11:30	material de segurança Torre B

26.07.11	08:10	aço Torre B
	08:40	aço Torre B
	09:20	aço Torre B
	09:40	compensado (mov. para dar acesso ao skytrack)
	10:00	parada
	10:30	parada
	11:00	aço Torre B
	11:30	parada
27.09.11	08:20	parada
	08:40	linha de vida Torre C
	09:09	linha de vida Torre C
	09:40	linha de vida Torre C
	10:00	linha de vida Torre C
	10:30	parada
	11:00	compensado - Torre B - Torre C
	11:20	aço
28.09.11	08:15	blocos Torre C
	08:30	blocos Torre C
	08:50	blocos Torre C
	09:20	blocos Torre C
	09:40	blocos Torre C
	10:10	VS - Torre B - Torre C
	10:35	madeira Torre C
	10:50	barra ancoragem - Torre B - Torre C
	11:15	aço vigas Torre B
29.09.11	08:30	parada
	08:50	mov. de aço
	09:20	mov. de aço
	09:40	mov. de aço
	10:10	madeira Torre C
	10:40	mov. de aço
	11:10	madeira Torre C
	11:30	compensado Torre C
30.09.11	08:00	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	08:50	madeira Torre A
	09:20	parada
	09:50	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	10:20	remoção escada Torre B
	10:50	calça Torre A
	11:15	movimentação de blocos para liberar área
	11:35	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento

03.10.11	08:00	vigas Torre A
	08:20	parada
	08:42	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	08:50	parada
	09:10	parada
	09:25	parada
	09:45	parada
	10:00	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	10:20	parada
	10:50	caçamba brita
	11:20	caçamba brita
	13:00	parada
	13:20	tubo linha de vida
	13:30	tela de aço Torre B
	13:50	tela de aço Torre B
	14:18	caçamba brita
	14:40	descarga de argamassa
	15:30	blocos Torre C
	16:00	descarga de aço
	16:15	gancho de bandeja Torre A
16:44	descarga de aço	
04.10.11	08:00	limpeza Torre C
	08:20	limpeza Torre C
	08:42	limpeza Torre C
	08:50	limpeza Torre C
	09:10	limpeza Torre C
	09:25	limpeza Torre C
	09:45	limpeza Torre C
	10:00	limpeza Torre C
	10:20	limpeza Torre C
	10:50	limpeza Torre C
	11:20	limpeza Torre C
	13:30	escora Torre A para depósito
	13:50	escora Torre A para depósito
	14:24	parada
	15:00	descarga de aço
	15:30	descarga de aço
	16:00	concreto Torre B
	16:15	concreto Torre B
	16:44	concreto Torre B
	17:15	concreto Torre B
17:50	concreto Torre B	

05.10.11	08:00	parada
	08:20	limpeza Torre A
	08:42	aço Torre A
	09:10	aço Torre A
	09:25	limpeza Torre A
	09:50	aço Torre A
	10:20	aço Torre A
	10:50	aço Torre B
	11:10	parada
	11:30	parada
	13:30	aço Torre B
	13:50	aço Torre B
	14:24	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	15:00	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	15:30	aço Torre B
	16:00	tubo linha de vida
	16:15	tubo linha de vida
	16:44	parada
	17:15	parada
17:50	parada	
06.10.11	08:00	aço Torre A
	08:20	aço Torre A
	08:42	caçamba brita
	09:10	material de segurança Torre B
	09:25	material de segurança Torre B
	09:50	aço Torre A
	10:20	limpeza Torre A
	10:50	limpeza Torre A
	11:10	parada
	11:30	parada
	13:30	material de segurança Torre B
	13:50	aço Torre C
	14:24	aço Torre C
	15:00	aço Torre C
	15:30	blocos Torre C
	16:00	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	16:15	movimentação de aço para liberar área de estaqueamento
	16:44	pré-moldados Torre C
	17:15	argamassa Torre C
17:50	blocos Torre C	

07.10.11	08:00	parada
	08:30	parada
	09:00	madeira Torre C
	09:20	madeira Torre C
	09:50	blocos Torre C
	10:20	blocos Torre C
	10:50	blocos Torre C
	11:10	madeira Torre C
	11:30	madeira Torre C
	13:30	material de segurança Torre C
	13:50	descarga de aço
	14:24	descarga de aço
	15:00	descarga de aço
	15:30	material de segurança Torre C
	16:00	descarga de aço
	16:15	madeira Torre C
	16:44	parada
17:15	parada	
17:30	parada	