



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

*DÉBORA DE GOIS SANTOS*

**MODELO DE GESTÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA  
IDENTIFICAÇÃO DE ATIVIDADES FACILITADORAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção da Universidade  
Federal de Santa Catarina para a obtenção do  
título de Doutor em Engenharia.

Orientador: Luiz Fernando M. Heineck

Florianópolis, SC

Outubro de 2004

**DÉBORA DE GOIS SANTOS**

Esta Tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção**, no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da **Universidade Federal de Santa Catarina**.

Florianópolis, 25 de Outubro de 2004.

---

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr. Eng.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção

Banca Examinadora:

---

Prof. Luiz Fernando M. Heineck, *Ph.D.*  
Orientador

---

Prof. Gregório Jean Varvakis Rados, *Ph.D.*

---

Prof. Emerson de Andrade Marques Ferreira, Dr. Eng.

---

João Luiz Calmon Nogueira da Gama, Dr. Eng.

---

Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes, Dr. Eng.

## **Esperar o futuro**

*“Esperar a incerteza*

*Almejar o futuro*

*Sonhar*

*Algo acontece*

*Em meio a tudo*

*Inesquecíveis alegrias*

*Satisfazem o desafio*

*Decepções são insuficientes na busca do todo*

*Razões não se fazem necessárias*

*Lutar é imprescindível*

*Rir no instante de dúvida*

*Chorar como desabafo*

*Em meio a grande conquista de jamais desistir”.*

*Danielle de Góis Santos*

*Agradeço a Deus pelo amor, que me impulsiona a questionar sempre sobre a vida, as pessoas e, neste caso em particular, sobre a engenharia e a construção civil. As respostas são muitas e a cada uma surgem novas perguntas, que me encaminham para um aprender constante.*

*Dedico esta tese aos meus pais, Manoel Messias e Maria José, e a minhas irmãs, Danielle e Denise Conceição, que mesmo a distância agradeceram-me com seu carinho, apoio e incentivo incondicionais.*

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), que patrocinou minha bolsa de doutorado.

Ao Professor Luiz Fernando M. Heineck pela presente orientação, por me conceder a oportunidade de aprendizado e enriquecimento de experiência.

À UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e em especial ao PPGEP (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) e ao PPGECC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) pela oportunidade de crescer científica, didática e pessoalmente.

Aos Professores Gregório Jean Varvakis Rados (PPGEP/UFSC) e Maurício Moreira e Silva Bernardes (UFRGS) pelo apoio, incentivo e pela ajuda sempre gentil.

Ao Professor Humberto Ramos Roman (PPGEC/UFSC) pela acolhida em seu grupo de pesquisa e pelo auxílio a qualquer momento.

Aos Professores Emerson de Andrade Marques Ferreira (UFBA) e João Luiz Calmon Nogueira da Gama (UFES) pelas contribuições quando da defesa da tese.

Às empresas que colaboraram com a pesquisa, ao abrir seus canteiros e escritórios para a investigação de “problemas”, e contribuíram com informações preciosas, fundamentais à conclusão da tese:

- A Formacco Construções e Comércio Ltda. (Florianópolis/Santa Catarina), na pessoa da engenheira Raquel Toledo;
- A Koerich Engenharia Ltda., na pessoa de Tatiana Amaral, bem como de seus engenheiros e mestres de obra;
- A NORCON - Sociedade Nordestina de Construções S/A (Aracaju/Sergipe), presente em todas as fases de coleta de dados. Nesta são muitas as pessoas a agradecer, em especial aos engenheiros Álvaro, Cássio, Emerson, Ezequiel, Maurício, Max, Ricardo, Rosa e à equipe administrativa dos empreendimentos Costa Dourada e Jaime Araújo;
- A Sanford Tecnologia em Construções Ltda. (São José/Santa Catarina), principalmente nas pessoas de seus engenheiros Danilo e Mônica; e

- Aos engenheiros Fábio Araújo, Paulo Vinícius, Catherine Bittencourt, Grace Monique e Marcelo Belchior, que contribuíram através de sua experiência de campo.

À Fernanda Saffaro, Lucia Bressiani e Maria de Fátima Souza e Silva pela troca de conhecimentos, auxílio em qualquer momento e principalmente pela amizade.

À Ana Tristão e Fernando Avancini pelo apoio, troca de conhecimento nas reuniões de metodologia e pela amizade.

À Alexandra Rocha Meira, Denise Conceição de Gois Santos e Rita Pasquali pela amizade, pelos conselhos, pelos momentos de descontração e por estarem sempre presentes em minha vida.

A Cristina Guimarães, Eunice Motta, Jenner Carvalho e Sérgio Kemmer pelo apoio e pela amizade.

A todos do GDA/PPGEC/UFSC (Grupo de Desenvolvimento em Alvenaria) pela acolhida e pelo companheirismo.

A Marcelo Braga pela disponibilidade em me ajudar sempre com os problemas de informática.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho. Se eu fosse citar outros nomes, teria que contar um pouco da história de tantas pessoas que passaram e/ou continuam comigo nesta caminhada. Falo dos mestrandos e doutorandos dos Programas de Engenharia Civil, Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica desta universidade. Muitos já são mestres e doutores, outros continuam na caminhada. Com cada um aprendi um pouco sobre este processo que é o de construir uma tese!

*“De tudo ficam três coisas: a certeza de que estamos apenas começando, a certeza de que é preciso continuar e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo, da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sonho uma ponte e da procura um encontro. E assim terá valido a pena existir”.*

*Fernando Sabino*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>XIV</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PROBLEMATIZAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. QUESTÃO DE PESQUISA .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. PRESSUPOSTO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<i>1.5.1. Objetivo Geral.....</i>	<i>7</i>
<i>1.5.2. Objetivos Específicos .....</i>	<i>7</i>
<b>1.6. LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....</b>	<b>7</b>
<b>1.7. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO E ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.8. DESCRIÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. ASPECTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>17</b>
<i>2.2.1. Sistema Toyota de Produção .....</i>	<i>19</i>
<i>2.2.2. Produção Enxuta.....</i>	<i>21</i>
<i>2.2.3. Construção Enxuta.....</i>	<i>22</i>
<i>2.2.4. Análise de Restrições.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2.5. Construtibilidade .....</i>	<i>31</i>



<b>2.2.6. Gerenciamento da Construção</b> .....	35
2.2.6.1. Produção na Construção .....	35
2.2.6.2. Planejamento .....	37
2.2.6.3. Programação de Obra .....	38
2.2.6.4. Segurança do Trabalho .....	41
<b>2.2.7. Delimitação da antecipação segundo a revisão da literatura</b> .....	43
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	47
<b>3.1. INTRODUÇÃO</b> .....	47
<b>3.2. METODOLOGIA DE GERENCIAMENTO DE PROCESSOS</b> .....	47
<b>3.3. METODOLOGIA PARA O ESTUDO DE CAMPO</b> .....	56
<i>3.3.1. Lista de verificação para identificação das atividades que causam interrupções no processo</i> .....	59
<i>3.3.2. Mapeamento dos processos de produção</i> .....	62
<i>3.3.3. Levantamento de campo para identificação de atividades</i> .....	67
<i>3.3.4. Construção do Diagrama de Ishikawa</i> .....	68
<b>3.4. METODOLOGIA PARA O MODELO</b> .....	69
<b>4. ANÁLISE E RESULTADOS DO ESTUDO DE CAMPO</b> .....	80
<b>4.1. DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES</b> .....	80
<i>4.1.1. Processos acompanhados nos canteiros de obras</i> .....	80
<i>4.1.2. Identificação das atividades facilitadoras através do levantamento de campo</i> .....	83
<i>4.1.3. Mapeamento dos processos de produção</i> .....	87
<b>4.2. DEFINIÇÃO DOS TERMOS DE ATIVIDADES ADOTADOS NA PESQUISA</b> .....	90
<i>4.2.1. Definição de termos relacionados com as atividades facilitadoras</i> .....	90
<i>4.2.2. Categorização das atividades facilitadoras</i> .....	91
<b>5. MODELO DE INTEGRAÇÃO ENTRE A GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES E ATIVIDADES FACILITADORAS</b> .....	100

<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	100
<b>5.2. ATIVIDADES FACILITADORAS</b> .....	100
<b>5.3. ELABORAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL</b> .....	106
<b>5.3.1. Introdução</b> .....	106
<b>5.3.2. Contribuições dos entrevistados</b> .....	107
<b>5.3.3. Desenvolvimento do modelo de processos de produção em edificações</b> .....	108
<b>5.4. DESCRIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL</b> .....	113
<b>5.4.1. Etapa preliminar</b> .....	113
<b>5.4.2. Etapa 1: Base</b> .....	113
<b>5.4.3. Etapa 2: Identificação</b> .....	117
<b>5.4.4. Etapa 3: Ação</b> .....	121
<b>5.5. APLICAÇÃO DO MODELO EM ESTUDO DE CASO</b> .....	124
<b>6. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>126</b>
<b>6.1. INTRODUÇÃO</b> .....	126
<b>6.2. DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO DO ESTUDO DE CASO</b> .....	126
<b>6.3. ANÁLISE DO ESTUDO</b> .....	128
<b>6.3.1. Análise da Etapa 1: Base</b> .....	128
<b>6.3.2. Análise da Etapa 2: Identificação</b> .....	131
<b>6.3.3. Análise da Etapa 3: Ação</b> .....	131
<b>6.4. ANÁLISE DO MODELO CONCEITUAL ADOTADO</b> .....	134
<b>6.5. CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO DE CASO</b> .....	136
<b>7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>140</b>
<b>7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	140
<b>7.2. CONCLUSÕES</b> .....	143
<b>7.3. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	144

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO A – EXEMPLOS DE DESCONTINUIDADE .....</b>	<b>167</b>
<b>APÊNDICE A - RELAÇÃO DOS PROCESSOS OBSERVADOS NOS ESTUDOS DE CAMPO REALIZADOS.....</b>	<b>178</b>
<b>APÊNDICE B - PLANILHA DOS EXEMPLOS DE INTERRUPÇÕES NOS PROCESSOS PRODUTIVOS .....</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE C – EXEMPLOS DE ATIVIDADES FACILITADORAS PARA OS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS.....</b>	<b>184</b>
<b>APÊNDICE D – LISTA DE VERIFICAÇÃO DAS INTERRUPÇÕES POR PROCESSOS.....</b>	<b>188</b>
<b>APÊNDICE E – REDES OPERACIONAIS COM AS ATIVIDADES FACILITADORAS PARA O ESTUDO DE CASO MÚLTIPLOS.....</b>	<b>193</b>

## RESUMO

A sistemática de elaboração da tese contribui para o ensino na engenharia de produção na área de construção civil, pelo conhecimento dos processos produtivos praticados em canteiro. Isto é realizado através de suas atividades constituintes. A tese auxilia ainda a gerência de obra por identificar atividades que colaborem no fluxo contínuo do trabalho e pela padronização destes processos.

Deste modo, esta pesquisa propõe um modelo para a identificação e incorporação de atividades facilitadoras nos processos de produção em edificações. Sua ausência causa discontinuidades. Assim, através do mapeamento do processo busca-se identificá-las, para que a equipe técnica atuante em canteiro possa reagir a interrupções no fluxo produtivo. O método de trabalho consiste em investigar essas atividades na literatura de gerenciamento da construção e nos processos praticados em obra, como também incluí-las em fluxogramas elaborados através do acompanhamento do modelo proposto. O mapeamento apresenta-se na forma de redes operacionais ou fluxogramas. Essas redes constituem-se em uma ferramenta de apoio ao planejamento, assim como o Diagrama de Ishikawa. Este correlaciona as categorias de atividades facilitadoras com os níveis hierárquicos de decisão. As atividades identificadas serão utilizadas na realimentação do processo de planejamento da produção, por meio do fluxo de informações, para auxiliar a gerência da obra na tomada de decisão.

Conclui-se que o modelo aplicado em estudos de caso múltiplos indica não somente as atividades facilitadoras intrínsecas aos processos produtivos (situações positivas), como também as extrínsecas (aquelas que devem ser incorporadas nestes processos). Além disso, em entrevistas com engenheiros de obra verificou-se que eles já utilizam este tipo de atividades inconscientemente e de modo informal. Estas são fruto de aprendizagem em projetos anteriores. Neste caso, a informação não é difundida na empresa ou no setor de construção, não realimentando projetos futuros.

Palavras chaves: interrupção no fluxo de produção, redes operacionais, atividades facilitadoras.

## **ABSTRACT**

The thesis contributes for teaching in the civil engineering area for knowledge of productive processes, through of their production activities. It aids the construction managers of identifying activities that collaborate on continue flow of the processes.

Like this, the research proposes a model for the identification of activities that facilitate production processes at buildings. Its absence causes discontinuity. By mapping out the process, we tried to identify these activities, so that the technical team, who work at construction sites, can react to the interruption of the production flow. The working method consists of identifying these activities in the literature of construction management, and on productive processes used in constructions and include them at the flow-charts elaborated through a follow up of the proposed model. The mapping out is elaborated as operational nets or flow charts. These nets constitute a supporting tool for the planning, as well as the Ishikawa's diagram, which correlates the categories of easy-maker activities and the hierarchical levels of planning. The identified activities will be used at the feedback of the production planning process, by means of information flow to aid the working team at decision making.

The thesis concludes with an application of the model in case studies that identifies included activities in the process. This represents a positive situation. This model identifies activities too that causes interruptions in productive processes. This last type can to be incorporated in the process.

In interview with construction managers, it was checked that they use without realizing activities that facilitate production processes. In this case, the information is not widespread in the company or in construction sector in future projects.

Key words: interruption of production flow, operational nets, easy-maker activities.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1.1: Fluxograma de apresentação da tese.....	10
Ilustração 1.2: Fases e estratégias da pesquisa. ....	11
Ilustração 2.1: Acesso da grua ao local de trabalho .....	33
Ilustração 2.2: Esboço de um canteiro de obras com duas vias de acesso. ....	34
Ilustração 2.3: Exemplos de antecipação e remoção de restrição extraídos da revisão da literatura. ....	44
Ilustração 3.1: Fluxograma de apoio às decisões gerenciais. ....	51
Ilustração 3.2: Simbologia utilizada para a construção das redes operacionais. ....	53
Ilustração 3.3: Método de estudo de caso.....	58
Ilustração 3.4: Divisão dos enfoques da literatura quanto às atividades que causam descontinuidades no fluxo do trabalho. ....	60
Ilustração 3.5: Lista de verificação para as áreas de conhecimento pesquisadas. ....	61
Ilustração 3.6: Simbologia acrescentada a da engenharia de produção para a construção das redes operacionais. ....	63
Ilustração 3.7: Rede operacional do processo Piso de Granito em área seca. ....	64
Ilustração 3.8: Explicação dos momentos de ocorrência das atividades facilitadoras. ....	65
Ilustração 3.9: Família de cartões de produção. ....	67
Ilustração 3.10: Planilha de levantamento dos exemplos de interrupções nos serviços de construção. ....	67
Ilustração 3.11: Esboço do Diagrama de Ishikawa adaptado para a pesquisa.....	69
Ilustração 3.12: Resumo da metodologia proposta para a identificação de atividades especiais e de motivos de descontinuidade no processo produtivo. ....	70
Ilustração 3.13: Relação entre variáveis principais e fontes de evidências. ....	72
Ilustração 3.14: Variáveis independentes e intervenientes do processo, identificadas nos estudos exploratórios e em entrevistas.....	73

Ilustração 3.15: Esboço da cadeia produtiva do sub-setor edificações, com a inclusão das categorias de atividades facilitadoras.....	74
Ilustração 3.16: Legenda da simbologia adotada no modelo.....	75
Ilustração 3.17: Validade e confiabilidade para julgar um projeto.....	76
Ilustração 3.18: Matriz que correlaciona as variáveis independentes com as intervenientes.....	77
Ilustração 4.1: Quadro demonstrativo das etapas da obra em que foram acompanhados os processos de produção.....	81
Ilustração 4.2: Exemplo de árvore que decompõe o não cumprimento de planos em direção a suas causas primárias.....	84
Ilustração 4.3: Agrupamento dos motivos de causas, para a construção de categoria de atividades facilitadoras.....	86
Ilustração 4.4: Fluxograma do processo de Piso cerâmico em áreas frias, com atividades facilitadoras.....	88
Ilustração 4.5: Simbologia do processo de Piso cerâmico em áreas frias.....	89
Ilustração 4.6: Categoria de atividades facilitadoras.....	93
Ilustração 4.7: Exemplo de atividades facilitadoras conforme categorização.....	96
Ilustração 4.8: Quadro comparativo dos exemplos segundo o número de casos de antecipações e remoção de restrições.....	97
Ilustração 4.9: Comparação entre as categorias propostas e as de Machado (2003).....	98
Ilustração 5.1: Diagrama de Ishikawa adaptado para as categorias de atividades facilitadoras.....	102
Ilustração 5.2: Atividades facilitadoras <i>versus</i> decisões nos níveis hierárquicos.....	103
Ilustração 5.3: Representação do modelo.....	109
Ilustração 5.4: Diagrama das etapas do Modelo proposto.....	111
Ilustração 5.5: Passos da Etapa Base.....	114
Ilustração 5.6: Passos da Etapa Base, continuação.....	115

Ilustração 5.7: Passos da Etapa Identificação.....	118
Ilustração 5.8: Passos da Etapa Identificação, continuação.....	119
Ilustração 5.9: Passos da Etapa Ação. ....	122
Ilustração 5.10: Passos da Etapa Ação, continuação.....	123
Ilustração 5.11: Tabulação das atividades facilitadoras por processo.....	124
Ilustração 6.1: Fluxograma com atividades facilitadoras incluídas, para o processo Elevação de Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos.....	130
Ilustração 6.2: Tabulação das atividades facilitadoras para o processo Elevação da Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos. ....	132
Ilustração 6.3: Percentagem das atividades facilitadoras para o processo Elevação da Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos. ....	133
Ilustração 6.4: Tabulação das atividades facilitadoras para o empreendimento.....	133
Ilustração 6.5: Aplicação da matriz que correlaciona as variáveis independentes com as intervenientes.....	134
Ilustração 6.6: Registros das fixações para equipamento de transporte vertical. ....	137
Ilustração 6.7: Registros de furos na laje de cobertura.....	138
Ilustração 7.1: Estrutura do jáú afastada da platibanda. ....	142



## GLOSSÁRIO

Antecipação de atividades – significa trazer uma atividade para antes, antecipando vantagens para a obra, sem que isto resulte em armazenagem de recursos, seja este físico ou financeiro.

Antecipar – fazer, dizer, sentir, antes do devido tempo.

Atividades antecipáveis – é uma das formas de atividades facilitadoras. Elas são atividades chave do processo de produção, que quando ausentes levam a sua interrupção com diminuição da capacidade produtiva. Podem ser usadas para facilitar o fluxo do trabalho e para eliminar uma condição restritiva.

Atividade facilitadora – são as atividades que quando colocadas no sistema de produção evitam paradas nesse, impedindo ou minimizando o surgimento de interrupções ao longo do processo construtivo. Podem estar incorporadas no processo ou ser uma atividade auxiliar desse. Quanto à forma de ação, pode ser classificada em atividade antecipável ou de remoção de restrição.

Fluxograma – é um diagrama que representa o fluxo de materiais e informações dentro de um processo.

Gargalo – é originado por um recurso que provoca atrasos e prejuízos no processo. No caso, o recurso tem capacidade menor ou igual à demanda solicitada.

Informações sobre as técnicas de diagramação – são as simbologias da engenharia de produção, amplamente difundidas, utilizadas para representar as atividades que agregam e aquelas que não agregam valor ao produto. Estes são aplicados na forma de fluxograma de processo ou redes operacionais.

Interrupção – ato ou efeito de fazer parar, ou deixar de fazer por algum tempo, determinado processo.

Mapeamento do processo – é uma ferramenta do Gerenciamento de Processos para o melhor entendimento do processo. Pode ser feito através de fluxogramas ou diagramas.

Pacote de trabalho – é definido como uma determinada quantidade de trabalho possível de ser realizada em um certo prazo, dentro do ciclo do planejamento de comprometimento (operacional) e que necessita de informações específicas para sua realização.

Processo – é qualquer atividade que recebe uma entrada, agrega-lhe valor pela transformação dos materiais em um produto acabado ou semi-acabado, gerando assim uma saída.

Processo produtivo – na construção civil são designados como os serviços desenvolvidos em canteiro.

Redes operacionais – é um fluxograma que destaca as atividades desenvolvidas no nível de produção do chão de fábrica. Neste caso, tem como dado de entrada os recursos (materiais, humanos e de informação) e os processos precedentes. A saída é na forma de produto semi-acabado a ser transformado pela próxima equipe de trabalho.

Remoção de restrição – significa eliminar uma situação de rigidez no processo para deixá-lo mais flexível, normalmente ligada ao fator tempo. É a outra forma de apresentação da atividade facilitadora. É também uma atividade chave do processo.

Restrição – a restrição de um sistema é qualquer coisa que limita o sistema para que este atinja um desempenho maior na direção de sua meta. Ela representa pontos gargalos dos processos, porque impõe um impedimento físico para a seqüência de trabalho

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. *Problematização*

Os processos de construção estão sujeitos a interrupções durante seu desenvolvimento. Estas são de natureza variada. Podem estar relacionadas com a divisão dos tempos praticados em obra e com as atividades de fluxo do trabalho. Elas podem ainda ocasionar problemas com a necessidade de realocação de recursos e o aumento do prazo de produção.

Conforme divulgado em trabalhos da literatura nacional, os tempos produtivos praticados em obra correspondem a 33% do total de tempos de mão-de-obra em canteiro e são responsáveis pelas atividades de conversão desenvolvidas pelos operários. Porém, os 67% restante encontram-se divididos classicamente entre atividades auxiliares (33%) e improdutivas (33%)<sup>1</sup>, aproximadamente.

É sabido que esses dados permanecem constante de empreendimento a empreendimento. Isto ocorre porque o operário necessita de tempo para recompor suas necessidades físicas, além de existirem atividades de preparação necessárias ao funcionamento daquelas que realmente agregam valor (CURRIE, 1977).

Para efetuar esta melhoria contínua, o setor de construção procura a racionalização e a padronização<sup>2</sup> de seus processos de produção, que passam por programas de qualidade e produtividade. Porém, para que tais medidas tenham êxito é necessária a identificação de atividades que levem a eliminação ou minimização dos tempos que não agregam valor ao produto, normalmente atividades de fluxo, para que medidas de correção destes sejam tomadas.

---

<sup>1</sup> Estes valores são clássicos. Porém, pode existir variabilidade em sua distribuição a depender do processo em análise e das pessoas que executam este processo.

<sup>2</sup> A padronização faz com que haja apenas um modo de realizar a tarefa e que as melhorias permaneçam na empresa (GUINATO, 2004). Segundo Bromilow (1974), a falta de padrões para os parâmetros relevantes na construção civil leva a confusão e ao consumo extra de custos para os clientes.

Dentre as atividades que geram esses tempos pode-se destacar:

- Improdutivas - esperas devido ao desbalanceamento entre equipes ou entre homens e equipamentos, paradas devido ao mau tempo, atividades de deslocamento sem motivo, demolição e reconstrução de partes defeituosas, bem como busca de ferramentas e materiais que poderiam ter sido apanhados em um único momento.
- Auxiliares - preparação da cancha de trabalho e de materiais empregados no processo, montagem de andaimes, consulta a plantas, conversas com mestres e colegas para receber instruções, transporte de material, limpeza do local de trabalho e das ferramentas, colocação de equipamentos de proteção, desmobilização e arrumação do posto de trabalho, deslocamento para o local de trabalho, além de controle e verificação da qualidade e produtividade.

Nestas atividades identificam-se paradas que ocorrem no desenvolvimento dos processos de produção. Como exemplo destas têm-se os tempos improdutivo e auxiliares. Eles levam a paradas no processo para a tomada de providências, ou seja, levam à descontinuidade dos processos envolvidos. Pode haver também diminuição de produtividade, má qualidade e desperdício.

Destaca-se como exemplo dessas atividades aquelas observadas no processo de execução de fôrma, apresentado em Gutschow e Santos (1998). Esse trabalho fez parte do projeto de pesquisa “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras”, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC), Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-EPUSP) e por pesquisadores de mais 15 universidades nacionais. Ele teve como objetivo levantar índices de perdas de materiais/componentes nos canteiros de obras, identificar suas causas e propor alternativas para sua redução.

Nesse referido exemplo, as atividades auxiliares mais freqüentes foram preparar material (10,2%), transportar material (9,5%) e medir (2,7%). Para as atividades improdutivas as maiores pontuações foram deslocamentos (12,0%), parado sem motivo (8,4%) e parado por falta de material (1,8%).

Ao investigar paradas no desenvolvimento dos processos de construção, a tese tem por objetivo propor melhorias na gestão de processos e no planejamento e controle da produção. Este último contribui para a academia como nos trabalhos de Assumpção (1996), Ballard

(2000), Bernardes (2001), Akkari (2003) e Machado (2003). Entende-se que o planejamento vai além do orçamento e da programação, ele passa pela padronização e melhoria de seus processos de produção.

A tese insere-se na área de gestão de processos, com o uso de atividades que facilitem a continuidade dos processos de produção na construção civil, com repercussões para o planejamento de obra. Ela preenche assim uma lacuna de conhecimento com relação a interrupções no fluxo de trabalho nos canteiros de obra.

Neste contexto, o planejamento e controle de obra, dentro do gerenciamento das construções, objetiva a melhoria dos processos de produção do sub-setor edificações. Desta forma, realizam-se pesquisas para solucionar problemas relacionados ao cumprimento de prazos e ao uso dos recursos de produção. Assim, foram estudados os trabalhos desenvolvidos na área, dentre eles os de pesquisadores como Koskela (1992, 1993), O'Connor e Miller (1994, 1995), Hopp e Spearman (1996), Koskela (1996), Shingo (1996a, 1996b), Ballard (1997), Goldratt e Cox (1997), Ohno (1997), Ballard (1999b), Howell (1999), O'Connor e Miller (1999), Ballard (2000), Koskela (2000) e Bernardes (2001). Nestes trabalhos procurou-se identificar como os autores abordaram a interrupção no serviço de construção e o momento em que esta ocorre, para fornecer informações ao mapeamento do processo.

Nos trabalhos pesquisados no parágrafo anterior observa-se que existem atividades que quando não verificadas causam descontinuidades nos processos de produção. Busca-se identificá-las e incorporá-las dentro dos processos, ou seja, nos serviços de construção.

Inicialmente, o problema remete a uma fase anterior que é definir e identificar quais são essas atividades que interrompem o fluxo do trabalho, categorizá-las, para então investigar suas conseqüências para a edificação. Este passa pelo uso de fluxogramas, para inserção destas nos processos de construção.

A princípio essas atividades serão denominadas facilitadoras, que são definidas como *aquelas que quando colocadas no sistema de produção impedem ou minimizam as paradas, ou seja, as interrupções ao longo do processo produtivo*. Elas são identificadas nos processos desenvolvidos em canteiro. Utilizam informações no nível operacional com o apoio do gerenciamento no tático.

Nesta tese trabalha-se com níveis de planejamento verticais relacionados à tomada de decisão, ou seja, ao planejamento estratégico, tático e operacional. Muitos pesquisadores,

porém, adotam a divisão do planejamento em níveis hierárquicos que consideram o horizonte de tempo. Neste caso, eles trabalham com o planejamento de longo, médio e curto prazo.

A tese trabalha com o planejamento tático e o operacional, por estarem diretamente relacionados às pessoas que tomam as decisões. Ela faz associação apenas do curto prazo com o operacional, por haver coincidência de atividades entre estes, para os demais é necessário um estudo mais aprofundado.

As atividades facilitadoras formam o pilar do trabalho e apresentam duas formas de ação, atividades antecipáveis e de remoção de restrições. Este último termo já é trabalhado pelos pesquisadores da área. Ao longo da tese será apresentada uma definição mais apropriada do primeiro.

A remoção de restrição trata de eliminar um impedimento físico para a execução de determinada atividade. Inicialmente, define-se atividades antecipáveis como aquelas que facilitam a continuidade do fluxo.

Uma outra lacuna do conhecimento é o fato da literatura apresentar ferramentas para resolver problemas de melhoria em obras no nível tático e no operacional, porém, não se observam mecanismos que promovam a troca de informações entre estes níveis hierárquicos. Como a pesquisa utiliza informações da interface planejamento tático/operacional para o conhecimento do processo de produção, pretende-se desenvolver no modelo essa interligação. Isto será feito através da identificação de atividades que facilitam os processos e sua segmentação em níveis que podem ser interpretados como os níveis hierárquicos de planejamento.

Koskela (1992, 1993, 1996 e 2000) afirma que a causa de interrupções nos processos está no fluxo de informações. Neste contexto, acredita-se que o problema na identificação antecipada das atividades facilitadoras da produção não está no transporte, na espera ou na movimentação dos recursos de construção, mas sim na informação que interliga essas atividades e que pode ser visualizada através da rede de precedência para a execução, bem como no momento de disponibilização de seus recursos.

Essas atividades, depois de identificadas, serão representadas de forma gráfica, com fluxogramas, por meio da segmentação dos processos praticados em obra em suas diversas atividades. Neste ponto inclui-se o momento em que elas devem ser englobadas no

planejamento operacional e quais as decisões que devem ser realizadas no nível tático, para que a programação tenha êxito.

Tem-se como avanço do conhecimento na área de planejamento e programação de obra a incorporação nela de atividades que colaborem para estabilização do fluxo de trabalho em canteiro. Isto é realizado através da identificação destas no dia a dia de obra, sua associação com os problemas e dos problemas que causam no andamento do empreendimento. Prepara-se o caminho para a confecção de livros orçamentários como os da TCPO, com a incorporação de redes operacionais, a exemplo do que ocorre na Holanda (Standard times, 1984) e a padronização dos processos em Sistemas da Qualidade, de forma mais rica do que a apresentada atualmente nos manuais técnicos.

## ***1.2. Justificativa***

A idéia para este projeto de pesquisa surgiu a partir da necessidade levantada durante o trabalho de mestrado desta pesquisadora, o qual analisou tipologias de laje, com segmentação do processo construtivo em suas atividades constituintes para identificação de possibilidades de melhorias (SANTOS, 2000). Com esta segmentação, na forma de mapeamento, observou-se que ações da gerência poderiam ser antecipadas para colaborar com a continuidade da programação. Entendeu-se então que existiam atividades determinantes do processo, que evitavam suas paradas. Estas foram denominadas na tese de atividades facilitadoras.

A proposta é o desenvolvimento de um modelo que possibilite que pesquisadores e profissionais da gerência de obra possam identificar tais atividades na execução dos processos de construção e incluí-las em fluxogramas, para documentar sua ocorrência e reagir a tal situação para a continuidade do fluxo do trabalho. Com esta atitude pode-se realizar correções adequadas nos processos. Isto provoca a elevação nos índices de desempenho do processo, como aumento de produtividade, Porcentagem do Planejamento Concluído (PPC), bem como a redução no número de paradas para a conclusão do produto.

Esse trabalho faz parte dos temas desenvolvidos no grupo de pesquisa Gerenciamento na Construção (GECON) desta universidade. Trata da continuidade da pesquisa de Machado (2003), que iniciou o estudo de antecipação de atividades.

Ao investigar a literatura observa-se que o uso de antecipação de atividades já acontecia no pré-planejamento, conforme Oglesby, Parker e Howell (1989). Segundo os autores, este se justifica porque ele fornece detalhes que minimizam a interrupção do trabalho, nos atrasos e na postergação de tarefas. Isto resulta em elevação do custo do empreendimento, além do plano trazer vantagens para todos os envolvidos por fornecer idéias e permitir mudanças de comportamento, para um trabalho mais efetivo e criativo (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989). Como ferramentas para tornar o pré-planejamento mais efetivo, os autores citam programação, diagramas de processos ou de tarefas, modelos físicos (protótipos) e modelos físicos baseados em computador.

### ***1.3. Questão de pesquisa***

As questões centrais da pesquisa são: Como incorporar atividades nos processos de produção que contribuam para a continuidade do fluxo do trabalho? Quais são essas atividades facilitadoras? e Onde elas devem ser inseridas de forma a alimentar o planejamento da construção?

### ***1.4. Pressuposto***

A continuidade no fluxo de trabalho é obtida com a identificação antecipada de atividades e a remoção de restrições quando essas são incorporadas na programação da obra, seja esta formal ou não.



## ***1.5. Objetivos***

### **1.5.1. Objetivo Geral**

Desenvolver um modelo para identificar e incorporar atividades que facilitem a continuidade dos processos de produção. Ele deverá indicar em que momento devem ser inseridas, para impedir ou minimizar interrupções nos processos.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- Definir quem são as atividades facilitadoras, se as de restrição ou de outra natureza. Neste último caso, criar termos e definições apropriados, bem como mostrar a diferença entre elas.
- Propor redes operacionais dos processos de produção e incluir nelas as atividades facilitadoras em seus locais de ocorrência.
- Definir categorias de atividades facilitadoras, para inserir nas redes operacionais em seus locais de ocorrência e determinar sua relação com os níveis hierárquicos.

## ***1.6. Limitações da pesquisa***

A pesquisa tem como limitações:

- Investigar unicamente construções na forma de edifícios residenciais.
- Pesquisar atividades facilitadoras baseadas na tecnologia convencional, eventualmente faz-se comparações com processos construtivos pré-fabricados ou industrializados.

- Envolver, quando da elaboração dos fluxogramas, somente o processo de transformação. Não são consideradas as entradas na forma de fornecedores e as saídas como produtos acabados.
- Procurar atividades facilitadoras originárias de paradas na execução dos processos, que provocam descontinuidades no fluxo de produção. A investigação baseia-se somente nas causas para não cumprimento de planos durante a construção. Isto acontece na tese porque a interrupção dos processos pode ser associada ainda à baixa produtividade, ao desperdício de recursos e à má qualidade.
- Investigar áreas de conhecimento como Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Construção Enxuta, Análise de Restrições, Construtibilidade e Gerenciamento da Construção e não outras áreas como Tecnologia da Informação, Projeto de processo de produção, auto definição da organização do trabalho por parte da mão-de-obra.
- Não utilizar dados de produção como duração das atividades, ritmo de trabalho, tamanho e número de equipes de operários.

### ***1.7. Procedimento metodológico e organização da pesquisa***

A estrutura da tese segue a adotada no processo de produção, ou seja, ela tem como dado de entrada o capítulo de introdução, com os recursos na forma de questões e objetivos. Quanto ao cerne da tese, seu processamento, este é composto por uma metodologia dividida em dois momentos. O primeiro momento compreende a revisão da literatura e os estudos de campo, onde se fez o levantamento de dados através da investigação de exemplos de interrupção de atividades. Após a elaboração de banco de dados originário deste levantamento e a aplicação de ferramentas gerenciais, elaborou-se, para o segundo momento de pesquisa, o modelo conceitual e este foi aplicado em estudos de caso múltiplos. Por fim, como dado de saída da tese tem-se as considerações técnicas e as conclusões desta aplicação.

As atividades que causam interrupções nos processos produtivos foram levantadas a partir da revisão da literatura, nas áreas de conhecimento sobre Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Construção Enxuta, Análise de Restrições, Construtibilidade e Gerenciamento da Construção, bem como em pesquisas de campo com a geração de mapas do

processo e identificação de causas básicas para as paradas. Isto levou a classificação destas em categorias a serem utilizadas quando da identificação e incorporação das atividades nas redes de processos de produção.

Na busca por interrupções de atividades em outras áreas constata-se que mesmo quando os objetivos dos autores são diferentes do da tese, estes esbarravam nas interrupções, que mostrou ser um impedimento para que os autores atinjam suas metas.

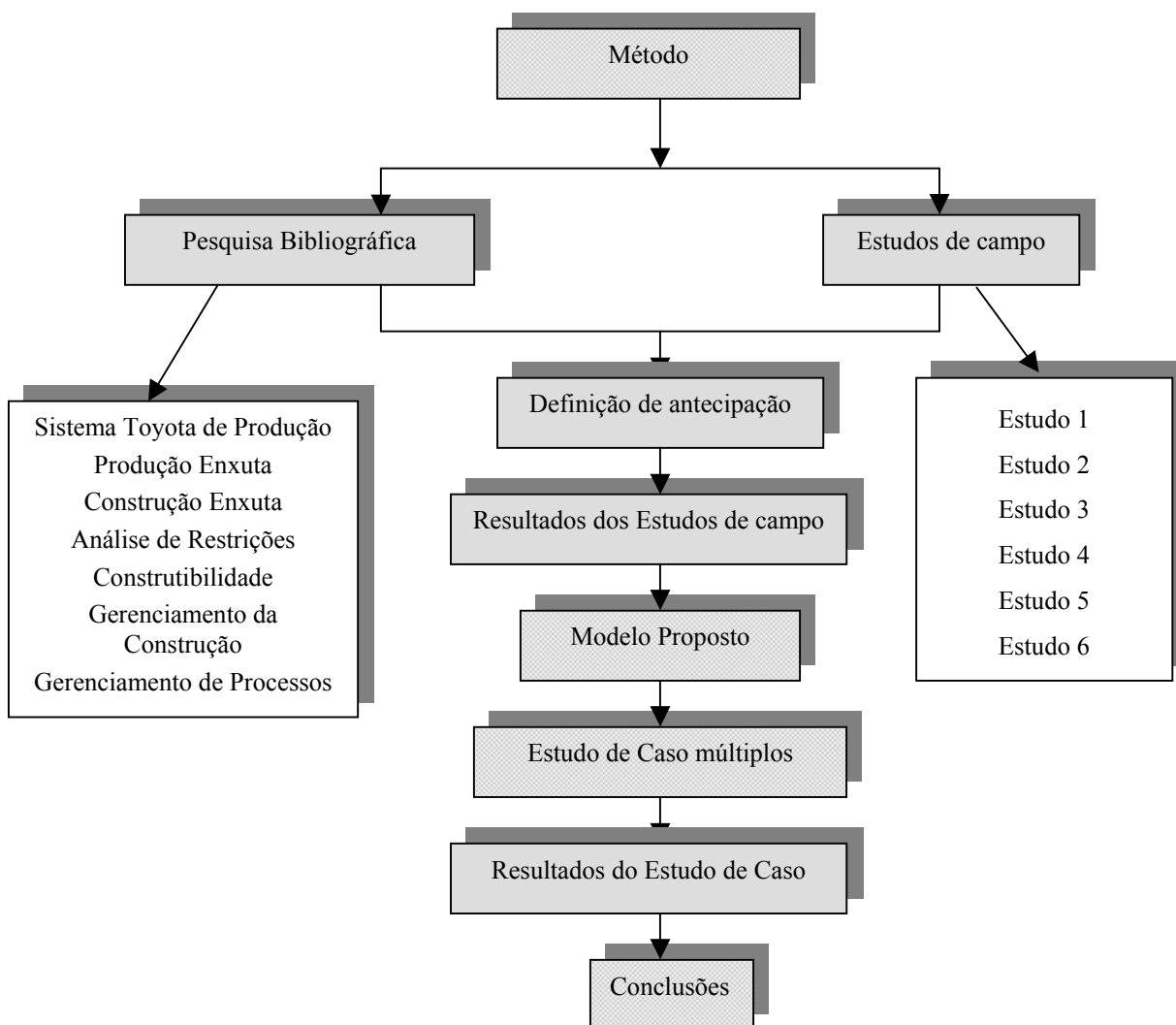
O procedimento de pesquisa é composto de duas fases. A primeira fase é formada pela revisão da literatura e pela pesquisa de campo, para a identificação e definição do termo atividades facilitadoras. Nesta fase inicial procurou-se exemplos de interrupções no fluxo do trabalho apresentados pela literatura em canteiros de obra. A segunda fase é composta pelo modelo e por sua aplicação em estudo de caso.

Ainda com relação à primeira fase, aplicou-se o mesmo procedimento para as pesquisas de campo. Os estudos utilizaram ferramentas como listas de verificações e mapeamento do processo, as quais buscaram a evidência dessas atividades em campo, assim como suas principais conseqüências.

A Ilustração 1.1 mostra o fluxograma do processo de apresentação da tese. Nele, a pesquisa bibliográfica engloba as áreas do conhecimento citadas, bem como o Gerenciamento de Processos para a elaboração das redes operacionais. Por sua vez, a literatura referente à Programação de Obra insere-se na pesquisa como o substrato no qual as atividades facilitadoras serão inseridas.

Para criar um modelo para identificar atividades facilitadoras na gestão de processos de produção em edificações foi necessário inicialmente definir e classificar estas atividades. Isto ocorreu através de levantamentos, observações e entrevistas com engenheiros de obra.

Essa tarefa resultou na determinação de quais são e quem são as variáveis do modelo. Assim, a estratégia de levantamento de dados favorecerá a estratégia de estudo de caso, usada para validar o modelo proposto.



**Ilustração 1.1:** Fluxograma de apresentação da tese.

Deste modo, a pesquisa é dividida em fases, conforme apresentado na Ilustração 1.1 e detalhado na Ilustração 1.2.

Nos estudos de campo desenvolveu-se o método de pesquisa, para que os instrumentos utilizados fossem testados antes da fase de Estudo de Caso. Desta forma, esta pesquisa foi dividida em seis casos exploratórios. O estudo final trata-se de casos múltiplos, uma vez que se objetiva aplicar o modelo elaborado.

		FASES	
Estratégia de pesquisa	Levantamento exploratório	Estudo de caso explanatório	
	1º MOMENTO	2º MOMENTO	
	1ª etapa	1ª etapa	2ª etapa
Fontes de evidências	Revisão da literatura Estudos piloto (observação direta, entrevistas não estruturadas, registros fotográficos e consulta a documentos)	Entrevistas com engenheiros de obra e visitas de campo	Estudos de caso (observação direta, entrevistas não estruturadas, registros fotográficos, consulta a documentos e aplicação do modelo)

**Ilustração 1.2:** Fases e estratégias da pesquisa.

Os estudos preliminares permitiram a separação das atividades em categorias, nível hierárquico de atuação e partes da obra onde atuam, com o objetivo de relacioná-las com a continuidade do fluxo do trabalho. Na primeira fase, o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta que será adotada para auxiliar a distribuição dos motivos para o não cumprimento de planos de trabalho, dentro das categorias propostas.

Ainda, na primeira fase adotou-se uma estratégia de pesquisa do tipo levantamento, que responde questões na forma de quem, quais, o que, onde, quantos ou quanto; na segunda, um estudo de caso, que responde questão do tipo como e por quê. Em ambas não existe controle sobre eventos comportamentais e existe foco em acontecimentos contemporâneos. Neste caso, a estratégia de levantamento exploratório, com questão do tipo qual, foi utilizada para favorecer uma estratégia de estudo de caso explanatório, com questão do tipo como.

A segunda fase do estudo corresponde à elaboração do modelo proposto para a identificação e incorporação de atividades facilitadoras nos processos de produção. Esta fase compreende ainda a aplicação do modelo em Estudo de Caso múltiplos, no qual se fará uso do mapeamento de processos. Esta atitude permite que os próprios gerentes de obra insiram nas redes as atividades facilitadoras que julgarem necessárias, segundo o momento de execução.

### ***1.8. Descrição da Pesquisa***

A pesquisa desenvolvida é do tipo qualitativa e descritiva, na qual o ambiente analisado pode possuir descontinuidade, além de apresentar imprevistos e riscos (SOARES e outros, 2001). Ela é do tipo descritiva, uma vez que se preocupa em estabelecer a relação entre conceitos e teorias gerenciais.

Quanto à pesquisa qualitativa, ela será adotada para auxiliar na busca por atividades facilitadoras e na formulação de cenários em que essas estão inseridas, bem como na análise e resolução de problemas, em qualquer dos níveis do planejamento (SOARES e outros, 2001).

Ainda, a pesquisa é do tipo explicativa, em sua fase inicial. Isto acontece porque ela se preocupa em identificar os fatores, no caso o não cumprimento de planos no fluxo do trabalho, que determinam a comprovação de um fenômeno.

Desta forma, a pesquisa aproxima o conhecimento da realidade, por exemplificar a razão dos fatos. No caso é uma continuação da pesquisa descritiva (GIL, 1996). Assim, definem-se e aplicam-se os instrumentos de trabalho em estudos exploratórios antes da aplicação do modelo proposto.

A pesquisa exploratória é adotada uma vez que ela tem como objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, para formular problemas mais precisos (GIL, 1999).

A pesquisa é embasada em estudos de campo. Estes, segundo Meredith (1998) e Yin (2001), usam métodos e ferramentas múltiplos para a coleta de dados de um número de entidades a serem observadas. Consideram-se os aspectos contextuais e temporais dos fenômenos que agem sobre o estudo, mas sem um controle experimental ou de manipulação.

Neste contexto, o universo da pesquisa compreende os canteiros de obra de construções residenciais de múltiplos pavimentos. Os estudos, por sua vez, correspondem edificações que estão envolvidas na certificação para padrões elevados de qualidade, trabalham com tecnologias racionalizadas e, ainda, fazem uso de inovações tecnológicas, para a melhoria de seus processos de produção, quer apresentem programação formal ou não. Supõe-se que nessas situações exista um ambiente propício à identificação das atividades facilitadoras. Além disso, os processos pesquisados têm um amplo horizonte, vão da cravação de estacas aos acabamentos internos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Introdução

A pesquisa utiliza instrumentos gerenciais da engenharia de produção, transpostos para a construção civil, sub-setor edificações, bem como aqueles adotados na construção civil, para identificar os problemas de interrupções na execução de processos em canteiro de obra.

Para atender tal propósito, neste capítulo revisa-se a literatura nacional e internacional em busca de indícios de que as atividades facilitadoras existem, são de ordem diversa e quando identificadas fornecem idéias para a resolução dos problemas atuais no processo de produção.

Um exemplo de ordem geral, desse tipo de atividade, foi apresentado por Howell e outros (2002). Nele uma pessoa está voltando no fim da tarde para casa, mas é avisada pelo noticiário do rádio que as condições climáticas não são adequadas. Desta forma, o indivíduo protege-se, ao antecipar o estado de alerta para os cuidados necessários em se dirigir sob tais condições, devido ao aumento do risco de acidente.

Assim, este capítulo trata de teorias e/ou conceitos do gerenciamento da produção. Estes apresentam exemplos para o problema proposto, para formular um modelo que interligue os processos produtivos, o planejamento<sup>3</sup> tático com o operacional<sup>4</sup>, bem como as estratégias, os recursos de produção e o projeto, com as atividades que se procura, que são as atividades-mãe da qual as antecipações fazem parte.

Quanto ao nível de planejamento pesquisado, este envolve a equipe técnica atuante no canteiro, ou seja, os mestres de obra, os engenheiros de campo ou, ainda, os técnicos em edificações.

Com relação às diferenças entre a construção civil (foco nos operários) e a manufatura (foco no produto), conforme Garnett, Jones e Murray (1998), a segunda apresenta processos de produção que existem por si só (necessários à materialização de um produto) como, por

---

<sup>3</sup> Segundo Laufer e Tucker (1987), o planejamento é considerado um processo de tomada de decisão e é realizado para antecipar uma ação futura desejada. Utiliza-se para isso meios eficazes para concretizá-la. Consideram-se como variáveis críticas do planejamento: durações, equipes, recursos e folgas.

<sup>4</sup> O primeiro trata das metas de produção e o segundo das operações ou ordens de processo.

exemplo, cortar, furar e dobrar uma peça. Por sua vez, na primeira os processos de operações são definidos como os necessários para que as equipes de construção tenham continuidade na execução de um produto.

Oglesby, Parker e Howell (1989) citam outras diferenças da construção comparada com as demais formas de produção: os projetos são únicos e de curta duração; as estações de trabalho estão em canteiro não permanentes; o trabalho é realizado em ambiente externo sujeito a intempéries; os *layouts* internos e caminhos de acesso são provisórios, o que resulta em condições inseguras; trabalho com componentes difíceis de serem manuseados; o proprietário está profundamente envolvido no processo ao contrário da manufatura; como também a organização não é estática, mas reconstruída várias vezes com diferentes projetos e projetistas.

Logo, conforme os autores, existe pouca repetição e poucas mudanças para a aprendizagem de erros. A indústria considera a produtividade, segurança<sup>5</sup>, programação e qualidade como objetivos diferentes. Desta forma, ela delega responsabilidade a diferentes pessoas da organização. Assim, todos os intervenientes têm objetivos diversos, os quais afetam sua visão do que é realmente importante quanto a seus efeitos individuais e para a organização.

Melles e Wamelink (1993), citados por Alves (2000), apresentam ainda: início do empreendimento com baixo grau de conclusão do projeto<sup>6</sup>, mudanças nas especificações de projeto durante a fase de construção, solicitações de mudanças nas fases de acabamento da edificação por parte dos clientes, bem como variabilidade decorrente do fornecimento de materiais e mão-de-obra por parte dos fornecedores.

Além disso, a indústria da construção encontra-se em desvantagem quando comparada à manufatura, por possuir poucos métodos registrados e poucos dados de produtividade, bem como pelo fato de nem sempre o processo formal de controle da qualidade pode ser usado. Esses métodos, porém, devem ser desenvolvidos como pré-requisito da transformação enxuta (PICCHI, 2000).

---

<sup>5</sup> A segurança pode ser definida como a adoção de atitudes e a provisão de recursos dentro de uma organização, para eliminar os riscos envolvidos em qualquer atividade necessária ao seu desenvolvimento (JANNADI e ALMISHARI, 2003).

<sup>6</sup> Devido a problemas técnicos ou de inconsistências nas soluções adotadas.



Tais situações geram incertezas e estão ligadas a características operacionais, como:

- Não discussão do planejamento antes de iniciar o empreendimento (erros na interface projeto/execução);
- Especificações técnicas falhas, que não consideram melhorias no processo;
- Orçamento, que não representa a cultura da empresa;
- Operações de construção em canteiros, que apresentam incertezas com relação às condições ambientais; e
- Pouca parceria entre empresa e fornecedores diretos.

Howell e Ballard (1996) “sugerem que os gerentes devem antecipar-se ao que será executado e acompanharem como está o andamento do fluxo de materiais, desenhos, especificações, equipamentos e mão-de-obra, como uma forma de garantir a disponibilidade desses recursos, para a realização das tarefas planejadas no decorrer do tempo”.

Esses fatores, quando solucionados, direcionam a empresa para a programação e o planejamento das seqüências de trabalho, de forma contínua entre os processos de construção (CORRÊA e SLACK, 1994; BALLARD, 1997; CONTE, 1998; KALE e ARDITI, 2001).

Para melhorar os processos de produção desenvolveram-se filosofias como *Just-in-Time* (JIT), Controle da Qualidade Total (TQM) e Teoria das Restrições (TOC), atualmente aplicadas à construção civil. Um alerta quanto a essas filosofias é feito por Slack (1993). Este autor afirma que elas deveriam ser vistas “não como panacéias, mas apenas como o que são: formas interessantes e estimulantes de enxergar as questões operacionais, que podem dar novos contornos ao modo de visualizar a operação”.

A importância do controle do processo de produção, para o gerenciamento da construção reside em identificar os problemas gerenciais de fluxo, os quais geram atrasos bem como má utilização dos recursos e das informações, assim como ocorre na manufatura. O controle, segundo Woodgate (1991), é operação de apoio para toda a organização no atendimento ao processo executivo. Isto acontece porque os departamentos de controle de qualidade, compras, contabilidade, armazenamento, *marketing* e manutenção trabalham para que o processo de produção resulte em um produto eficiente.

Deste modo, o processo deve ser registrado para maior conhecimento. Isto possibilita que esteja disponível para outras pessoas, para que sejam identificadas falhas<sup>7</sup> e alternativas de produção.

Neste contexto, de acordo com Gonçalves (2000b), as empresas organizam-se por processos para terem maior eficiência na obtenção do seu produto/serviço, melhor adaptação à mudança, melhor integração de seus esforços e maior capacidade de aprendizado.

É necessário destacar dentro do processo de produção a estruturação do trabalho (*work structuring*), sob as várias possibilidades de combinação dos componentes para sua melhoria em termos de tempo, custos e resolução de problemas (BALLARD, 1999b). Esta estrutura é definida como a reunião de tarefas. Estas envolvem equipe de produção, projeto, suprimento e montagem dos componentes, ou seja, todos os intervenientes no fluxo do processo. Em exemplo da literatura internacional para a construção, Tsao e Tommelein (2002) apresentam a estrutura do trabalho através do planejamento e execução de portas metálicas em paredes pré-fabricadas de presídios.

Observa-se que as principais melhorias estão associadas aos processos e não às operações, uma vez que com os primeiros alcançam-se as principais metas de produção (SHINGO, 1996a). Neste ponto reside a importância de se desenvolver um modelo que atue nos processos de produção para a continuidade dos fluxos de trabalho.

Quanto aos exemplos que apontem para a identificação de atividades facilitadoras, Woodgate (1991) compara o processo de manufatura com uma receita de bolo, no qual os ingredientes são os materiais, as ferramentas, os equipamentos e os métodos utilizados. O processo propriamente dito são os passos de preparação, cozimento e armazenagem do bolo. Neste caso, a qualidade é garantida pela qualidade dos ingredientes e sua correta aplicação. A antecipação está em aquecer o forno previamente, para que o tempo de cozimento do bolo não fique comprometido. Também pode ser o fato de se precaver da falta de gás ou de um dos ingredientes, uma vez que esses seriam eventos aleatórios.

Outro trabalho internacional que apresenta exemplos é o de Pheng e Hui (1999). Neste os autores mostram a interrupção do fluxo de trabalho, na construção de três blocos residenciais devido à existência de somente uma entrada de acesso à obra.

---

<sup>7</sup> Conforme Yates e Lockley (2002), as falhas podem ser ausência de informações, da gerência, deficiências no projeto, na construção, materiais e manutenção. Tudo isto compromete a segurança e leva a interrupções.

Segundo Koskela, Lahdenperä e Tanhuanpää (1996), a interrupção no fluxo de trabalho é qualquer desvio do que foi planejado ou assumido como certo para um evento, que leve a adição de tempo ou dinheiro para a sua conclusão. Deste modo, ela não causa somente atrasos no trabalho desempenhado, como também aumenta o intervalo de tempo entre as tarefas subseqüentes.

Assim, a tese discorrerá sobre os enfoques da literatura que despertam, por meio de exemplos, para o problema de interrupções no fluxo do trabalho e para a necessidade de identificar atividades que levem a um fluxo contínuo nos canteiros de obra.

## ***2.2. Aspectos Teóricos***

Dentre as teorias gerenciais modernas, pesquisou-se para solucionar o problema proposto as áreas de conhecimento Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Construção Enxuta, Análise de Restrições, Construtibilidade e Gerenciamento da Construção. Esta última área aborda aspectos relativos à programação de obra, gerenciamento de risco e práticas de produção nos canteiros de obra.

Desta forma, elas foram investigadas em busca de conceitos e ferramentas para a construção da teoria da tese. Neste caso, procurou-se também informações que contribuíssem para a definição do termo atividades facilitadoras e por exemplos destas apresentados nos trabalhos acadêmicos, na forma de observações indiretas desse fenômeno. Assim, procede-se a revisão da literatura nacional e internacional nestas áreas. Para que o texto fique mais enxuto, ao final do capítulo é apresentado um resumo destes exemplos, que são detalhados no Anexo A.

Concordando com Souto (2000), o Sistema Toyota de Produção (STP)<sup>8</sup> é o referencial teórico em que se baseiam a Produção Enxuta (Womack e outros, 1992) e a Construção Enxuta (Koskela, 1992, 2000). Verifica-se que o STP é o mais completo deste conjunto de teorias. Por isto, a pesquisa inicia-se pelo estudo de como Ohno elevou a produção da indústria automotiva japonesa no final da Segunda Guerra Mundial.

---

<sup>8</sup> Criado por Shingo (1996a, 1996b) e Ohno (1997) e respaldado por Womack e outros (1992), Guinato (1996), Antunes Jr. (1998) e Koskela (1992, 2000).

As demais áreas pesquisadas Construção Enxuta, Construtibilidade e Gerenciamento da Construção, pertencem ao campo da indústria da construção. Por sua vez, a Produção Enxuta é derivada do STP e a Análise de Restrições trata da indústria em geral. Neste caso, investigou-se trabalhos da engenharia de produção, para entendimento de conceitos, e pesquisou-se sua aplicação na construção civil.

Poderia-se dizer então que o trabalho tem base (pilares) em duas escolas: a engenharia de produção, que apresenta o STP e a teoria de restrições, e a engenharia civil, a antecipação.

Destaca-se que STP, Produção Enxuta (PE) e Teoria das Restrições (TOC) originaram-se na fábrica e foram posteriormente elaboradas na forma de teorias, ou seja, vieram do setor produtivo para o acadêmico e a partir de então se difundiram pelas indústrias mundiais.

Ao examinar a tese de Antunes Jr. (1998) percebe-se que as teorias gerenciais estudadas, da administração e engenharia de produção, baseiam-se no paradigma de processos. Este autor estuda a criação de uma teoria conjunta que une o TOC com o sistema de produção japonês, ao que ele denomina Teoria do Processo. Para isto, ele investigou se as duas teorias têm uma base comum em termos de método de trabalho, princípios e conceitos. Considerou ainda os pontos de divergências, convergências e em que se completam, uma vez que as linhas de raciocínio são similares, embora Shingo (1996a,b) e Ohno (1997) (precursores do STP) preocupou-se com melhorias de ordem tática e Goldratt (1991) (criador da TOC), estratégicas.

Segundo Antunes Jr. (1998), o novo paradigma, que veio confrontar o Taylorista/Fordista, é o das melhorias fortemente centradas nos Processos. Entre as teorias de produção que legitimam este paradigma, tem-se o Sistema Toyota de Produção; a Teoria das Restrições de Goldratt; as várias propostas de qualidade na gestão originadas a partir de Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum e Ishikawa; a Reengenharia de Negócios e de Processos; e do ponto-de-vista da Teoria de Custos, a Filosofia do Custeio Variável.

De acordo com Antunes Jr. (1998), STP e TOC têm vários pontos em comum, a começar pelo princípio dominante em cada, que é o de um processo de melhoramento contínuo.

### **2.2.1. Sistema Toyota de Produção**

O STP foi estudado por diversos autores e é considerado o marco na mudança de paradigma da produção em massa para a produção enxuta (HOPP e SPEARMAN, 1996; ANTUNES JR., 1998 e KOSKELA, 2000). Para Womack e outros (1992), criadores da Produção Enxuta, o que se destaca no STP é o fato dos japoneses terem estudado o modo de produção norte-americano e o aperfeiçoado, de forma a desenvolver uma maneira nova de produzir, com melhoria contínua e de acordo com a cultura local.

O Sistema Toyota de Produção combina as vantagens da produção artesanal com a produção em massa. Esta última tem como ponto chave não a montagem em movimento contínuo, mas a completa intercambialidade entre peças e sua facilidade de ajuste. A produção em massa orientou as indústrias na Europa e América do Norte por mais de meio século. Ela surgiu logo após a Primeira Guerra Mundial. Organizava a produção dentro da fábrica, mas não tinha qualquer relação com a administração da empresa.

É interessante observar que o marco de mudanças de paradigmas no setor produtivo está relacionado com acontecimentos históricos mundiais, como as Grandes Guerras Mundiais, e a um mesmo segmento, setor automobilístico. Deste modo, a passagem da produção artesanal para a produção em massa deu-se logo após a Primeira Guerra Mundial. Neste momento, a produção de carros deixou de ser artesanal, exclusiva para as classes sociais elevadas, e passou a construir modelos padronizados, com uma produção que atendia aos anseios da classe média. O mesmo ocorreu com a passagem da produção em massa para a enxuta, após a Segunda Guerra Mundial, no qual os japoneses produziam automóveis com qualidade, redução de custos e na quantidade exigida pelo mercado. Isto contribuiu para que cada vez mais pessoas tivessem acesso a este bem.

O STP possibilitou a disseminação de técnicas gerenciais aplicadas nas indústrias japonesas e estendidas aos países ocidentais a partir de 1980. Esta disseminação colaborou para desenvolver e implementar sistemas de medição nas empresas, para a melhoria contínua do processo.

Nessa realidade, o STP originou-se na Toyota Motor Company, a partir de 1945, quando se iniciou a aplicação de ferramentas gerenciais para elevar a produção da indústria automotiva japonesa, como estratégia de recuperação após a Segunda Guerra Mundial,

conforme os trabalhos de Guinato (1996), Shingo (1996a, 1996b) e Ohno (1997). Desenvolveu-se pela necessidade de produzir pequenas quantidades de numerosos modelos. Ohno estudou os sistemas de produção norte-americanos, adaptou seus conceitos para a realidade japonesa da época, que se caracterizava pela escassez de recursos (materiais, humanos e de espaço físico), e aplicou novas abordagens para a produção industrial. Isto acabou consolidando, na prática, o chamado Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997).

Ohno (1997) define o sistema como a completa eliminação de perdas e afirma que seus pilares de sustentação são o *Just in Time* (JIT) e a Autonomiação<sup>9</sup> (JIDOKA). O modelo japonês não se contrapõe ao princípio da produção em massa, mas à necessidade de produzir grandes lotes (GUINATO, 1996). Nesse contexto, Ohno afirma ainda que o trabalho pode ser dividido no que adiciona valor e no que não adiciona valor ao produto.

Esse princípio de perdas foi criado por Ohno como um desafio de Kiichiro Toyota em 1945, a partir de estudos do modo de produção dos Estados Unidos. É um retorno às idéias de Taylor e Gilbreth's sobre tempos e movimentos (GUINATO, 1996).

Conforme Guinato (1996), o gerenciamento é desdobrado em três funções, planejamento, controle (e execução) e monitoramento. Nesse contexto, Shingo preocupa-se com a relação entre estas partes, ao destacar a atividade de preparação de manuais de processos e de padrões operacionais. Ele considera instrução e treinamento como função controle/execução.

Segundo o autor, os defeitos na produção acontecem na fase de execução e controle, independente de quão consistente e perfeito tenha sido o planejamento. Assim, a rede de processos e operações é totalmente especificada durante a fase de planejamento, mas é função do controle assegurar a execução dos elementos componentes desta rede de acordo com as especificações. Desta forma, as relações de gerenciamento avançam além do nível de manutenção desta rede, que constitui a estrutura produtiva.

Ainda conforme Guinato (1996), a função de monitoramento deve ser capaz de identificar a ocorrência de deficiências e de atestar a eficácia das funções controle e execução, para retro-alimentar o processo com informações para ações corretivas imediatas. Essa ação

---

<sup>9</sup> A autonomiação consiste em facultar à máquina ou ao operador interromper a produção sempre que algo anormal seja detectado ou quando a quantidade planejada tenha sido atingida. Foi inspirada nos mecanismos de parada automática, instalados em teares inventados por Sakichi Toyoda. É conhecida como JIDOKA (GUINATO, 1996).

atua na causa fundamental da falha e suas oportunidades de melhorias. Deste modo, procura-se identificar as falhas nos processos com a aplicação do modelo proposto.

### **2.2.2. Produção Enxuta**

Preocupações com a produção em massa no ocidente e seu desempenho, acompanhadas da conquista de mercado internacional pela indústria automotiva japonesa, principalmente através da Toyota Motor Company e seu sistema de produção, despertaram o interesse e a inquietação da indústria e de pesquisadores para entender e conhecer como esse novo sistema funcionava. Os estudos foram realizados na década de 1980. Assim, a mudança de paradigma do setor industrial ocidental, da produção em massa para a produção enxuta, foi iniciada com um estudo desenvolvido sobre o STP e como implementá-lo na indústria de dimensão internacional, em termos de investimento, incentivo, pesquisa e visitas a fábricas, durante cinco anos. Tal fato culminou na elaboração do livro “A máquina que mudou o mundo” de Womack e outros (1992), que deu origem a Produção Enxuta.

Segundo Womack e outros (1992), os estudos sobre o STP iniciaram em um momento no qual os pesquisadores estavam pessimistas sobre a indústria automobilística e a economia mundial, ou seja, as empresas norte-americanas e européias dependiam das técnicas do sistema de produção em massa, pois não eram mais competitivas frente às empresas japonesas. Neste contexto foi criado um programa de interação entre Indústria/Governo/Universidade. Este se propunha a investigar a indústria automotiva mundial, em busca de práticas produtivas que se destacassem tanto em lucratividade como em eficácia. Assim, o estudo iniciou na década de 1980 com ênfase nas fábricas japonesas.

Nos estudos de Womack e outros (1992), os autores e pesquisadores afirmam que, para esta transposição de conceitos e ferramentas, eles não consideraram as características particulares da sociedade japonesa, como trabalho em equipe, grau elevado de escolaridade dos funcionários e emprego vitalício, por exemplo.

A partir deste estudo o STP tem sido investigado através de seus criadores, equipe da Toyota Motor Company, principalmente nas pessoas de Ohno e Shingo, e de aplicações do sistema em indústrias ocidentais e orientais.

A Produção Enxuta, segundo Womack e outros (1992), baseia-se em cinco conceitos:

- Valor - consiste na definição do que o cliente quer no tempo, custo e necessidade específicos;
- Cadeia de Valor - são todas as ações necessárias para se levar um produto/serviço específico ao cliente final;
- Fluxo - reflete a preocupação dos gerentes em fazer os produtos/serviços fluírem, evitando a formação de estoque e esperas;
- Produção Puxada - refere-se à necessidade de produzir apenas o que será consumido; e
- Perfeição - refere-se a constante retroalimentação do sistema.

Conforme Souto (2000), apesar de possuir princípios e conceitos claros, existe uma aparente carência na bibliografia de técnicas que permitam a operacionalização destes elementos.

De acordo com Faniran, Oluwoye e Lenard (1997), a Produção Enxuta pode ser descrita como a maximização da eficácia do processo produtivo, enquanto que maximiza, em paralelo, sua eficiência. Esses autores aplicaram os conceitos da Produção Enxuta na construção civil, conforme a nova filosofia de produção desenvolvida por Koskela (1992, 2000), denominada Construção Enxuta.

### 2.2.3. Construção Enxuta

Construção Enxuta (CE) é uma teoria<sup>10</sup> gerencial moderna. Foi desenvolvida por Koskela (1992, 2000) a partir da Produção Enxuta<sup>11</sup> (PE). Tem por objetivo a melhoria da construção civil, através da redução de atividades que não agregam valor ao produto e da introdução de melhorias no gerenciamento de obras.

---

<sup>10</sup> Koskela (2000) afirma que uma teoria é apenas o conhecimento condensado, de forma a possibilitar a comunicação de idéias, explicação e previsão de novos fenômenos, fornecimento de instrumentos para decisão e controle, como também permitir comunicação, transferência e geração de conhecimento. Ela necessita, porém, de ser implementada na prática.

<sup>11</sup> Conforme Howell (1999), a Produção Enxuta tem o objetivo de satisfazer as necessidades dos consumidores, utilizando menos de todos os fatores de produção. Ela pode ser entendida como um novo modo de concepção de empreendimentos. Envolve o chão de fábrica, a equipe de projeto e a cadeia de fornecedores.



Seu desenvolvimento pode ser observado nos trabalhos de Koskela (1992), Santos (1999), Ballard (2000), Koskela (2000), e Bernardes (2001). Nesta pesquisa pretende-se usar a partir dessa filosofia, de forma central, a melhoria contínua<sup>12</sup>, para a identificação de atividades facilitadoras do processo, e o planejamento.

Koskela (1992) afirma que os benefícios teóricos desta nova filosofia têm que ser testados na prática — em termos de produtividade (que mede a eficiência do sistema de produção), de qualidade e de outros indicadores de desempenho. Isto é realizado para facilitar a difusão de seus princípios. Os testes encontram-se na forma de visitas a fábricas e em estudos de caso, desenvolvidos pelos referidos autores.

Segundo Koskela (2000), uma das barreiras para a implementação dessa teoria é a postura dos gerentes da construção, devido às características de orientação para tarefas, que buscam soluções de curto prazo e concentram esforços na tentativa de concluir o trabalho. Isto é realizado sem observar a interferência nos demais processos em andamento. Como consequência, os gerentes em geral não dispõem do tempo necessário para pensar sobre os problemas, de uma forma mais abrangente e aprofundada. Deste modo, as soluções encontradas são aquelas possíveis para o momento e não as mais adequadas ou eficazes.

Neste contexto, a Construção Enxuta auxilia a tese ao apresentar os problemas identificados no gerenciamento da construção, quanto ao fluxo do trabalho e indícios de interrupções devidas a restrições ou a atividades que não foram antecipadas. Isto é realizado por meio de exemplos apresentados pelos pesquisadores da área.

A Construção Enxuta possibilita a identificação de atividades que causam interrupções no fluxo do trabalho. Estas interrupções ocasionam uma variabilidade que é nociva ao processo produtivo, por isto devem ser minimizadas. Nesta realidade, os fluxogramas contribuem para o seqüenciamento do processo produtivo ao fazer com que as pessoas trabalhem de forma padronizada.

Um destes exemplos é apresentado na dissertação de Alves (2000). Este se relaciona com a proteção dos processos. Nele a piscina não estava concluída quando da execução do

---

<sup>12</sup> Conforme Imai (1997) citado por Santos (1999), melhoria contínua é o aperfeiçoamento permanente da produção. Envolve todos os membros da empresa, no qual não se pode passar um dia sem que algum tipo de melhoria seja feito, em qualquer lugar. De acordo com Fesarella (1996), citado por Guerrini (1997), essa melhoria tem uma relação com a tecnologia e a organização da empresa, a qual passa por mudanças organizacionais acompanhadas com menos intensidade pela tecnologia.

piso de cobertura. Isto gerou danos ao piso do pavimento tipo por necessidade de deslocamentos de mão-de-obra e de materiais. Tal fato teve como resultado o retrabalho.

Santos e outros (1998) apresentaram, por sua vez, exemplo relacionando interrupções com o conflito espacial. Quando trabalhadores de especialidades diferentes dividem o mesmo posto de trabalho ocorrem desperdícios, falta de transparência, aumento do risco de acidentes e descontinuidade. A solução proposta é utilizar peças pré-fabricadas para minimizar a interdependência entre elementos construtivos.

O Anexo A apresenta outros exemplos, separados por área de conhecimento e categoria de atividades.

Desta forma, a exemplificação continua com o trabalho de Ballard e Howell (1998b). Neste apresentam-se restrições naturais. Elas afetam a construção de empreendimentos, como as condições de solo quando variam dentro do canteiro. Isto dificulta a caracterização do tipo de produção a ser adotada. Acrescenta-se a este o fato de diferentes cidades possuírem normas de construção próprias, o que adiciona incerteza no momento de conceber e planejar o empreendimento.

Quanto ao planejamento, a Construção Enxuta trata do médio prazo e apresenta como ferramentas o *lookahead planning* e o índice de desempenho Percentagem do Planejamento Concluído (PPC), dentro do sistema *Last Planner*® (BALLARD, 1997). Estes remetem à identificação de restrições, ao determinar que uma tarefa seja liberada na programação semanal somente após sua restrição<sup>13</sup> ter sido eliminada. Assim, Ballard, Casten e Howell (1996), Oliveira (1999) e Ballard (2000) as apresentam como motivos de falhas nos processos. Conforme os autores, na ausência de análise de restrições a tendência é tornar-se reativo ao que acontece.

No planejamento de médio prazo, segundo Ballard (1997), busca-se a redução das incertezas, para gerenciar as condições de dúvidas no fluxo de trabalho. Este é um

---

<sup>13</sup> Bernardes e Bortolazza (2004, p.13) definem restrição como “todo o tipo de atividade, informação ou elemento que quando não disponível no momento oportuno e na quantidade adequada causa algum tipo de interrupção no fluxo de trabalho no canteiro de obras”. Codinhoto e outros (2003), por sua vez, definem restrições como atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto, que se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificações corretas, impedem a definição correta dos pacotes de trabalho que lhe são relacionados. Necessitam, portanto, de um responsável e de uma data limite para removê-las, bem como de uma tarefa a ser executada e atribuída a elas.

instrumento para aprender a partir da experiência, no qual a gerência antecipa as necessidades, a médio e curto prazo, para as atividades em processo.

Koskela (1999) descreve o objetivo do sistema *Last Planner*® como a introdução de melhorias para o processo de controle da produção. Assim, destaca-se para essa pesquisa os princípios de:

- Ordenação do trabalho, para que nenhum processo inicie sem que seus pré-requisitos tenham sido concluídos; e
- Investigação das causas, para remoção das restrições.

Por fim, conforme Santos e outros (1996), na solução dos problemas de processo devem ser usados instrumentos como medição de produtividade, diagrama do processo, lista de verificação, registro de imagens, acompanhamento e fichas de produção. Esses métodos fornecem meios para a aprendizagem de novos conceitos da produção. Neste trabalho, esses métodos serão utilizados para a identificação de atividades facilitadoras dos processos de construção.

Desta forma, após revisão da literatura sobre o fluxo do processo na Construção Enxuta (exemplos no Anexo A) observou-se que os autores apresentaram exemplos de condições de solo, drenagem e condições de trabalho. Estes ocorreram na forma de restrições ao processo de produção. Por sua vez, os exemplos de seqüenciamento, conflito espacial e preparação do trabalho relacionam-se com as atividades antecipáveis.

Após destacar que tipos de exemplos de atividades facilitadores foram extraídos dessa área de conhecimento, procede-se a um resumo ao final do capítulo, juntamente com os exemplos das demais áreas. Estes serão agrupados em categorias. Isto colaborará para classificação e definição de termos a serem utilizados, quando da elaboração do modelo.

Como contribuições desta área para a construção da teoria da tese tem-se também um resumo dessa filosofia em três pontos (KOSKELA, 1992; GUINATO, 1996; SHINGO, 1996a; OHNO, 1997; HIROTA e FORMOSO, 2000):

- Abandono do conceito de processo como transformação de *inputs* em *outputs*, designados a fluxo de materiais e informações;
- Análise do processo de produção por intermédio de um sistema de dois eixos ortogonais (Processo x Operação);

- Consideração do valor agregado sob o ponto de vista do cliente interno e externo. Isto tem como consequência a reformulação do conceito de perdas. Esta passa a incluir, também, as atividades que não agregam valor ao produto, como transporte, estoque, espera, inspeção e retrabalho<sup>14</sup>.

A Construção Enxuta aborda ainda a restrição de atividades, que tem sua origem na Análise de Restrições. Esta última teoria foi desenvolvida por Goldratt (Goldratt e Cox, 1997), como forma de estabilizar a produção da indústria, e recebeu a denominação de Teoria das Restrições.

#### 2.2.4. Análise de Restrições

A Análise de Restrições é uma das áreas de conhecimento de interesse para o estudo da descontinuidade nos processos de produção. Foi desenvolvida dentro da Engenharia de Produção e apresenta atualmente aplicações na construção civil através do sistema *Last Planner*®. Esta trata de fatores que restringem o fluxo de produção nas estações de trabalho, que no caso são os locais de desenvolvimento de processos.

Quanto ao seu uso como ferramenta gerencial, ela tem por objetivo identificar os gargalos no sistema de produção, bem como os recursos a eles relacionados, para evitar o surgimento ou o deslocamento de novos gargalos<sup>15</sup>. Estes são os responsáveis pelo balanceamento do fluxo e pela capacidade requerida no sistema (GOLDRATT e COX, 1997).

Koskela, Lahdenperä e Tanhuanpää (1996) definem gargalo como capacidade deficiente, habilidade ou motivação em relação à tarefa a ser realizada. Ainda, um gargalo é aquele cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada sobre ele. Sua existência e seu controle são necessários para manter o fluxo de atendimento à demanda (Goldratt e Cox,

---

<sup>14</sup> Entende-se que o retrabalho está ligado ao tempo improdutivo não apenas por ter que refazer o produto, mas, também, pelo tempo de espera para a identificação do erro, correção em projeto, interfaces com outros processos e por fim a reconstrução (LOVE, MANDAL e LI, 1999, 2000). Poderia-se dizer, conforme Antunes Jr. (1994), que as esperas podem ser chamadas de folgas, ou seja, tempos onde os operários não estão realizando suas tarefas por estarem diante de operações irregulares, não previstas, que ocorrem de forma inesperada na produção.

<sup>15</sup> Segundo Goldratt e Cox (1997), não adianta focar só naquilo que causa a restrição ao processo, é preciso enxergar o sistema de produção para evitar que se forme nova restrição. O gargalo pode ser uma máquina, o processo, o mercado ou o sistema de liberação de materiais (SLACK e outros, 1996).

1997), através da melhoria contínua do processo de produção (Goldratt, 1991, 2003), assim como preconizam as filosofias JIT e TQM.

Conforme Santos (2001), pode-se encontrar sistemas produtivos sem gargalos, mas com recursos que têm restrição de capacidade. Isto é, em média eles têm capacidade ociosa, mas não têm capacidade suficiente para atender aos picos de demanda, o qual se torna o gargalo do sistema naquele período.

Neste contexto, a Análise de Restrições relaciona-se com esta tese uma vez que identifica os motivos para o não cumprimento do trabalho, por causar interrupções durante a execução dos processos ou por inícios tarde de tarefas.

Conforme Goldratt (1991), o problema de interrupção do processo pode ser solucionado com o uso de *buffer*, que seria um pulmão de tempo<sup>16</sup>. Este protege a produção de distúrbios desconhecidos.

Este pulmão de tempo é um espaço para garantir que o processo precedente seja concluído. Ele deve ser balanceado para evitar atrasos nas atividades seguintes. Normalmente são usados para lidar com incertezas devidas a atrasos e correções. Isto permite um fluxo contínuo de produção. Eles podem ser definidos como um estoque de tempo, capacidade, materiais ou produto em processo, que possibilita a execução das operações no canteiro de obras, caso aconteça algum problema com as que foram operações planejadas (HOPP e SPEARMAN, 1996).

Na construção civil, a Análise de Restrição é usada para o controle da produção, durante a programação e o planejamento de obra<sup>17</sup>. Destaca-se que os pesquisadores em geral não se preocupam com a identificação e exploração das restrições. Seu objetivo é controlar o processo de produção para determinar a eficácia do sistema<sup>18</sup>, pelo conhecimento do que limita a execução e para apontar os motivos de falhas na conclusão do trabalho.

---

<sup>16</sup> Segundo o autor, o pulmão protege mudanças inesperadas como quebra de ferramentas ou operário que não compareceu para trabalhar, ou ainda qualquer processo fora de controle que provoque refugos.

<sup>17</sup> Conforme Ballard (1997, 1999a, 2000), Ballard e Howell (1998a), Alves (2000), Alves e Formoso (2000a, 2000b), bem como Alves, Marchesan e Formoso (2001).

<sup>18</sup> Por sua vez, a eficiência pode ser medida pelo índice de desempenho relativo à produtividade, conforme apresentado nos trabalhos de Halligan, Demsetz e Brown (1994), Schmenner e Swink (1998), bem como Chua e Shen (2001). Estes autores destacam a importância da restrição para a determinação do índice, para elevar o nível de confiabilidade do sistema pelo gerenciamento dos recursos gargalos.

Os pesquisadores da construção ao adotarem essa teoria, preocupam-se com o caminho crítico. Neste caso, as tarefas podem ser vistas como as tarefas das máquinas de restrição, conforme trabalhos de O'Brien e Fischer (2000), bem como Chua e Shen (2001). Deste modo, se existem pré-requisitos que não foram atendidos haverá atrasos no processo. Em consequência, os autores sugerem a criação de *buffers* de proteção desse caminho crítico, para assegurar a disponibilidade adequada dos recursos e das informações.

Com relação aos processos, Santos (1999) afirma que a construção tem baixa capacidade para solucionar os problemas de fluxo, porque não se consegue enxergá-los dentro dos processos.

As restrições podem ser divididas em de processo, de empreendimento, estratégicas, temporais e espaciais (MONOSTORI e HORNYÄK, 1998). Como restrições estratégicas, Tommelein e Ballard (1997) apresentam a relação entre elementos construtivos considerados funcionais ou estruturais (alvenaria estrutural x colocação de lajes). Quanto às temporais e espaciais, Alves (2000) trata destas ao se referir à movimentação de equipes e de materiais, bem como aos deslocamentos dos fluxos físicos em canteiro. Essa autora separa as interrupções em restrições e interferências (ou problemas).

As restrições de empreendimento referem-se ao arranjo físico de canteiro e à vizinhança em que o empreendimento está localizado.

Ao tratar as restrições no nível de processo, estas estão relacionadas com as características físicas dos recursos de produção. Acrescenta-se a isto o fato dessa visão estar ligada às decisões gerenciais de seqüenciamento do trabalho. Logo, quando não devidamente trabalhadas, elas passam a ser barreiras ao bom desempenho do processo de produção. Essas restrições provocam falhas na conclusão das tarefas semanais. Necessitam da compatibilidade do processo a ser executado com o material a ser empregado.

Assim, as restrições dos processos encontram-se dentro do modelo proposto e as restrições de canteiro fazem parte do planejamento. As do processo relacionam-se com a pesquisa ao identificar restrições ligadas diretamente ao seu desenvolvimento, o que causa implicações no nível operacional. As de canteiro, por sua vez, trazem implicações para os processos e devem ser solucionadas pela média gerência, no planejamento tático.

Segundo Bernardes (2001), o processo de análise de restrições possibilita o aumento da continuidade das operações no canteiro e a conseqüente melhoria de eficácia do

planejamento, mas os responsáveis pelo processo devem conhecer o desempenho real do sistema e identificar as causas dos principais problemas de obra.

Assim, na construção civil<sup>19</sup>, elas foram definidas como:

- Restrição de recursos – considera-se os impedimentos provocados pelos dados de entrada para a execução dos processos produtivos, na forma de materiais, mão-de-obra, equipamentos e absenteísmo;
- Restrições de informação – este tipo de restrição age no processo também como dado de entrada. Neste caso, as restrições referem-se a projeto (inacabado ou não disponível em canteiro, processo de aprovação e mudança), pré-requisito do trabalho, mudanças de prioridades, início tarde da tarefa, ocorrência de retrabalho, acidentes e restrições naturais (sistemas de drenagem, chuva, atrasos devido ao tempo e condições de solo inesperadas);
- Restrição de processo – compreende interrupções provocadas no desenvolvimento dos processos produtivos, na forma de conflitos espaciais, falhas de fornecedores e incertezas;
- Restrições temporais e espaciais – são aquelas provocadas por problemas na interface entre elementos construtivos, como problemas na execução de pacotes precedentes àquele que está sendo planejado ou de engenharia, tempo insuficiente e dificuldade de coordenação;
- Restrição estratégica – é originada por decisões errôneas ou falta delas no nível tático, como programação, atitude gerencial que restrinja o trabalho em campo e cláusulas contratuais; e
- Restrição de empreendimento – refere-se a impedimentos provocados pelo *layout* de canteiro, *layout* do posto de trabalho e acesso à obra.

---

<sup>19</sup> Segundo Halligan, Demsetz e Brown (1994); Ballard (1997, 1999a, 2000); Ballard e Howell (1998a); Cox e Spencer (1998); Choo e outros (1998); Choo e outros (1999); Mendes Jr. (1999); Alves (2000); Alves e Formoso (2000a, 2000b); O'Brien e Fischer (2000); Alves, Marchesan e Formoso (2001); Bernardes (2001); Chua e Shen (2001); Chan e Hu (2002); Conte (1998, 2002); Chua e outros (2003); Lu e Li (2003) e Sivasubramanian e outros (2003).

De acordo com Santos (2001), na construção civil, no que se refere a máquinas e equipamentos, a produção no canteiro de obras não difere em muito da manufatura, pois é perfeitamente aceitável que um guincho ou betoneira não tenha capacidade suficiente para atender a demanda. Mas com relação à mão-de-obra, a situação é diferente, uma vez que a construção civil apresenta processos dependentes dos operários e a manufatura não. Conforme o Santos (2001, p.59), “esta particularidade faz com que as equipes se tornem um dos principais fatores responsáveis por uma atividade ser ou não gargalo, quer seja pela disponibilidade, quer seja pelo ritmo de trabalho”. Ainda, os equipamentos de transporte vertical são um exemplo claro de restrição de recursos, porque podem apresentar sobrecargas em alguns períodos do dia de trabalho e em outros, ociosidade.

As restrições são exemplificadas na literatura, como no trabalho de Alves, Marchesan e Formoso (2001). Estes autores apresentam interrupções no projeto. Elas ocorrem no início das obras sem que os projetos estejam concluídos e sem a licença para a execução. Portanto, as etapas de projeto se sobrepõem as de execução e trazem problemas, devido à falta de acesso aos detalhes construtivos. Isto leva a perdas, retrabalhos e comprometimento da qualidade do produto final. Quanto aos pré-requisitos do trabalho, esses englobam a determinação de rotinas de processo e quem é o responsável por ele.

Um exemplo de interrupção devido a condições climáticas é apresentado por Koskela, Lahdenperä e Tanhuanpää (1996). Nele o trabalho no interior da construção somente deve ser iniciado quando o último pavimento estiver protegido da infiltração de água, provocada por precipitações. Isto acontece porque no caso de chuvas intensas os pavimentos superiores podem ser comprometidos com danos aos materiais e obstrução do trabalho.

Outros exemplos de interrupções levantados nesta área de conhecimento encontram-se no Anexo A. Após pesquisa referente à literatura nacional e internacional, observou-se que os exemplos de restrições de atividades para a construção civil estão relacionados a condições climáticas, pré-requisitos do trabalho em função de projetos não concluídos, acesso aos locais de trabalho, seqüenciamento e condições de solo.

Outra área pesquisada é a Construtibilidade. Esta trata do projeto e sua concepção, para possibilitar uma execução sem interrupções. É o campo onde se verificam as restrições relativas a projeto.



### 2.2.5. Construtibilidade

Ao falar em restrição de informação trabalha-se com o projeto. Neste momento, a pesquisa aborda o tema de Construtibilidade. Este estuda características do projeto que possibilitem a execução de construções segundo o idealizado, ao antecipar os problemas para a fase de concepção.

Nesta pesquisa, a Construtibilidade é estudada de forma a permitir que atividades facilitadoras sejam consideradas para a continuidade dos processos produtivos, com observação das situações de remoção de restrição ou de atividades antecipáveis.

Deste modo, a área de conhecimento Construtibilidade insere-se nas ferramentas gerenciais modernas, quanto às providências para que o especificado em projeto seja cumprido quando da construção do empreendimento. Nesta tese, ela tem por objetivo o conhecimento das ações e dos problemas da construção para otimizar projetos futuros, conforme *The Construction Management Committee of the ASCE Construction Division* (1991). Esse conceito é adotado no desenvolvimento de trabalhos como de O'Connor e Tucker (1986), Tatum (1986), O'Connor, Rusch e Schulz (1987), O'Connor, Hugo e Stamm (1991), Radtke e Russell (1993) e Gibson Jr e outros (1996).

Uma definição mais apropriada é a apresentada por O'Connor, Rusch e Schulz (1987). Neste a construtibilidade possibilita a introdução dos conhecimentos de construção em atividades precedentes nas fases de projeto e planejamento. Isto resultará em eficiência das operações de campo.

Hanlon e Sanvido (1995) e Koskela (2000) afirmam que a construtibilidade do projeto depende da consideração das restrições de recursos e das condições ambientais da construção. Nesse contexto, a construtibilidade relaciona-se com a tese pela suposição de que o conhecimento do projeto e do processo produtivo aponta na direção de atividades, que não devem ser esquecidas no planejamento para o fluxo contínuo do trabalho.

Ao se relacionar projeto e produto, o conceito de construtibilidade está ligado à tomada de decisão na fase de detalhamento para evitar o surgimento de problemas em obra. Estes resultam na interrupção do fluxo do trabalho (O'CONNOR e TUCKER, 1986; O'CONNOR, LARIMORE e TUCKER, 1987; O'CONNOR e MILLER, 1994, 1995, 1999).

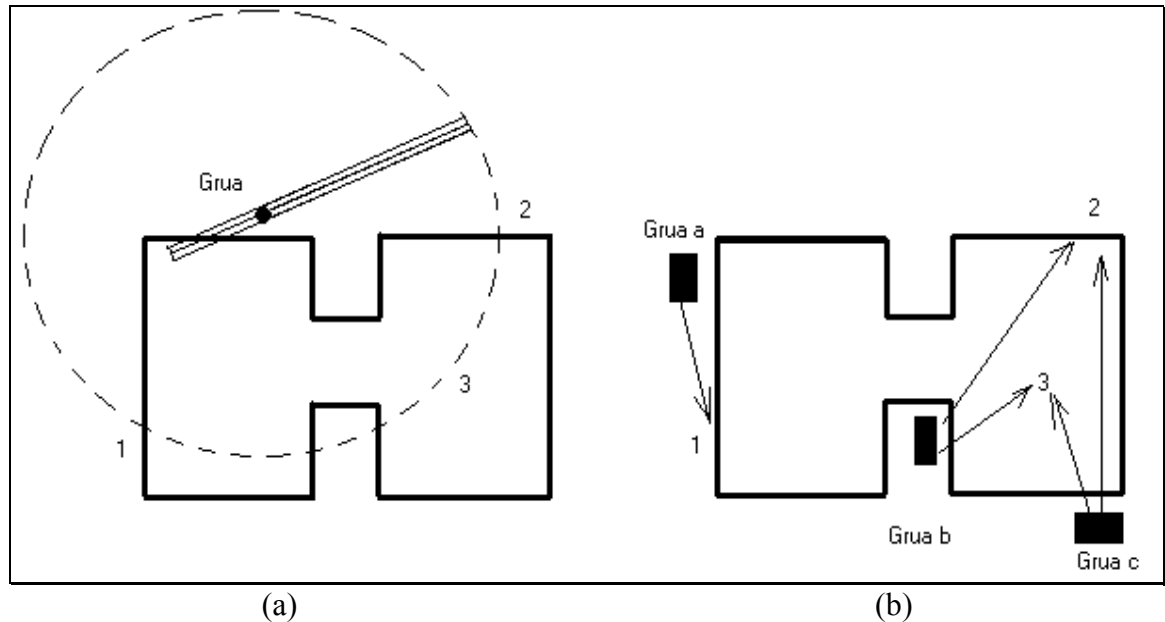
Os requisitos que levam à construtibilidade podem ser exemplificados, conforme O'Connor, Rusch e Schulz (1987), Oliveira (1994) e Rossi (1995), como:

- Simplificação de projetos - em termos de componentes, uso de materiais prontos e possibilidade de execução de mais de um processo em um mesmo ambiente;
- Padronização - de projetos e de suas partes, bem como de detalhes executivos, para que a repetição dos elementos seja vantajosa. Compreende a coordenação modular pela pré-montagem de elementos, ainda na fase de concepção do produto, para facilitar sua fabricação, transporte e instalação;
- Seqüência executiva e interdependência entre atividades -
  - Eliminação de atividades desnecessárias, combinação de operações ou elementos, mudança na seqüência e simplificação nos trabalhos necessários, redução de precedências, possibilidade de qualquer ordem de execução, seqüências que minimizem congestionamentos nos locais e caminhos de movimentação em canteiro, segmentação do projeto em pacotes de trabalho, definição de seqüências que levem em conta os diversos equipamentos usados na obra e sua utilização nos processos (OLIVEIRA, 1994);
- Acessibilidade e espaços adequados para trabalho - verificação antecipada de congestionamentos devido à seqüência executiva; e
- Comunicação projeto/obra - projetos e detalhamentos em locais acessíveis, revisão detalhada antes do início dos processos, comunicação ao projetista de alterações realizadas durante a execução da obra e vice versa.

Os estudos de construtibilidade são tratados na construção de edifícios, como:

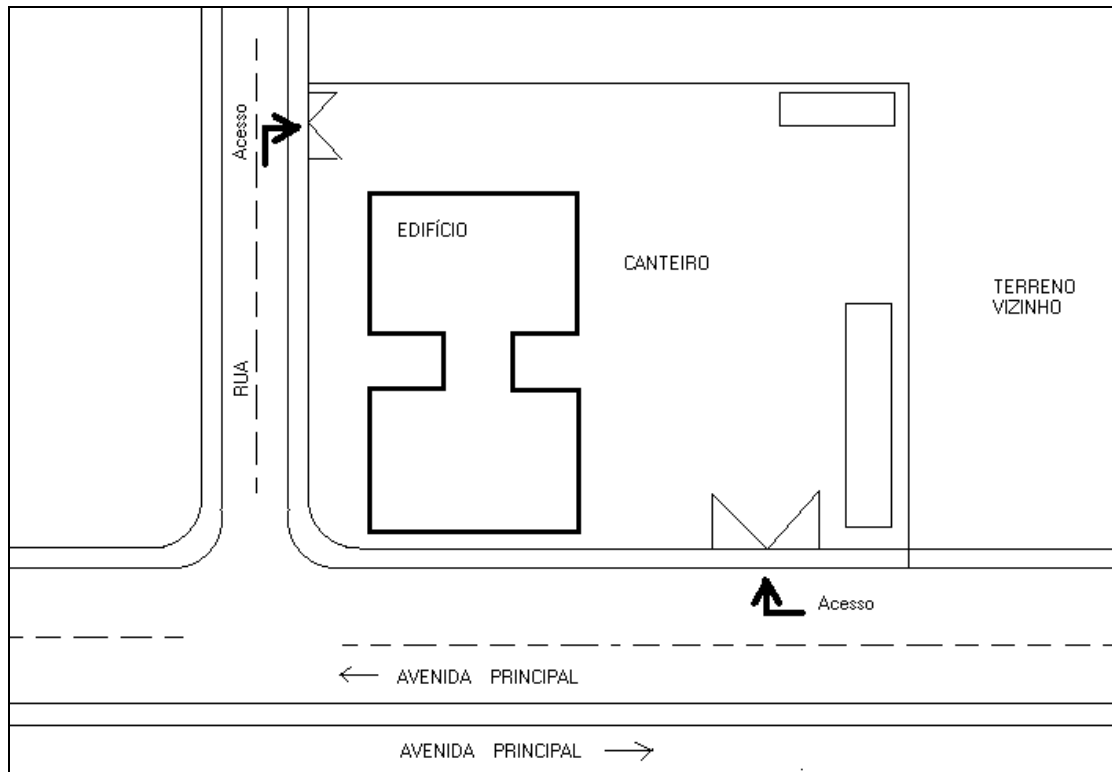
- Sobreposição de barras de aço no projeto estrutural. Esta ação prejudica a interseção entre elementos estruturais e o espaçamento das barras para o preenchimento com concreto (Navon, Shapira e Shechori, 2000); e
- Posicionamento de guias. Shapira e Glascock (1996) mostram que a opção por guias móveis ou fixas interfere nos trabalhos em várias frentes. Este é um problema de acessibilidade. As fixas (a) realizam mais tarefas do que as móveis (b). Porém em termos de antecipação as primeiras atrapalham a execução dos processos nos pontos em que se fixam na estrutura, enquanto que as segundas, por atuarem em várias frentes, restringem o acabamento nos locais em que se posicionam, nos rebocos externos. Isto impede a descida dos jaús, conforme

Ilustração 2.1. Na referida figura, os números 1, 2 e 3 são as estações de trabalho que este equipamento atende.



**Ilustração 2.1:** Acesso da grua ao local de trabalho [Adaptado de Shapira e Glascock (1996)].

Mais especificamente, a Ilustração 2.2 apresenta um exemplo de acesso a um canteiro de obra que possui dois portões. Nela o acesso dá-se por uma avenida de grande movimento ou por uma rua lateral. O portão da avenida é o de melhor localização, mas devido ao fluxo constante de veículos torna-se difícil conduzir nesta região. Praticamente tem-se como única opção a rua de acesso lateral. O inconveniente é que os locais de armazenagens ficam localizados no interior da obra. Neste caso, o caminhão deve manobrar dentro do canteiro. Isto compromete o uso de veículos longos. Mas normalmente estes são os responsáveis pelo transporte de peças volumosas como o elevador. Uma solução para o problema seria transportar o elevador em um horário compatível com a redução de fluxo de veículos nas imediações do prédio.



**Ilustração 2.2:** Esboço de um canteiro de obras com duas vias de acesso [Adaptado de Ferguson (1986)].

Outros exemplos são apresentados no Anexo A. Assim, após pesquisa na literatura internacional referente a construtibilidade, verificou-se que os exemplos relacionam o termo atividades antecipáveis com a forma de seqüenciamento das atividades nos processos, o projeto integrado à construção e as condições ambientais durante a fase de produção. Quanto à forma de acesso à obra e aos locais de trabalho, bem como a disposição para uso de equipamentos (gruas), os exemplos referem-se a restrições de atividades.

Acredita-se no potencial da construtibilidade em fornecer exemplos que levem a antecipação de atividades, porém eles não foram observados em número suficiente na literatura internacional<sup>20</sup> que a justifique, ou seja, as oportunidades de antecipar não foram aproveitadas nos trabalhos desenvolvidos. Isto demonstra que a área não foi devidamente explorada pelos autores.

<sup>20</sup> Conforme os trabalhos de MPhil (19??); O'Connor e Tucker (1986); O'Connor, Larimore e Tucker (1987); *The Construction Management Committee of the ASCE Construction Division* (1991); O'Connor e Miller (1994); Oliveira (1994); O'Connor e Miller (1995); Griffith e Sidwell (1995); Fischer e Tatum (1997); Ibbs (1997); Kartam e Flood (1997); Poh e Chen (1998); Eldin (1999); Gambatese e McManus (1999); Fisher, Anderson e Rahman (2000) e Navon, Shapira e Shechori (2000).

Na pesquisa nacional, esses exemplos foram identificados no trabalho de Machado (2003), no estudo piloto realizado. Com exceção deste não foram encontrados exemplos de construtibilidade relacionados diretamente à antecipação de atividades, nos demais trabalhos pesquisados<sup>21</sup>.

Por fim, tem-se a área de Gerenciamento da Construção. Nesta agrupou-se assuntos relacionados à produção, ao planejamento, ao projeto e à segurança na construção civil.

## **2.2.6. Gerenciamento da Construção**

### **2.2.6.1. Produção na Construção**

Esta seção destina-se à produção na construção, mas também a uma fase anterior a esta que está intimamente relacionada com a tese, ou seja, o pré-planejamento. Conforme pesquisa na literatura, principalmente no livro de Oglesby, Parker e Howell (1989), observa-se que este plano é elaborado antes do planejamento propriamente dito e procura lembrar aos proprietários, gerentes e construtores de idéias e situações vivenciadas em projetos anteriores. Estas se relacionam com os processos desenvolvidos no empreendimento. Com isto, identifica-se a antecipação de atividades e a criação de manuais para a formalização deste plano.

Assim, esses autores falam de antecipações no pré-planejamento da obra. Ainda, em comparação com o planejamento em situações industriais, os pré-planos para a construção freqüentemente sofrem deterioração rápida por mudanças não antecipadas (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

Conforme os autores, as surpresas comuns na construção incluem mudanças no escopo de projetos, condições de canteiro não antecipadas e climáticas não usuais, distribuição de materiais críticos ou equipamentos atrasados, paralisações do trabalho ou escassez de mão de obra e acidentes. Estes acontecimentos justificam que avanços na atitude de antecipá-los são importantes, porque eles normalmente são inesperados e em tais casos trabalha-se para corrigir os desperdícios de recursos.

---

<sup>21</sup> Segundo Paiva (1989); Sabbatini (1989); Rossi (1995) e Zanfelice (1996).

Quando os construtores fazem os planos, estes consideram que a operação realiza o mesmo caminho da última vez. Isto quer dizer que assumem que as mesmas condições externas são aplicadas. Em geral, eles contam com comunicação informal, geralmente verbal, com o pré-pensamento<sup>22</sup> e a execução do mestre. Normalmente, os gerentes não fazem o pré-plano porque não têm tempo e este não é caminho que aprenderam a trabalhar (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

Neste ponto insere-se a ferramenta da qualidade 5W e 1H, ou seja, perguntas do tipo quem, o que, por que, como, quando e onde são aplicadas no pré-planejamento, como um procedimento detalhado. Isto é feito com antecedência no tempo quando tarefas particulares são empreendidas (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

Segundo os autores, a forma mais comum de pré-plano envolve esboços, desenhos, lista de materiais, equipamentos e ferramentas junto com instruções escritas. Estas indicam como as imagens mostradas pelos desenhos devem ser usadas em uma estrutura física completa. Nesse contexto, os fluxogramas desenvolvidos na tese podem ser incluídos no pré-planejamento.

O pré-plano deve ser feito cerca de 10 dias antes da data programada para o início dos processos. Ele é um sistema organizado e avançado de planejamento, que produz instruções detalhadas escritas para uma dada tarefa (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

Ainda conforme os autores, instruções de trabalho, métodos de construção e espaço disponível para o trabalho podem ser dados de entrada para o processo de produção, como também restrições externas, materiais, equipamentos, ferramentas e mão-de-obra. Nesta pesquisa, estes dados serão considerados as variáveis independentes do modelo proposto.

As variáveis intervenientes do modelo são os fatores que esses autores consideram e que podem afetar os dados de entrada, como: planejamento do processo, inovações tecnológicas, informações, local de controle, necessidades de coordenação, manuseio de materiais, identificação de procedimentos, tempo e suas limitações, processo do fluxo de informação, desencadeamento das tarefas no canteiro, pessoas, partes responsáveis, experiência e treinamento requeridos e avaliação individual (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

---

<sup>22</sup> O pré-pensamento é realizado quando o gerente compara o projeto atual com um outro já executado por ele. Neste momento, ele decide baseado em experiências passadas, que estão apenas em sua cabeça.

O pré-planejamento está presente na cabeça das pessoas, não é, portanto, um conceito novo, mas existem inúmeras vantagens em escrevê-lo, pois este é uma forma de organizar os dados e formalizar os processos das idéias dos gerentes. O fato de colocá-lo no papel faz com que este comunique o que for relacionado à tarefa em particular (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

Conforme os autores, o pré-planejamento sem a programação tem pouco mérito. Isto acontece porque questões do tipo qual, por que, quando, onde, como e quem ficarão sem resposta. Observa-se que somente onde são requeridas restrições sérias de acesso ou espaço é que estudos especiais têm sido feitos.

O pré-planejamento envolve a descrição e o esboço da tarefa, o plano de trabalho, inspeções, testes e controle da qualidade, bem como fornece instruções para a próxima tarefa. Estas instruções estariam na forma de pré-requisito. Esta pesquisa detém-se a esta última parcela do pré-planejamento.

Os exemplos de pré-planejamentos apresentados em Oglesby, Parker e Howell (1989) são semelhantes aos procedimentos operacionais existentes hoje e que são utilizados pelas empresas de construção como instruções de trabalho dentro de seus programas da qualidade. Isto é, eles contêm o processo a ser feito, a quantidade de trabalho, as pessoas envolvidas, a mão-de-obra necessária e a carga horária, além de datas para o início do processo e sua conclusão. Contêm ainda as condições em que esses trabalhos serão realizados, os desenhos e as informações adicionais sobre o processo de produção, as ferramentas, os materiais, a inspeção e o controle de qualidade.

#### **2.2.6.2. Planejamento**

Ao tratar do planejamento observa-se que, conforme Howell e Ballard (1996), ele determina o que tem que ser feito, em que seqüência e quando. Segundo diversos autores (Moreira, 1993; Assumpção, 1996; Hopp e Spearman, 1996; Tommelein e Ballard, 1997; Mendes Jr, 1999; Oliveira, 1999; Alves, 2000; Akkari, 2003), o planejamento divide-se em três níveis verticais de decisão (estratégico, tático e operacional).

No planejamento identificam-se exemplos de interrupções nos processos produtivos. Com relação aos espaços para construção, tem-se que o acesso pode ser facilitado quando se

identificam os espaços específicos necessários para as atividades e os conflitos espaciais potenciais. O acesso pode ser facilitado ainda quando se definem os locais para esses espaços nos pavimentos e se desenvolve uma seqüência de trabalho que determine a ordem em que estes serão ocupados (RILEY e SANVIDO, 1997; KORMAN e outros, 2003).

Não se deve esquecer, porém, que o planejamento está relacionado com as demais funções do gerenciamento, que são controle, execução e monitoramento, conforme observado no Sistema Toyota de Produção. Nas fases de execução e controle são verificados os problemas e é nelas que estes devem ser reduzidos, para que o planejamento atinja o fim a que realmente se destine (Guinato, 1996).

Existem decisões que são consideradas antes do planejamento estratégico. No caso da tese considera-se como o pré-planejamento, por exemplo, as dificuldades de acesso à obra e o arranjo físico, bem como as limitações de recursos.

### **2.2.6.3. Programação de Obra**

Quanto à Programação de Obra, dentro das técnicas gerenciais, esta é pesquisada com o objetivo de citar exemplos de melhorias no processo de programação, que permitem a continuidade de fluxos produtivos.

Pesquisou-se na literatura sobre técnicas de rede e métodos de programação comumente utilizados, sua origem, o tipo de rede de planejamento gerado, a continuidade entre atividades, bem como sua aplicação em termos nacionais e internacionais. Deste modo, procurou-se trabalhos que abordavam o problema de descontinuidade do fluxo produtivo ou que apontavam soluções para tal.

É sabido que, a programação de obra traça as diretrizes do que deve ser feito para que possa ser controlado. Muitas são as técnicas de programação adotadas para o planejamento de empreendimentos<sup>23</sup>, como Método do Caminho Crítico (CPM) e Técnica de Avaliação e de

---

<sup>23</sup> Outras técnicas utilizadas são Modelo de Programação Linear (LSM), Linha de Balanço (LOB) e Gráfico de Barras, descritas em trabalhos como: Goldman (1986), Gould (1997), Limmer (1997) Chekayeb e Abourizk (1998), Nunnally (1998), Tommelein (1998); Abeyasinghe e Urand (1999), Mendes Júnior (1999), Mendes Júnior e Heineck (1999), Lu e Abourizk (2000), Harmelink (2001), Yamin e Harmelink (2001) e Arditi, Sikangwan e Tokdemir (2002).



Revisão de Programas (PERT), desenvolvidas em 1957 (ANTILL e WOODHEAD, 1971 e RODERICK, 1977).

Os autores que pesquisam essas técnicas têm criticado os métodos de rede por serem inadequados ou não representativos das condições de um canteiro de obras. Isto acontece porque se observa que mesmo com o traçado das diretrizes a obra apresenta atrasos<sup>24</sup>, com lacunas em seus processos. São várias as tentativas de introduzir melhorias na programação, para minimizar os efeitos críticos de descontinuidades e suas vantagens para uma previsão próxima da realidade de canteiro.

Assim sendo, a programação auxilia a tese quando apresenta situações de como tratar os problemas relacionados com interrupções no fluxo de trabalho. Por exemplo, O'Brien e Fischer (2000) e Akkari (2003) retratam os problemas na programação de obra através de mudanças comuns aos projetos de construção (arquitetônico e de instalações), que levam ao não cumprimento dos planos de produção. Outros exemplos são apresentados a seguir e no Anexo A:

- No planejamento - tarefa mal dimensionada, predecessoras que não foram executadas no prazo, acelerações de processos, falta ou má dimensionamento da mão-de-obra, retrabalhos que afetam a programação e dificultam a coordenação, bem como problemas na definição ou em mudanças do plano de ataque;
- No suprimento - atraso na entrega de material, congestionamento do elevador de carga, materiais que chegam na obra com defeitos e falta de material;
- No projeto - projetos incompatíveis, incompletos e com falhas executivas;
- Nas condições naturais – clima e solo, bem como no absenteísmo.

Akkari (2003) destaca ainda problemas como a desconsideração da incerteza no processo de execução e a não incorporação das atividades de fluxo. Estas consomem tempo e recursos.

Ao investigar a literatura nacional de planejamento e programação de obra, verifica-se que esses, ao tratarem do fluxo contínuo de trabalho, delineiam o planejamento de suas esferas superiores em direção às inferiores. Este detalhamento, porém, não incorpora a

---

<sup>24</sup> Conforme Hirschfeld (1985) “tudo o que pode atrasar um planejamento e pode ser previsto é uma atividade e não pode ser desprezado”.

instabilidade que é característica dos níveis hierárquicos inferiores, que se caracteriza por um ambiente dinâmico.

Uma evolução neste sentido tem sido observada nos trabalhos de Mendes Jr. (1999) e Bernardes (2001). Estes têm como fundamento o chão de fábrica ou o planejamento de curto prazo (nível de decisão operacional) e procuram incorporar nos planos as relações com incertezas diárias da produção. Nestes casos, verificou-se que a continuidade observada é entre pacotes de trabalho e em termos de fornecimento de recursos.

Na tese investiga-se o detalhamento dos planos e não a filtragem destes dos níveis hierárquicos superiores em direção aos inferiores. Acredita-se que com ela ocorre apenas a delimitação do local de execução do pacote de trabalho, sem esclarecer a ligação entre pacotes. Essa situação pode ser observada em Akkari (2003). A autora filtrou os planos do longo para o médio prazo e fez a análise de restrições, com posterior filtragem para o curto prazo. No caso de Akkari, o último nível de planejamento corresponde ao pacote de trabalho e considera a existência ou não de restrições para sua conclusão.

Observa-se na literatura, para a resolução da descontinuidade de forma implícita, o uso conjunto das técnicas de Linha de Balanço e CPM, em construções de obras repetitivas, conforme apresentado nos trabalhos de Suhail e Neale (1994), Assumpção (1996) e Assumpção e Fugazza (1998, 1999). Isto ocorre porque a primeira técnica prevê os atrasos na programação e a segunda é adequada à continuidade do fluxo das atividades.

Tal fato pode ser observado em El-Rayes (2001), quando se enfatiza o uso de equipes em processos repetitivos. O autor mostra como essas mudavam de uma atividade para outra de forma contínua.

É necessário, porém, observar o nível da programação para a identificação dos problemas de descontinuidade. Isto é apresentado nos exemplos de Akkari (2003), que adotou os níveis de longo e médio prazo. Isto ocorre porque nestes níveis define-se o que se vai produzir, quem vai trabalhar, como devem ser mantidos os equipamentos e como determinar a quantidade de trabalho a realizar, sua programação e seqüência. Por sua vez, Mendes Júnior (1999) adotou o operacional (curto prazo), porque é nele que a produção ocorre e sua continuidade depende da correta alocação ou consideração de recursos como pessoal, equipamentos, material, tarefas anteriores, programação e projeto.

Nesta pesquisa adota-se o planejamento operacional como o responsável pela continuidade do fluxo do trabalho. Isto acontece porque é neste nível onde todas informações e ações de melhorias convergem para a construção do produto. É nele também onde os problemas de rotina diária ocorrem.

Verifica-se na literatura pesquisada que os trabalhos relacionados com Linha de Balanço apresentam uma preocupação quanto à previsão e visualização do andamento da construção. Os pesquisadores que trabalham com essa ferramenta, no entanto, não estudam a ligação com a continuidade do fluxo do trabalho, bem como o uso de recursos produtivos.

Neste item, os exemplos que colaboram para a definição do termo antecipação estão relacionados com retrabalhos, projeto, planejamento do processo, consideração de atividades de fluxo, conflito espacial, seqüência e condições de trabalho. Além dos exemplos citados nesta seção existem outros apresentados no Anexo A. Observaram-se também exemplos relacionados à remoção de restrições, que envolvem condições climáticas e de solo, problemas de suprimento de materiais e gargalos a serem eliminados pelos gerentes.

Por fim, dentro do gerenciamento tem-se a segurança do trabalho. Objetiva-se proteger os operários no desenvolvimento dos pacotes de trabalho, ao considerar o ambiente em que estes estão inseridos.

#### **2.2.6.4. Segurança do Trabalho**

Além das áreas de conhecimento descritas até o momento, esta pesquisa investigou o Gerenciamento de Risco em busca de situações de segurança do trabalho, que levem à descontinuidade nos processos de construção. Isto acontece porque ao se observar todos os fatores de risco que os operários estão expostos para o desempenho de suas tarefas. Torna-se necessária então a preparação dos locais de trabalho para minimizar ou eliminar de acidentes<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Segundo Oglesby, Parker e Howell (1989), acidente pode ser definido como “qualquer ação evitável por pessoas ou qualquer falha de equipamento, ferramentas ou outros dispositivos, que interrompa a produção e tenha a propriedade potencial de ferir pessoas ou causar danos”. Esta definição inclui também efeitos de curto ou longo prazo de outras exposições nos canteiros de construção que afetam a saúde do trabalhador ou seu bem estar físico.

O Gerenciamento de Risco (GR) trata não somente do risco físico como também o de interromper o trabalho por falta de abastecimento de recursos, por exemplo. Seu estudo tem por objetivo identificar os fatores de falta de segurança e eliminá-los, para o fluxo contínuo do processo. Refere-se, no caso particular da construção civil, ao tipo de solo e às condições do canteiro, à produtividade da mão-de-obra, às condições climáticas, às condições inseguras de trabalho, bem como à falha em equipamentos e nos projetos (DAWOOD, 1998).

Pesquisou-se então sua influência na identificação de atividades facilitadoras, uma vez que trata da segurança dos operários e dos locais de trabalho contra riscos por acidentes ou exposição a esses.

Além disso, esta área de conhecimento apresenta ligação com o processo de produção, na medida que provoca interrupções no fluxo de trabalho para a construção de proteções ou devido a paradas por acidentes. Isto leva ao planejamento dessas ações e do material necessário a sua implantação.

Oglesby, Parker e Howell (1989) abordam a segurança pelo seu impacto direto na produtividade. Afirmam que as ações e eventos inseguros causam interrupções no trabalho em muitos caminhos e afastam a atenção do gerenciamento de funções primárias, que seriam o trabalho a ser feito.

Outro exemplo é apresentado por SAURIN e outros (2002). Neste se destaca a necessidade de construção de proteção para a mão-de-obra, quando se faz a execução de furos nos pilares de periferia, para posterior colocação de guarda-corpo. Isto ocorre porque esta é uma zona de risco de quedas.

Essas preocupações também estão presentes nos exemplos de interrupções do trabalho apresentados no Anexo A, assim como em Howell e outros (2002). Neste último caso, os autores procuram definir a zona de risco para os trabalhadores, para treiná-los no trabalho nessa fronteira. O interessante é que eles alertam para o fato de que o ser humano é passível de cometer erros e de se posicionar em situações inseguras, mas se ele está atento a isto pode evitá-lo, ou seja, os autores propõem como medida antecipatória a exposição controlada ao risco.

Observa-se que o Gerenciamento de Risco apresentou exemplos de proteção dos operários e do local de trabalho como restrições ao processo.

### **2.2.7. Delimitação da antecipação segundo a revisão da literatura**

Na revisão da literatura, os autores citam exemplos de atividades ou ações que são restrições ao processo. Sua remoção implica em ações gerenciais. Porém, os autores apresentam também situações prescritas em planos de trabalho ou na programação, mas que fugiram ao controle da equipe. Essas são as antecipações de atividades, executadas pelos operários, definida no pré-planejamento no livro de Oglesby, Parker e Howell (1989). Elas ocorrem quando o trabalho está fora de seqüência. Isto leva à necessidade de proteção do processo já executado, às situações inesperadas, ou ainda a conflitos devido à concentração em um mesmo local de trabalho de operários com habilidades diferentes.

Com isto, verifica-se que as atividades facilitadoras têm duas origens, conforme investigação na literatura. Isto não exclui outras formas de ação.

Deve-se esclarecer que ao se falar em antecipação não se induz ao conceito de superprodução (Guinato, 1996). Esta última seria uma perda originária de se produzir antes do momento necessário, o que gera estoques de produtos acabados ou semi-acabados, ou ainda de se produzir mais de um mesmo produto.

A Ilustração 2.3 foi elaborada a partir da investigação, conforme Anexo A. Esta apresenta um resumo com os tipos de exemplos identificados, sua relação com atividades de antecipação e de remoção de restrições, bem como os autores a eles relacionados. A figura separa-os conforme as áreas de conhecimento pesquisadas.

A Ilustração 2.3 vem a ser a base do trabalho na medida que a partir deste os exemplos pinçados da literatura nacional e internacional foram resumidos. Como o assunto não é abordado diretamente na literatura, os exemplos foram originários de uma interpretação das situações vivenciadas pelos autores.

	<b>Exemplo</b>	<b>Atividade facilitadora</b>	<b>Fonte</b>
Construção Enxuta	Condições de solo	Remoção de restrição	Ballard e Howell (1998b)
	Condições ambientais	Remoção de restrição	Bernardes (2001)
	Condições de trabalho	Remoção de restrição	San Martin e Formoso (1998) Kestle e London (2002) Soares (2003)
	Seqüenciamento	Antecipação	Alves e Formoso (2000a) Heineck e outros (2002a, 2000b)
	Conflito espacial	Antecipação	Riley e Sanvido (1997) Santos e outros (1998) Ballard (1999a) Alves (2000)
		Remoção de restrição	Alves (2000) Soares (2003)
	Preparação do trabalho	Antecipação	Conte (1998) Alves (2000) Bernardes (2001)
		Remoção de restrição	Alves (2000) Bernardes (2001) Soares (2003)
	Drenagem	Remoção de restrição	Ballard (2000)
	Projeto	Antecipação	Alves (2000) Soares (2003)
	Manutenção	Remoção de restrição	Soares (2003)
	Programação de obra	Antecipação	Bernardes (2001)
Acesso	Antecipação	Alves (2000)	
	Remoção de restrição	Carvalho (1998) Alves (2000) Milberg e Tommelein (2003)	
Análise de Restrições	Condições climáticas	Remoção de restrição	Koskela, Lahdenperä e Tanhuanpää (1996) Ballard (2000)
	Pré-requisito do trabalho	Remoção de restrição	Alves, Marchesan e Formoso (2001)
	Espaço	Remoção de restrição	Li, Z., Anson, M. e Li, G. (2001)
	Seqüenciamento	Remoção de restrição	Finke (1998) Tommelein, Riley e Howell (1999)
	Condições de solo	Remoção de restrição	Dawood (1998) O'Brien e Fischer (2000)

**Ilustração 2.3:** Exemplos de antecipação e remoção de restrição extraídos da revisão da literatura.

	Exemplo	Atividade facilitadora	Fonte
Construtibilidade	Seqüência de trabalho	Antecipação	Serpell (1993)
		Remoção de restrição	Serpell (1993)
	Acesso	Antecipação	Shapira e Glascock (1996)
		Remoção de restrição	Ferguson (1986) O'Connor, Rusch e Schulz (1987) <i>The Construction Management</i> (1991) Shapira e Glascock (1996) Fischer e Tatum (1997) Li, Z., Anson, M. e Li, G. (2001)
Projeto	Antecipação	Machado (2003)	
Gerenciamento da Construção	Mudança nos projetos	Antecipação	Arditi, Tokdemir e Suh (2001) Gonzalez (2002)
		Remoção de restrição	O'Brien e Fischer (2000) Akkari (2003) Nasir e outros (2003)
	Condições climáticas	Remoção de restrição	O'Brien e Fischer (2000) Arditi, Tokdemir e Suh (2001) Gonzalez (2002) Akkari (2003)
	Falha no planejamento	Antecipação	O'Brien e Fischer (2000) Gonzalez (2002) Akkari (2003)
	Espaços	Antecipação	Oglesby e outros (1989) Riley e Sanvido (1997) Korman e outros (2003) Nasir e outros (2003)
	Seqüência de trabalho	Remoção de restrição	Alves (2000) Gonzalez (2002)
		Antecipação	Riley e Sanvido (1997) Marchiori (1998) Alves (2000)
	Conflito espacial	Antecipação	Oglesby e outros (1989) Riley e Sanvido (1997) Gonzalez (2002)
	Fluxo de recursos	Remoção de restrição	Harris e Ioannou (1998)
	Condições de trabalho	Antecipação	O'Brien e Fischer (2000)
	Preparação do trabalho	Antecipação	Oglesby e outros (1989) Marchiori (1998) Gonzalez (2002)
	Proteção da mão-de-obra	Remoção de restrição	Howell e outros (2002) Saurin e outros (2002) Martins e Serra (2004)
	Proteção do processo	Antecipação	Ferguson (1986) Gonzalez (2002)
		Remoção de restrição	Saurin e Formoso (2000)
	Fornecimento de materiais	Antecipação	Saurin e outros (2001) Cruz (2002)
	Programação de obra	Antecipação	Marchiori (1998)
Remoção de restrição		Marchiori (1998)	

**Ilustração 2.3:** Exemplos de antecipação e remoção de restrição extraídos da revisão da literatura (continuação).

A partir dos exemplos e dos estudos de campo pode-se consolidar as categorias de atividades facilitadoras. Para efeito de maior compreensão por parte do leitor, no Anexo A os exemplos já estão agrupados em suas respectivas categorias.

Da análise da Ilustração 2.3 observa-se que os autores forneceram número semelhante de exemplos para antecipação e remoção de restrições na Construção Enxuta. Porém, para o Gerenciamento da Construção cerca de dois terços dos exemplos foram de atividades antecipáveis. No caso da Construtibilidade, a situação foi inversa, ou seja, dois terços destes foram de remoção de restrições. Por outro lado, na Análise de Restrições, como era de se esperar, todos os exemplos remetem-se a restrições.

Ao utilizar o projeto como exemplo, a antecipação ocorre quando se incorporam detalhes nele, que se feitos antes ajudam no processo produtivo. Isto é, o operário já sabe a posição da caixa elétrica e os recortes que isto vai determinar no azulejo. No caso da restrição, ela ocorre quando o projeto não tem informações suficientes para sua execução.

Desta forma, a pesquisa delimita a fronteira entre atividades antecipáveis e remoção de restrições para que, ao detectar uma falha ou evitar um erro no desempenho do processo, qualquer pessoa possa classificá-los. Isto evita a quebra no fluxo de produção e contribui para o aperfeiçoamento do processo.

Na pesquisa da literatura verifica-se também que as restrições são o resultado de falta de atitudes gerenciais necessárias para a continuidade do fluxo de trabalho. Desta forma, as atividades realizadas pela mão-de-obra devem receber uma denominação apropriada. Sugere-se então o termo atividades antecipáveis. Este será definido quando do capítulo quatro, após a investigação do estudo de campo.



## **3. METODOLOGIA**

### ***3.1. Introdução***

A pesquisa dividiu-se em duas fases. A primeira, apresentada nos capítulos de revisão da literatura e de estudo de campo, trata dos estudos iniciais para a integração das atividades facilitadoras com a gestão do processo de produção. Estes envolvem estudos de caso exploratórios e levantamento bibliográfico. A segunda fase, apresentada nos demais capítulos, trata do desenvolvimento do modelo a ser aplicado em estudo de caso para validá-lo.

O levantamento de dados foi composto de revisão da literatura e pesquisa de campo. O primeiro, conforme já salientado, correspondeu a busca por exemplos de interrupção identificados na revisão bibliográfica, apresentados no Anexo A e sumarizados na Ilustração 2.3. O levantamento de campo compreende as informações contidas no capítulo seguinte. Ambos permitiram a identificação de atividades facilitadoras, definição mais apropriada de antecipações e agrupamento dos exemplos em categorias. Tais fatores serviram de embasamento para a elaboração do modelo.

O presente capítulo divide-se na metodologia de trabalho adotada para cada uma destas duas fases, ou seja, inicialmente descrevem-se as ferramentas utilizadas no estudo de campo e em seguida as utilizadas na elaboração e aplicação do modelo. Antes, porém, relata-se a bibliografia do gerenciamento de processos adotados na pesquisa.

### ***3.2. Metodologia de Gerenciamento de Processos***

O Gerenciamento de Processos (GP) faz parte da metodologia adotada nesta tese para a identificação, localização em canteiro e aplicação de atividades facilitadoras no processo de produção.

Conforme Rados e outros (2000, p.4), “O GP é uma metodologia usada para definir, analisar e gerenciar as melhorias nos desempenhos dos processos nas empresas, para atingir as condições ótimas para o cliente”.

Esse processo apresenta-se em dois tipos, segundo Harrington (1993), o produtivo, objeto dessa pesquisa, e o empresarial. Este último gera os processos de produção e apóia os primeiros. Desta forma, quando se faz o mapeamento do trabalho observa-se sua ligação com a organização e procura-se o aperfeiçoamento para sua melhoria.

Deste modo, o GP relaciona-se com a tese no desenvolvimento da base metodológica para o entendimento dos processos de produção. Ele alimenta-os com informações pertinentes às atividades facilitadoras, para permitir a continuidade do fluxo de trabalho.

Neste contexto, o GP auxilia a pesquisa pela segmentação da produção e identificação de suas partes, com o uso de ferramentas como mapeamento do processo e Diagrama de Ishikawa. Assim, a utilização dessa metodologia possibilita:

- O conhecimento global da produção para melhor uso dos recursos;
- O mapeamento dos processos;
- A definição desses por suas atividades constituintes e pelos padrões de qualidade exigidos; e
- A implementação de mudanças para beneficiar o produto e a possibilidade de executar simulações.

Desta forma, o mapeamento do processo identifica aqueles que são estratégicos para a construção, bem como a interface entre os processos em curso durante a investigação. Segundo observado na literatura (Lima, 1998; Rados e outros, 2000; Winch e Carr, 2001a), ele é executado de acordo com o nível de detalhe que se quer. Normalmente o serviço de construção é detalhado no planejamento estratégico/tático (KAGIOGLOU e outros, 2002). Nessa pesquisa, porém, será adotado o nível operacional. Assim, procede-se à descrição e à classificação das funções desempenhadas pelo processo. Neste ponto tem-se a definição dos subprocessos e suas atividades.

Na revisão da literatura observa-se que o mapeamento de processos pode ser utilizado no conhecimento dos serviços de construção, na tomada de decisão em nível estratégico e tático, no treinamento de operários, na introdução de programas de qualidade e certificação, na elaboração de orçamento operacional, na programação e simulação de empreendimentos, bem como na alocação de recursos. Desta forma, o produto deste trabalho tem como resultado um modelo que integre o processo produtivo com as atividades facilitadoras, ao levar em

consideração as formas de aplicação desse mapeamento (fluxograma ou rede operacional), conforme fizeram Cabral (1988) e Santana e Oliveira (1993).

Este recai na padronização dos processos pesquisados. Esse tipo de registro é identificado em 1984, na Holanda, com a padronização de serviços de construção na forma de cartões de produção. Essa inclui esboços, necessidades de recursos e redes operacionais do trabalho a ser desenvolvido, bem como os tempos de cada etapa do processo. Engloba apenas as atividades de processamento. O trabalho *Standard Times* (1984) apresenta exemplos para concretagem da laje, fixação de porta na cozinha, elevação da alvenaria e cobertura do telhado.

O fluxograma<sup>26</sup> é um instrumento visual. Cria um ambiente informal de acompanhamento e avaliação, como ocorre no ambiente do canteiro de obras. Ele situa o processo frente a seus anteriores, posteriores, decisões gerenciais, verificações para controle (em suas diversas etapas), fatores de segurança, fornecimento de materiais e interseção entre processos. Trata-se de uma das principais ferramentas do modelo proposto.

Um processo pode ser definido como um conjunto de atividades que toma *inputs*, adiciona valor a ele e fornece um *output* a um cliente específico. No caso da produção, as atividades têm uma relação clara entre si. Os *inputs* podem ser materiais, equipamentos e outros bens tangíveis, mas podem ser também informações e conhecimento. Neste caso, os processos têm início e fim bem definidos, ou seja, eles compreendem a transformação dos insumos, pelo fluxo do trabalho, em produtos ou processos semi-acabados, segundo uma seqüência de atividades (GONÇALVES, 2000a, 2000b).

Segundo Gonçalves (2000a), eles têm ainda como características definição clara do responsável, controle formal, medições fáceis de serem determinadas e gerenciadas e ações preventivas (correção de variações). Podem ser de vários tipos:

- Os processos de produção – que são formados por atividades com conteúdo, duração e consumo de recursos definidos.

---

<sup>26</sup> O fluxograma registra estágios na passagem de informação, produtos, trabalho ou consumidores, ou seja, qualquer coisa que flua através da operação. Desta forma, solicita que os tomadores de decisão identifiquem cada estágio no fluxo do processo como ações ou questões. Ele destaca ainda áreas problemáticas onde não existe nenhum procedimento para lidar com um conjunto particular de circunstâncias (SLACK e outros, 1996).

- Os processos existentes na manufatura – que são gestão da qualidade, planejamento da capacidade<sup>27</sup> e da produção, controle de estoques, suprimento e distribuição.
- Os processos organizacionais e gerenciais – que são os de informação e decisão.

As empresas japonesas foram as primeiras a utilizarem o GP. Isto resultou no desenvolvimento de processos rápidos e eficientes em áreas-chave como desenvolvimento de produtos, logística, vendas e comercialização (GONÇALVES, 2000b). Segundo Garvin (1998) citado por Gonçalves (2000b), a utilização do conceito de processos fornece um conveniente nível de análise, menos detalhado que o de estudo do trabalho, mas muito mais descritivo que o modelo da caixa preta. Ainda, conforme o autor, eles podem ser subdivididos em subprocessos e reagrupados em macro-processos. Adota-se o nível de detalhamento mais apropriado para a análise que se pretende realizar.

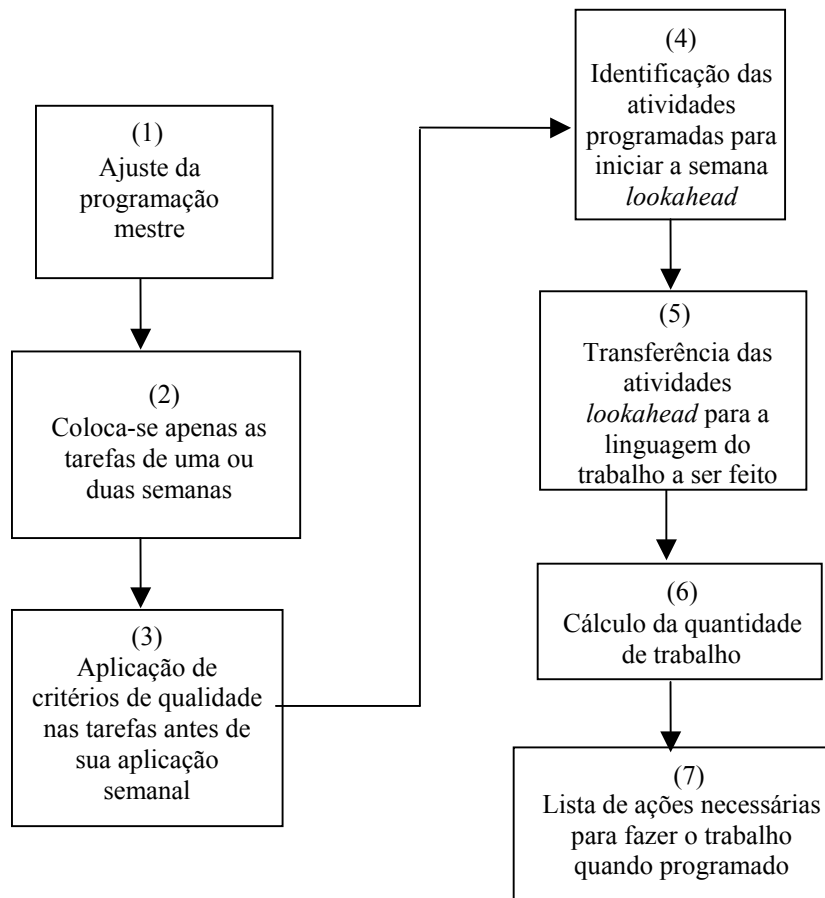
Na mesma linha de raciocínio de Gonçalves (2000a, 2000b), Shingo (1996) define processo como o fluxo dos materiais em direção aos produtos, que se modificam de acordo com o curso simultâneo do tempo e do espaço. É o fluxo de um trabalhador para outro, nos diferentes estágios em que se pode observar a transformação das matérias-primas em produtos acabados (GUINATO, 1996). Na Construção civil, como o produto é fixo, o processo pode ser interpretado como o fluxo de etapas do produto, com movimento dos operários de um posto de trabalho para outro.

Conforme Guinato (1996), “a operação é a análise dos diferentes estágios nos quais os operários, as máquinas e os equipamentos podem estar trabalhando ou sendo aplicados em diferentes produtos”. Segundo Shingo (1996a) “é a mudança do homem e das máquinas de acordo com o curso simultâneo do tempo e do espaço”. Neste trabalho consideram-se como operações as atividades componentes de um processo de produção.

Um exemplo de mapeamento do processo, em termos de decisões gerenciais (fluxos físicos), é apresentado por Ballard (1997) na Ilustração 3.1. Estrutura semelhante foi adotada nos trabalhos de Neves (1996), Lima (1998), Tuji Júnior (1998) e Silva (2000). Estes fizeram a desagregação dos serviços de construção com mapofluxogramas e cartas de processo, em busca da qualidade de determinado subproduto da edificação.

---

<sup>27</sup> “Capacidade de produção é a quantidade de trabalho que uma equipe pode realizar em condições determinadas e com recursos disponíveis” (ALVES, 2000).



**Ilustração 3.1:** Fluxograma de apoio às decisões gerenciais (BALLARD, 1997).

Conforme Winch e Carr (2001b), os mapas de processo em duas dimensões têm a magnitude da seqüência ou do tempo ao longo do eixo axial, bem como dos atores ou das funções responsáveis pelos subprocessos (tarefas) no eixo vertical. Os fluxos de informação e de material ligados a estas tarefas são, então, representados no corpo do mapa.

O estudo dos processos é o principal instrumento de elaboração do método deste trabalho. Segundo Slack e outros (1996), os processos podem ser documentados por meio dos diagramas de fluxo simples (retângulos) e de fluxo de processo (símbolos das operações), folhas de roteiros (como um cartão de produção) e QFD (os comos e os quê).

Lee e outros (1999) afirmam que a análise do processo tem como foco a eliminação do desperdício, de situações irracionais e inconsistentes. Para isto, deve-se investigar todos os fluxos do processo para introduzir melhorias apropriadas. Esses passos são traduzidos na forma de símbolos. Estes possibilitam a detecção dos problemas de produção. Deste modo, o gráfico de processo registra os passos de um pacote de trabalho, que pode ser uma unidade,

uma seção, um apartamento ou um pavimento. Ele é repetido quantas vezes forem necessárias, sempre observando sua interface com o ambiente.

A rede operacional é um guia para os processos produtivos, em termos de conteúdo, requisitos, regras e ambiente. Nela estão colocadas as medidas necessárias para a continuidade do fluxo de trabalho. Em um segundo momento é preciso definir em quais níveis hierárquicos essas decisões devem ser feitas e como separar isto.

Assim, em 1921 Gilbreth criou um conjunto de 40 símbolos a serem usados na preparação dos gráficos de fluxo do processo. Em 1947 a *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) adaptou os símbolos de Gilbreth e difundiu a simbologia de processamento, transporte, inspeção, espera e armazenagem, que são comumente utilizadas (BARNES, 1977).











Segundo Currie (1977), o gráfico de fluxo do processo representa as atividades de homens, máquinas e equipamentos. Desta forma, os símbolos são usados no estudo do trabalho para a seleção e registro destas atividades (Ilustração 3.2). O autor apresenta também símbolos operacionais que representam a combinação de duas atividades. Tal fato ocorre quando elas acontecem no mesmo momento e, conseqüentemente, são desenvolvidas pela mesma categoria de mão-de-obra. Como exemplo, tem-se a execução de uma tarefa seguida de sua verificação para programas de qualidade.

Dos símbolos apresentados somente o círculo, que corresponde ao processamento, agrega valor ao produto. Os demais são necessários para abastecê-lo (transporte, insumos, armazenagem). Conforme Guinato (1996), o processamento compreende mudança na forma, nas propriedades, montagem ou desmontagem. O transporte é associado à mudança de posição.

A espera representa a passagem de tempo sem que a execução de qualquer processamento, inspeção ou transporte aconteça. Segundo Shingo (1996a), a espera pode ser do processo (quando um lote inteiro aguarda que outro precedente seja processado, inspecionado ou transportado) ou do lote (enquanto ocorre o processamento, inspeção ou transporte de uma peça, matéria-prima ou produto, as demais ficam aguardando).

A inspeção, por sua vez, corresponde à verificação da qualidade do que está sendo executado comparado com um padrão. Esta última atividade leva à necessidade de decisão,

que normalmente está associada ao retrabalho para correções (atividades que deveriam ser eliminadas).

Passo básico	Passo específico	Símbolo	Significado	O que representa
Operação	Processamento		Transforma os materiais em produtos semi-acabados	Atividade que agrega valor ao produto final
	Processamento seguido de inspeção		Transforma os materiais em produtos semi-acabados/acabados e recebe verificação em seguida	Atividades que agregam valor ao produto final seguidas de verificação
Movimentação	Transporte		Transporte do material	Deslocamentos no canteiro até o posto de trabalho
Retenção	Espera		Tempo necessário para conformação do produto	Tempo regulamentar exigido por norma
	Armazenagem no pavimento		Armazenagem	Estoque intermediário, duplo manuseio
	Armazenagem seguida de inspeção		Armazenagem intermediária, com verificação em seguida	Estoque intermediário, duplo manuseio, seguido de verificação
Insumos	Insumos		Matérias primas	Materiais necessários
Inspeção	Verificação		Conferência de materiais ou partes do processo, segundo padrões pré-estabelecidos	Investigação da qualidade do produto executado ou de sua parte
	Decisão		Consulta para verificação de conclusão de etapas ou do processo	Questionamento de que o processo foi concluído
	Decisão seguida de inspeção		Consulta de conclusão de etapas ou do processo, seguida de verificação	Questionamento e investigação de que o processo foi concluído

**Ilustração 3.2:** Simbologia utilizada para a construção das redes operacionais.

A inspeção relaciona-se com o controle da qualidade, que introduz o conceito de autonomia. Este significa possibilitar à máquina interromper o processo de produção quando ocorrer algum erro ou quando for gerado um produto não conforme com o padrão de qualidade. Assim, com a implementação da autonomia, a inspeção é incorporada ao próprio processamento. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de falhas ou defeitos e ainda a necessidade de inspeção após o processamento. Ela enxuga a estrutura do sistema produtivo (GUINATO, 1996). As redes operacionais elaboradas têm a característica de inserir esta atividade no processo para que providências de correções sejam tomadas durante sua execução.

Ao observar a inspeção, esta é uma atividade que não agrega valor ao produto, mas tem lugar nesta pesquisa por ser um instrumento eficaz de aprimoramento contínuo e eliminação de defeitos. Conforme Guinato (1996), ela revela defeitos ao longo do processamento, do transporte e das esperas. No caso, a função de controle passa a ser desempenhada por ela.

Outra ferramenta da qualidade a ser utilizada, a partir da elaboração dos fluxogramas, é o método do zero defeito. Este utiliza um processo científico de identificação (5W's) das causas dos defeitos (GUINATO, 1996). Processo semelhante é adotado na pesquisa ao utilizar o "5 Por quê?", que é empregado como tipo de controle para identificar as causas de interrupções nos processos e permitir seu agrupamento na criação de categorias de atividades facilitadoras. É baseado na investigação da causa até suas últimas conseqüências.

O Diagrama de Ishikawa é mais uma ferramenta da qualidade adotada nessa pesquisa. Ele relaciona causas de falha em um processo com dado efeito. É utilizado em projeto de produtos, processos ou serviços. Neste caso, ele relaciona as várias causas de paradas nos processos com interrupções do fluxo do trabalho. Amplia os níveis de causas para o não cumprimento de planos.

Este diagrama foi aplicado em 1952, nos processos da *Kawasaki Iron Funkiai Works*, para efetivar a padronização e o controle dos processos. Este objetiva a qualidade dos produtos (efeito). Antecipa problemas e previne-os antes que eles realmente ocorram. Alertam sobre os fatores que causam problemas (ISHIKAWA, 1997). Conforme Ishikawa, o número de fatores de causa existentes em um processo é infinito e suas classes (ou categorias) de agrupamento podem ser bem diferentes.

A elaboração de redes, para o processo de programação de obras, insere-se neste contexto ao relacionar o trabalho com o tipo de redes adotado para representar os processos, quando se objetiva a continuidade do fluxo de produção. Para isto, é necessário desagregar as atividades para o conhecimento do processo produtivo desenvolvido (SCHALY, 1994).

O primeiro registro desta desagregação de processos encontra-se em uma referência nacional de 1988. Neste trabalho, Cabral (1988) propõe um orçamento operacional, baseado no sistema de produção da obra, e idealiza uma metodologia para este tipo de orçamento.



Segundo Cabral (1988), a inclusão na rede operacional da chegada dos materiais tem o objetivo de informar o momento da necessidade de se tê-los na obra, o que dá subsídios à programação de compra de materiais.

Assim, na literatura nacional, a desagregação dos processos está relacionada também com o GP, uma vez que ela é representada na forma de um fluxograma. Tal fato pode ser observado em Oliveira (1993), que associa macro-fluxogramas com a elaboração da lógica de redes tipo PERT/CPM, quando representadas através do diagrama de blocos, bem como em Schaly (1994). Este último formula os fluxogramas de processos para a programação em Linha de Balanço.

Quanto à literatura internacional, diversos autores apresentam modelos de diagramas de redes para a programação e execução de obras. Nuttall, por exemplo, apresenta um diagrama de setas e círculos na forma de fluxograma, já em 1964. Este evoluiu ao intercalar operações seqüenciadas, em paralelo e os requisitos técnicos da construção, ou seja, as limitações físicas de seqüência de atividades ou as seqüências que são desejáveis por razões técnicas (NUTTALL, 1965, 1966). Conforme esse autor, a seqüência com que cada processo é desenvolvido em suas atividades vem da programação final e incorpora restrições no diagrama de redes.

Observa-se que Nuttall (1964, 1965, 1966) preocupava-se em associar o PERT com restrição de recursos. Ele considera os recursos não mais em etapas separadas, nem supõem que seriam fáceis de encontrar, de se tornarem gargalos.

Por sua vez, Harris e Ioannou (1998), bem como Senior e Halpin (1998), apresentam exemplos de rede que destacam sua relação com:

- As restrições;
- As técnicas construtivas - ligação entre atividades repetitivas, ao unir atividades dentro de cada unidade e entre unidades; e
- Os recursos disponíveis - ligação entre atividades similares de uma unidade a outra.

Nos trabalhos pesquisados, ao se retratar a simbologia adotada e a forma das redes, observou-se que a preocupação dos autores é com o formato das redes e seu manuseio durante a fase de programação de obra, para evitar interrupções e aliar a capacidade de produção à necessidade de recursos em atividades de repetição, entre unidades seqüenciadas.

Não se observou, de modo geral, uma preocupação dos autores com soluções para o problema de descontinuidade na programação pelo estudo destas redes. Somente Schaly (1994) abordou em seu trabalho o assunto de continuidade nos pavimentos e de falhas devido a paradas, pelo não balanceamento dos recursos.

### ***3.3. Metodologia para o Estudo de campo***

Nesta fase de coleta de dados, o protocolo de pesquisa utilizou instrumentos de pesquisa documental e de estudo de caso, como:

- Observação direta de processos e seus registros na forma de acompanhamento de obras;
- Entrevistas não padronizadas com a equipe técnica e quando necessário com o operário que desenvolvia a tarefa;
- Registros fotográficos;
- Análise de documentos como projetos e relatórios; e
- Construção de mapas de processo.

Elaborou-se e aplicou-se um método dividido em duas etapas. A primeira é de identificação das atividades facilitadoras e a definição destas atividades. A segunda é de aplicação dessas em canteiro de obra, com relação ao não cumprimento de planos na execução dos processos.

Esta fase corresponde ao método de elaboração da tese. No capítulo cinco tem-se a elaboração do modelo, bem como no seis sua aplicação e validação. No futuro pretende-se que outros pesquisadores ou gerentes de obra possam reproduzir o procedimento.

É no diagnóstico dos processos que se identifica o problema de pesquisa. Desta forma, o primeiro passo foi investigar o processo de produção. Em seguida, mostrou-se o contexto e as desvantagens de cada problema de parada no fluxo do trabalho, ao inseri-lo na realidade da empresa.

A metodologia de pesquisa foi aplicada com a observação de que os instrumentos utilizados, nos estudos de campo, tinham êxito na identificação das atividades facilitadoras.

Quando do estudo de caso, descreve-se quais destas são adotadas pelos gerentes em seus canteiros de obras.

Um fluxograma de trabalho com dados gerais desta tese pode ser observado na Ilustração 3.3. Este inicia com a definição do problema e vai até as conclusões, embasadas nas teorias estudadas e nos estudos de campo. Verifica-se que o protocolo de pesquisa correspondente a este capítulo foi testado em seis casos exploratórios, para o aprimoramento dos instrumentos a serem aplicados no estudo de caso múltiplos.

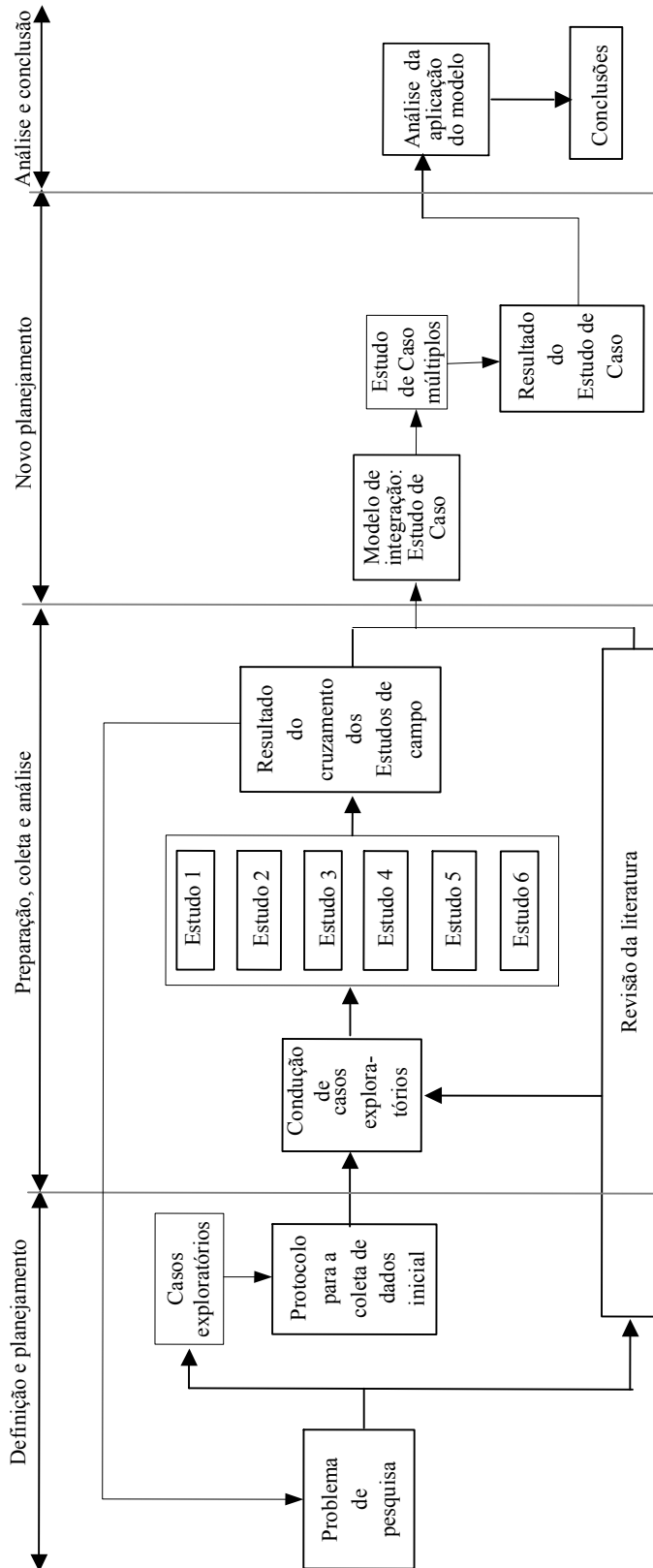
Os casos de campo permitiram também um treinamento por parte da pesquisadora, bem como o aprimoramento dos protocolos de pesquisa. Isto aumentou a confiabilidade do estudo, uma vez que os procedimentos não seguiram uma rotina e ocorrem em ambiente não controlável, como é o caso do canteiro de obras.

Eles ainda, em conjunto com a revisão da literatura, orientaram a pesquisadora na elaboração do projeto final em termos de teorias e de observações empíricas. Torna-se assim um protótipo para o protocolo final de estudo de caso (YIN, 2001).

As ferramentas utilizadas, para a coleta de dados na fase inicial da pesquisa, foram:

- a) Identificação na literatura das atividades que facilitam o processo (Anexo A), ao criar uma lista de verificação;
- b) Identificação em canteiro destas atividades, segundo a lista elaborada;
- c) Mapeamento dos processos de produção desenvolvidos em canteiro, com a consideração de posto de trabalho, *layout* e locais de armazenagem; e
- d) Levantamento de campo, para identificação destas atividades.

Inicialmente, procede-se a uma reunião geral de apresentação da pesquisa e de solicitação da colaboração de todos, para a identificação das atividades que facilitam o processo. Desta participaram os operários, o técnico de segurança, o técnico em edificações, o engenheiro residente e o mestre da obra, bem como profissionais que estejam envolvidos em programas de certificação da qualidade. Em seguida à reunião, registraram-se os processos desenvolvidos no empreendimento, com observação dos meios de transporte, dos postos de trabalho e do *layout* de canteiro. Aplica-se então uma lista de verificação, para a identificação das atividades facilitadoras observadas.



**Ilustração 3.3:** Método de estudo de caso, adaptado de Yin (2001).

### **3.3.1. Lista de verificação para identificação das atividades que causam interrupções no processo**

Foi adotada a observação simples, por ser adequada aos estudos qualitativos. Assim, o acompanhamento dos processos em canteiro ocorreu de forma sistemática e diária. Nele se verificavam as ações que impediam a continuidade do fluxo de produção. Porém, quando o operário não se sentia a vontade com a observação direta sobre seu trabalho, ou mesmo quando a situação tornava-se mais esclarecedora através de sua imagem, a pesquisadora optou pelo registro fotográfico (GIL, 1999). Este tem a função também de complementar a nota de campo, por ser um documento da situação real.

Por meio de registros fotográficos e das notas de campo pôde-se dividir as situações observadas nos enfoques abordados na literatura. Desta forma, a divisão realizou-se de acordo com o tipo de conceito envolvido e a etapa da obra, conforme Ilustração 3.4. A frequência de determinado item, nesta ilustração, pode indicar onde a organização está sendo falha, como exemplo:

- Na qualidade do serviço de construção, com a execução do processo;
- Na fase de concepção, pelo não cumprimento dos requisitos de construtibilidade; e
- Na reação a condições adversas, causadas por restrições que surgem no desenrolar do processo.

Essa ilustração foi originada da Ilustração 2.3, cujos exemplos foram agrupados segundo os itens acima. Estas tentativas de agrupamento foram ensaios para a formação das categorias de atividades facilitadoras.

Muitas vezes, as atividades facilitadoras da construção são situações corriqueiras da indústria fabril, como local de trabalho limpo, sinalização, respeito à seqüência de produção, projetos bem definidos, fluxo contínuo e inspeção. Desta forma, a antecipação é uma forma de corrigir esses desvios (ou negligências) durante a execução. Antecipa os fatores que envolvem o processo e não o processo em si (função desempenhada pelo operário).

Áreas de Conhecimento	<b>Construção Enxuta</b>		Levantamento das necessidades
			Condições de trabalho
			Fluxos físicos
	<b>Análise de Restrições</b>	<b>Incontroláveis</b>	Condições climáticas
			<b>Controláveis</b>
		Retrabalhos	
		Alocação de recursos	
		Inversão de prioridade	
	Falta de recursos		
	<b>Construtibilidade</b>		Projeto
			Simplificação
			Acessibilidade
			Compatibilização
			Seqüenciamento
	<b>Gerenciamento da Construção</b>		Plano de produção
			Técnica construtiva
Qualidade do trabalho			
Acabamento do processo			
Estoque no pavimento e no canteiro			
Layout de canteiro			
Ergonomia			

**Ilustração 3.4:** Divisão dos enfoques da literatura quanto às atividades que causam descontinuidades no fluxo do trabalho.

A Ilustração 3.4 foi desdobrada na 3.5 ao extrair na literatura frases chave que representassem situações de interrupções nos processos produtivos, em cada uma das áreas de conhecimento pesquisadas.

Desta forma, a Ilustração 3.5 mostra os itens que levam a atividades facilitadoras, segundo a revisão da literatura. No caso, o participante respondia S quando o item era verificado em seu canteiro, N quando este não era verificado e colocava informações adicionais na coluna Detalhes. A ilustração é apresentada na forma de uma planilha ao responsável pela obra. Sua aplicação serve para estabelecer um contato inicial. Ela permite ainda que o gerente ou mestre-de-obra observasse o que não era executado por sua empresa e levantasse questionamentos a esse respeito. Introduzia-se assim a consideração destas atividades nos processos de produção.

O objetivo da lista de verificação é fazer um contato inicial com o empreendimento e com a equipe gerencial, para ao final identificar as causas dos problemas relacionados a interrupções em canteiro. Seu preenchimento leva ao traçado do perfil da empresa pesquisada, verificam-se aquelas atividades que já são trabalhadas pela empresa, quais as áreas em que esta é mais atuante e aquelas a serem desenvolvidas pelo redesenho do processo.

	<b>Itens que levam às atividades facilitadoras</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>Detalhes</b>
Construção Enxuta	Pavimenta com antecedência os caminhos de transporte de materiais e movimentação de mão-de-obra			
	Organiza o canteiro			
	Certifica-se da distribuição de materiais			
	Respeita as condições climáticas (restrições naturais, necessidades de sistemas de drenagem)			
	Identifica gargalos que podem ser materiais, processos, equipamentos ou mão-de-obra			
	Aplica o programa 5S			
	Permite a continuidade da rede de suprimentos			
	Prepara o local de trabalho com antecedência			
	Sinaliza os locais de apoio à mão-de-obra			
	Promove a troca de informação entre os membros da equipe técnica, quando da intercessão de suas atividades com outros			
	Observa o fluxo de materiais			
	Observa o fluxo de informações			
Gerenciamento da Construção	Evita a interdependência entre processos			
	Minimiza o deslocamento da mão-de-obra para conclusão de processos			
	Considera local de trabalho, <i>layout</i> e interferência com outros processos			
	Observa a conclusão da tarefa precedente			
	Verifica o nivelamento geométrico entre processos			
	Protege o local de trabalho (guarda-corpos e bandejas)			
	Protege o processo de outros			
	Identifica as falhas no processo			
	Programa o uso dos transportes verticais e horizontais, para abastecimento dos vários postos de trabalho			
	Cuida da seqüência de produção			
	Dispõe os equipamentos adequados à continuidade do trabalho			
Construtibilidade	Considera as restrições na fase de projeto			
	Compatibiliza os projetos			
	Considera os requisitos dos clientes			
	Usa elementos (componentes) pré-fabricados			
	Cuida de falhas nos projetos			
	Considera as condições de canteiro ( <i>layout</i> )			
	Torna o projeto acessível			
	Procura não limitar o espaço, para movimentação de equipamento			
	Procura não limitar o espaço, para execução do processo			
	Aprende com soluções aplicadas na empresa em outras obras			

**Ilustração 3.5:** Lista de verificação para as áreas de conhecimento pesquisadas.

Essa listagem é uma segmentação dos itens colocados na Ilustração 3.4, com exemplos separados conforme a estrutura da ilustração anterior. As áreas de conhecimento STP,

Produção Enxuta e Análise de Restrições serviram de base para o desenvolvimento das demais áreas pesquisadas, onde foram investigados exemplos de aplicações na construção civil. No caso, estas áreas encontram-se representadas na Construção Enxuta.

Nestes exemplos procurou-se fornecer uma amostra para o gerente de canteiro. Esses são resultados dos estudos pesquisados no Anexo A, do qual foram extraídas frases chaves para compor a ilustração.

### **3.3.2. Mapeamento dos processos de produção**

O objetivo da aplicação desta ferramenta é de identificar atividades para o conhecimento do processo. Muitas vezes, o mapeamento ou diagrama de fluxo é adotado para reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor ao produto. Assim, dentre as várias possibilidades adotou-se nessa pesquisa o fluxograma, o qual é chamado de rede operacional.

As redes operacionais contêm todas as formas de atividades, produtivas, improdutivas e auxiliares. Isto acontece porque tem por objetivo representar o processo em detalhes, para que as falhas possam ser identificadas, ao se representar os passos desenvolvidos pelo operário.

Insere-se como uma ferramenta auxiliar do planejamento da produção. Esse não precisa ser detalhado ao extremo. Pode-se identificar a influência de interrupções no planejamento operacional para os demais níveis e onde se deve agir. Sugere-se que os fluxogramas sejam levados em consideração ao se elaborar os demais planos, com a observação no modelo das implicações para cada um dos níveis hierárquicos.





Neste fluxograma, os processos estudados foram desagregados em atividades, segundo o momento de execução e a categoria de mão-de-obra envolvida. Considera atividade tudo que consome tempo e recursos, como materiais, operários e equipamentos.

A rede operacional é fortemente influenciada pela tecnologia utilizada em canteiro, para a execução do produto, em termos de materiais construtivos e equipamentos de apoio. Ela tem a vantagem de poder ser usada em qualquer momento da obra, sem requerer preparação ou ferramentas especiais. Além disso, identifica rapidamente os problemas



existentes e envolve os funcionários em seu aperfeiçoamento. Delineia-se a partir de observação sistemática do processo e de discussão com as pessoas envolvidas.

Na revisão da literatura é apresentada a simbologia comumente adotada na engenharia de produção, para a construção de mapas de processo. Porém, neste trabalho foram criados outros símbolos, acrescentados aos primeiros, quando da elaboração das redes operacionais. Estes correspondem a passos específicos e são apresentados na Ilustração 3.6.

Passo básico	Passo específico	Símbolo	Significado	O que representa
Operação	Retrabalho		Correção do produto por não conformidade	Atividade de processamento extra, usada para correções
	Interdependência entre redes		Transformação que depende de outro processo	Interdependência entre processos
	Retrabalho seguido de verificação		Correção do produto por não conformidade, que recebe uma verificação em seguida	Atividade de processamento extra, usada para correções
Atividade facilitadora	Atividade antecipável ou de remoção de restrição		Atividades facilitadoras do processo	Atividades chaves do processo

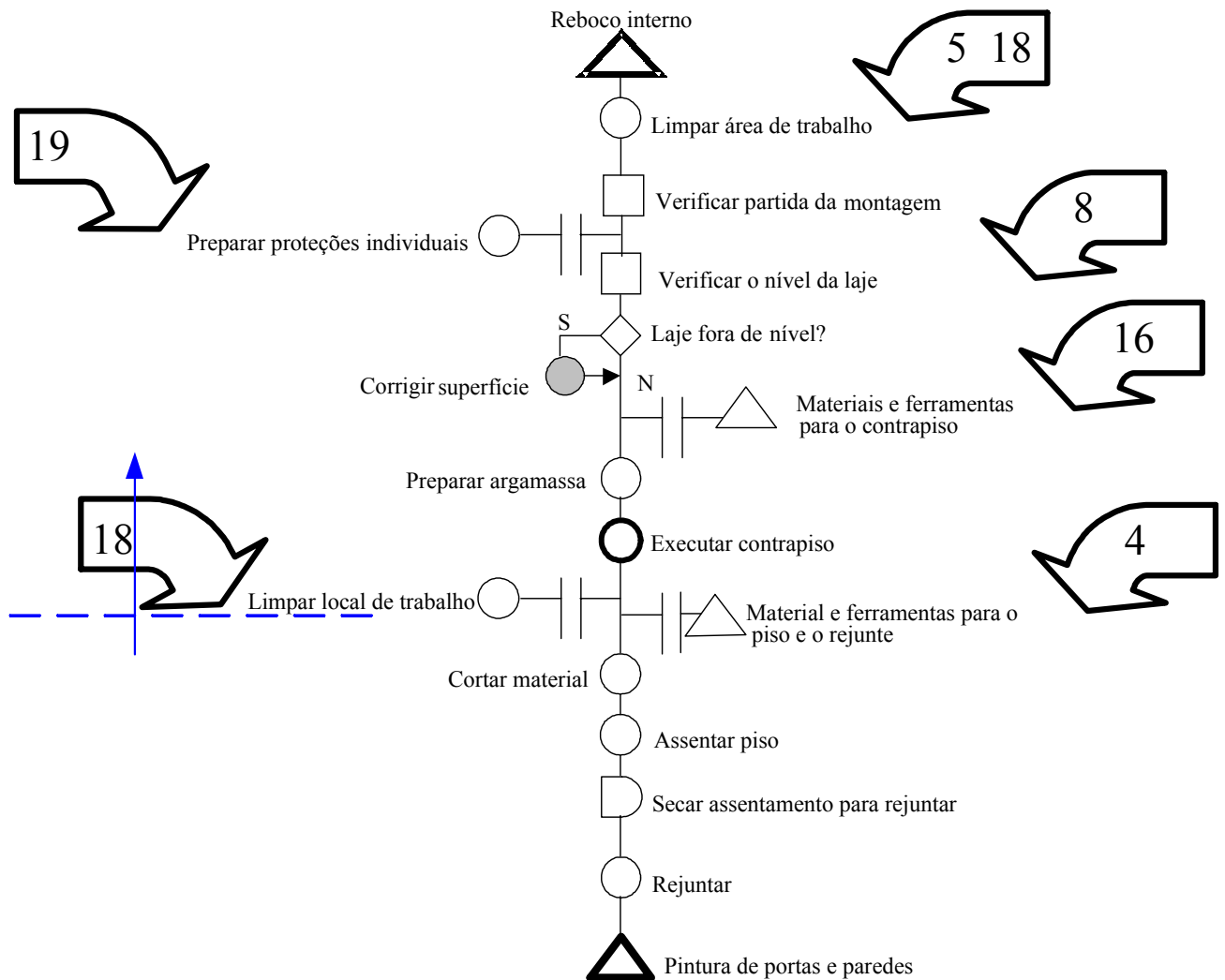
**Ilustração 3.6:** Simbologia acrescentada a da engenharia de produção para a construção das redes operacionais.

Com as redes operacionais elaboradas utiliza-as para a retroalimentação do processo e, ainda, para discutir em reunião, com a equipe técnica, o seu aperfeiçoamento, por meio do acompanhamento do processo de produção. Assim, inicialmente, essas são desenhadas na forma de rascunho em obra para o entendimento do fluxo.

Deste modo, os processos apresentados nas redes operacionais são decompostos em atividades para a identificação e elaboração dos planos de trabalho. São assinalados os pontos marcos de controle de início e fim do processo. Estes são representados pelos símbolos de estoque nas extremidades do fluxograma. Eles representam os fornecedores e os clientes dos produtos, são, portanto, um estoque de processo semi-acabado. Essa segmentação detalha os processos no nível de execução, ou seja, do que deve ser feito para que o produto seja realizado com êxito, conforme Ilustração 3.7.

Verifica-se um exemplo de rede operacional nesta última ilustração para o sistema construtivo convencional. Este apresenta a colocação de Piso de Granito em área seca. Para construir essa rede operacional, como as dos demais processos, fez-se a observação desses em

canteiro, com acompanhamento seqüenciado de suas etapas, para a identificação das atividades componentes, bem como dos momentos de verificação e de decisão para sua finalização.



- 5 → Observar interferências entre processos.
- 8 → Verificar o nivelamento da superfície antes de iniciar o processo, para evitar interrupções durante o assentamento.
- 16 → Armazenar e disponibilizar os materiais e as ferramentas de forma adequada.
- 4 → Testar e aprovar cores de rejunte.
- 18 → Manter local de trabalho limpo para deslocamento dos recursos de produção.
- 19 → Disponibilizar os equipamentos de segurança necessários.

**Ilustração 3.7:** Rede operacional do processo Piso de Granito em área seca.

Esse instrumento deve ser colocado em canteiro para melhor visualização dos processos, seus componentes, sua rede de fornecimento e de clientes. Quando os símbolos têm borda em negrito eles significam intersecção com outros processos. Salienta-se ainda os símbolos que representam os momentos de esperas devido a restrições técnicas e de transporte de material.

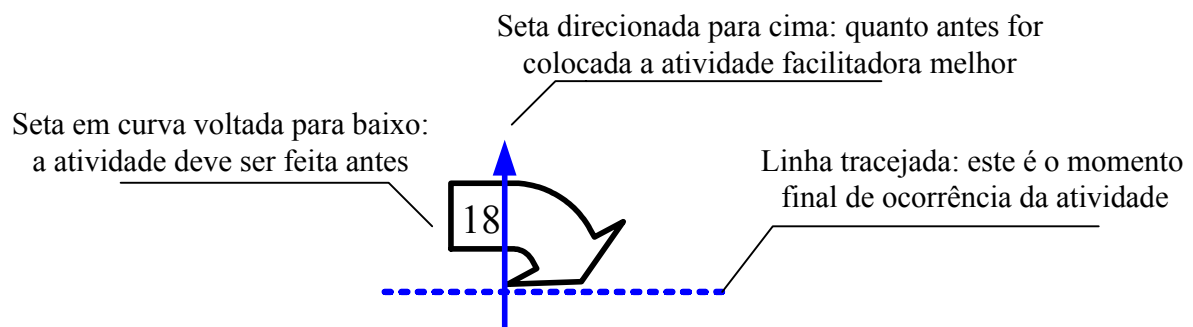
No exemplo da ilustração 3.7, a intersecção é representada pelo processo de Contrapiso, incluído dentro do processo de Piso de Granito em área seca. Isto ocorre porque o Contrapiso é executado por outra equipe e possui procedimento operacional próprio.

O traçado da rede mostra, através da simbologia, quais as atividades que devem ser priorizadas nos procedimentos de trabalho (aquelas que agregam valor), bem como os materiais, as ferramentas e os equipamentos que são necessários ao desempenho do processo. Estes são representados pelo símbolo de abastecimento de recursos, destacados na ficha de procedimento operacional. As atividades facilitadoras identificadas são destacadas por setas nos fluxogramas, de modo a possibilitar a continuidade do fluxo de produção.

O processo Piso de Granito tem como fornecedor o Reboco Interno e como cliente interno a Pintura de Portas e Paredes.

O objetivo das setas é indicar atividades facilitadoras, para que a equipe possa evitar ou reagir a uma interrupção provocada pela sua ausência. Elas indicam os momentos nos quais as causas de interrupção ocorrem, conforme a Ilustração 3.8. A numeração colocada no interior das setas facilita a identificação de cada uma dessas atividades.

No processo retratado na Ilustração 3.7 a seta, com o número 5, representa também a restrição no trabalho em local de grande movimentação, como o *hall* do elevador. Neste caso, é necessário, para evitar interferência entre processos, que o espaço encontre-se disponível unicamente para sua realização.



**Ilustração 3.8:** Explicação dos momentos de ocorrência das atividades facilitadoras.

Na Ilustração 3.8, as linhas em azul servem para dar suporte ao plano tático. Deste modo, a linha tracejada delimita o momento até onde a decisão deve ser tomada para evitar a interrupção. Por sua vez, a seta vertical em azul mostra que esta atividade pode ser colocada no processo tão antes quanto seja possível.

O momento de aplicação destas atividades relaciona-se com o tempo requerido para disponibilizar os recursos que são necessários, além de decisões como a conveniência de ser antes ou depois de determinada etapa do processo. Desta forma, podem estar no início da rede operacional ou em seu interior. Por exemplo, a verificação de partida da montagem é uma antecipação de atividade que poderia ser feita junto aos arquitetos, no projeto, ou em uma decisão na obra com a presença deles, durante sua execução ou no final, momento anterior ao assentamento do piso.

Outro exemplo é o teste do rejunte, relacionado a sua coloração. Este deve ser realizado no momento anterior a disponibilização dos materiais. Destaca-se que como os processos são padronizados e desenvolvidos dentro da realidade da empresa, eles podem apresentar disposições diferentes.

Após o aperfeiçoamento das redes operacionais segundo o desempenho em obra, conformam-se os cartões de produção intitulados instrução de trabalho, a serem usados na primeira vez em que for executado o processo. Esse instrumento faz parte dos procedimentos executivos. Este é usado pela equipe de trabalho para acompanhamento dos processos.

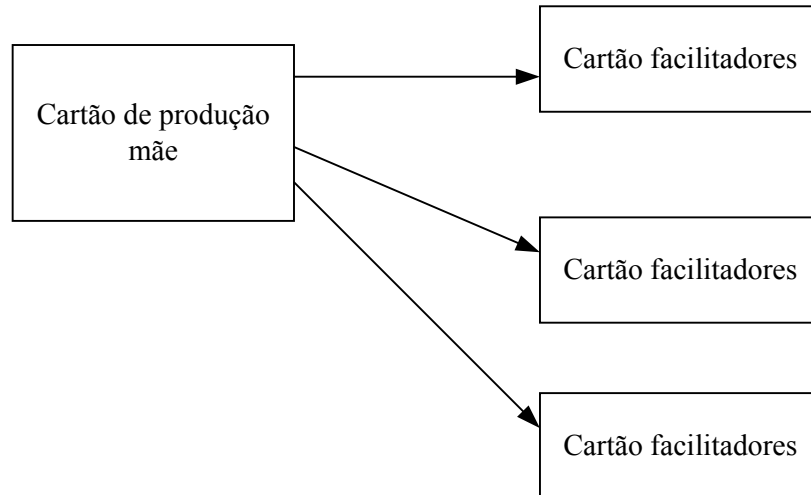
Um exemplo neste sentido é a tese de Amaral (2004). Nela as redes operacionais elaboradas<sup>28</sup> compuseram os procedimentos de trabalho para a empresa. Foram usadas para auxiliar a qualificação dos trabalhadores no manuseio desse instrumento, ainda sem levar as antecipações a suas últimas conseqüências.

No cartão consta, em sua folha principal, a rede operacional e a simbologia utilizada. No seu verso estão as necessidades do processo em termos de recursos, como os equipamentos de proteção individual e coletivo necessários a sua realização, bem como as ferramentas e os materiais.

---

<sup>28</sup> As redes operacionais utilizadas e avaliadas na tese de Amaral (2004) foram elaboradas pela autora da presente tese, quando do estudo de campo 5.

No caso de uso de cartões de produção, cada atividade facilitadora corresponde a um cartão especial, que, por sua vez, determina a necessidade de recursos humanos e materiais. Esta deve ser incluída na programação da obra (Ilustração 3.9).



**Ilustração 3.9:** Família de cartões de produção.

**3.3.3. Levantamento de campo para identificação de atividades**

Após apresentação das ferramentas utilizadas na elaboração das redes operacionais, na classificação e identificação das atividades facilitadoras, parte-se para a busca destas atividades em campo, para que possam ser determinadas e incluídas nos fluxogramas.

Elaborou-se então uma planilha, Ilustração 3.10, com esses exemplos e com suas respectivas causas. Após esta identificação preliminar, houve o desdobramento das causas individualmente em direção ao motivo primário. Para isto, utilizou-se da ferramenta da qualidade “5 Por quês?” (SHINGO, 1996a, 1996b; OHNO, 1997). Segundo estes autores, a técnica consiste em perguntar “por quê?” repetidas vezes, até que a causa básica do problema seja identificada.

Exemplo	Causa	Fonte	Está relacionado com que tipo de descontinuidade
		Obra pesquisada 1	
		...	
		Obra pesquisada n	

**Ilustração 3.10:** Planilha de levantamento dos exemplos de interrupções nos serviços de construção.

Assim, a coluna na planilha “está relacionado com que tipo de descontinuidade?”, na Ilustração 3.10, foi preenchida para cada exemplo mediante suas causas primárias. Esta coluna tem o objetivo de delimitar a definição do termo antecipação. Chama-se de causas primárias às raízes para a identificação de uma interrupção.

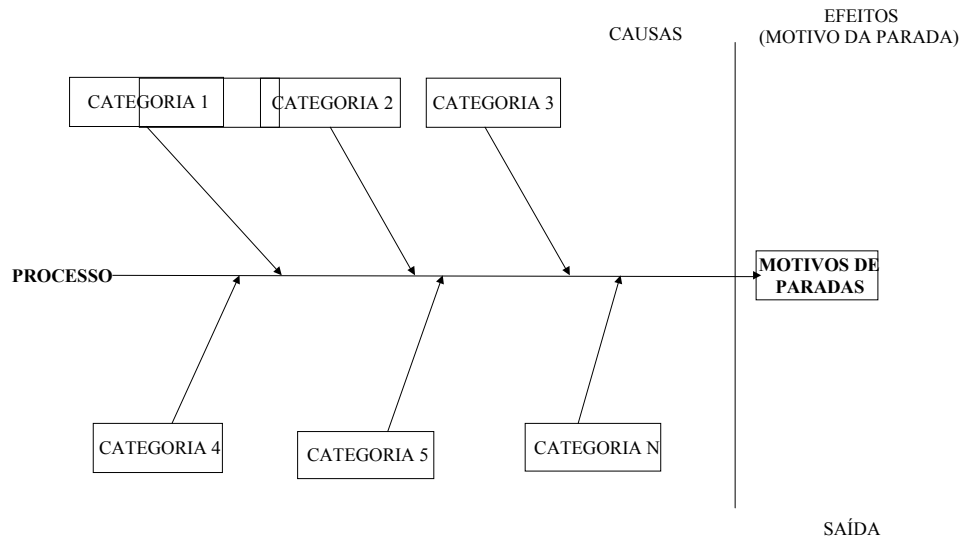
Cada exemplo de interrupção, no fluxo do processo coletado no canteiro de obra, foi registrado na planilha e correlacionado com a causa que o gerou. Por sua vez, esta é de ordem primeira e foi explodida em seus níveis inferiores, em busca da causa primária, pelo uso do “5 Por quês?”.

#### **3.3.4. Construção do Diagrama de Ishikawa**

O Diagrama de Ishikawa é um veículo para que as categorias de atividades facilitadoras sejam introduzidas nas redes operacionais, para evitar a interrupção do fluxo de trabalho. Nele se apresentam as causas de não cumprimento dos planos de produção em dado processo. As atividades correspondentes são inseridas nas redes segundo o momento mais apropriado para a tomada de decisão, conforme os níveis de divisão do diagrama.

Esta ferramenta, também conhecida como Causa e Efeito ou ainda Espinha de Peixe, relaciona os fatores (causas) com uma característica da qualidade (efeito). Deste modo, o efeito que se procura é o não cumprimento de planos. Para esta pesquisa, as causas são as categorias de atividades facilitadoras.

Um esboço do diagrama proposto é apresentado na Ilustração 3.11. Nela estão grafadas as categorias de atividades facilitadoras, como as causas para a interrupção no fluxo do trabalho.



**Ilustração 3.11:** Esboço do Diagrama de Ishikawa adaptado para a pesquisa.

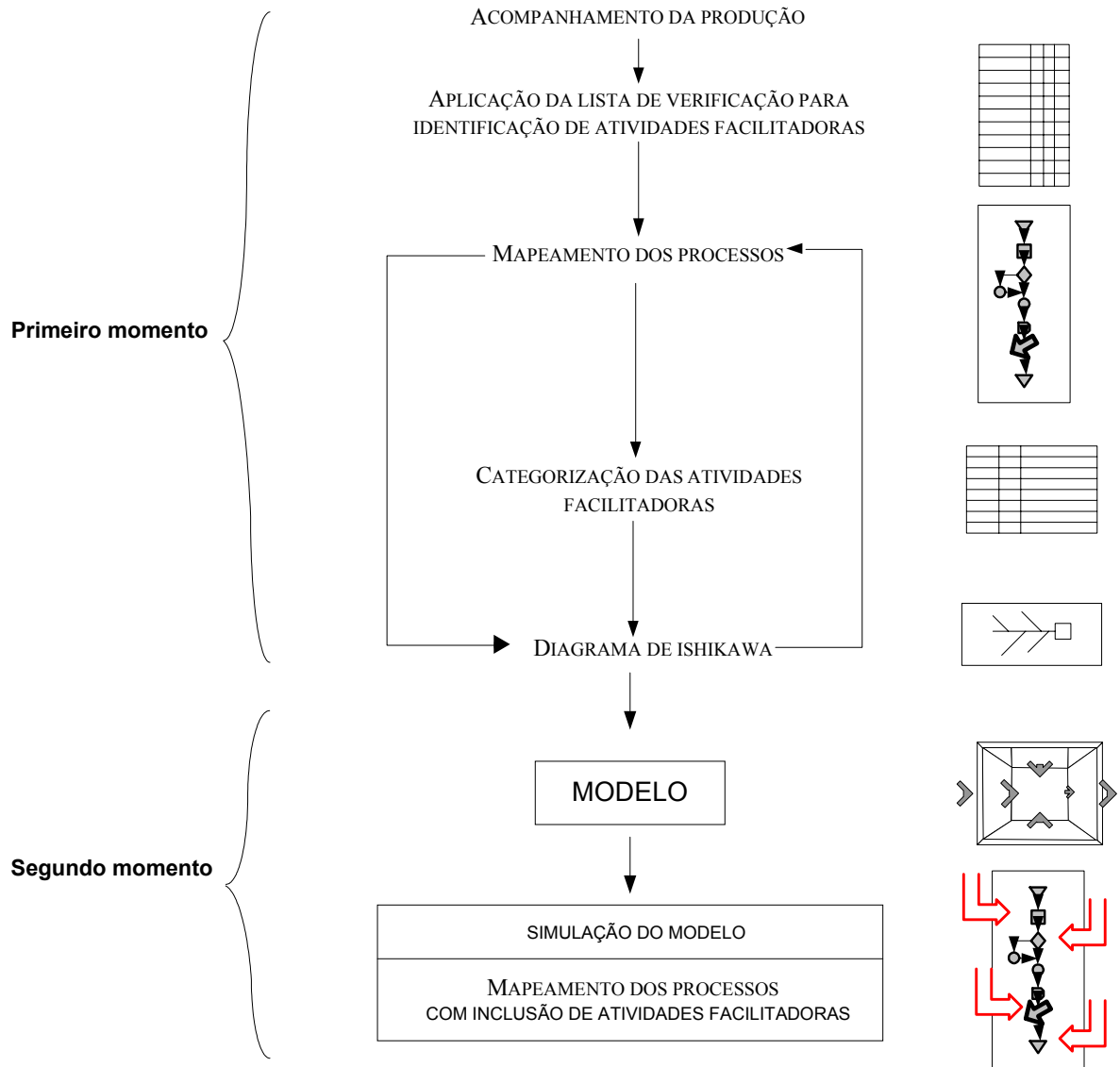
### 3.4. Metodologia para o Modelo

A Ilustração 3.12 apresenta o método elaborado para a tese. O primeiro momento destacado corresponde às ferramentas do capítulo quatro. Estas colaboraram para a definição das atividades antecipáveis. Isto é realizado através das evidências de que estas podem contribuir para a continuidade do fluxo do trabalho, que sofreu interrupção. No segundo momento, apresentam-se as ferramentas que foram aplicadas para a validação da tese. Neste foram acompanhados os processos de produção e aplicados no modelo. Nesta oportunidade foram geradas redes operacionais com suas respectivas atividades facilitadoras.

As ferramentas desta fase de coleta de dados foram:

- a) Identificação em canteiro das atividades facilitadoras, observadas na lista de verificação das áreas da literatura.
- b) Mapeamento dos processos de produção.
- c) Lista de exemplos de não cumprimento de planos em obra.
- d) Investigação dos motivos para o não cumprimento desses planos, segundo os exemplos levantados.
- e) Categorização das atividades facilitadoras.

- f) Diagrama de Ishikawa.
- g) Redes operacionais com as atividades facilitadoras.



**Ilustração 3.12:** Resumo da metodologia proposta para a identificação de atividades especiais e de motivos de descontinuidade no processo produtivo.

As categorias de atividades propostas e a diferenciação entre atividades antecipáveis e de remoção de restrições colaborarão para a classificação das atividades facilitadoras identificadas pelos gerentes de obra.



Nos encontros com os profissionais definiu-se o pacote de trabalho ou processo para a elaboração da rede operacional. Nesta circunstância busca-se determinar quem é o cliente do processo, qual sua interface e mostrar que as atividades facilitadoras permitem a continuidade do trabalho.

Realizou-se entrevistas não estruturadas. Elas foram espontâneas e os respondentes foram engenheiros de obra com experiência de campo. O objetivo foi levantar exemplos de atividades facilitadoras e de variáveis para a construção do modelo. Foram realizadas em Florianópolis/Santa Catarina com sete engenheiros. Elas eram iniciadas registrando a opinião deles sobre determinado evento. Pedia-se que eles interpretassem os acontecimentos e esse dado era usado para proposições como base para uma nova pesquisa. Neste caso, ajudaram na elaboração do contexto e das variáveis do modelo, a ser aplicado no estudo de caso.

As principais estratégias adotadas nesta entrevista foram:

- Entrevistas não estruturadas, focando os procedimentos operacionais dos processos de produção;
- Acompanhamento de obra (visitas de campo);
- Debate sobre produção de processos específicos;
- Discussão a partir de registros fotográficos do arquivo/histórico do engenheiro; e
- Mescla entre os itens anteriores.

Nas entrevistas, optou-se por buscar informações também em outras fontes de evidências, para não se tornar dependente dos entrevistados. Por exemplo, realizaram-se visitas de campo às obras, em que os engenheiros pesquisados trabalhavam, e consultas a procedimentos de trabalho, para confirmar ou contestar as interpretações dadas por esses respondentes, como sugerido por Yin (2001). Nesse caso, estas outras fontes foram consideradas secundárias.

Quando necessário utilizou-se da entrevista focal, corroborando com Yin (2001). Esta é espontânea e informal, com o propósito de esclarecer certos fatos já estabelecidos. As questões foram formuladas de modo que o entrevistador parecesse ingênuo acerca do tópico e possibilitasse que o respondente fizesse novos comentários sobre o assunto.

Segundo Richardson (1999), as variáveis apresentam duas características fundamentais, como: são aspectos observáveis de um fenômeno e devem apresentar variações ou diferenças em relação ao mesmo ou a outros fenômenos.

As variáveis principais consideradas no processo associam-se às fontes de evidências e são apresentadas na Ilustração 3.13. Na Ilustração 3.14 apresentam-se, por sua vez, as variáveis independentes e intervenientes do modelo. Relaciona-as com as fontes de evidências empregadas para sua identificação, tanto nos estudos exploratórios como nas entrevistas, bem como com os itens descritos no capítulo dois, por Oglesby, Parker e Howell (1989).

Variáveis	Fontes de evidências
Exemplos que causam paradas nos fluxos	Entrevistas
	Fundamentação teórica
	Levantamento de campo
	Registros fotográficos
	Documentos
Causas de paradas	Observação do que pára o fluxo
	Árvore de causas
Categorias dessas atividades	Relação causa/efeito
	Diagrama de Ishikawa

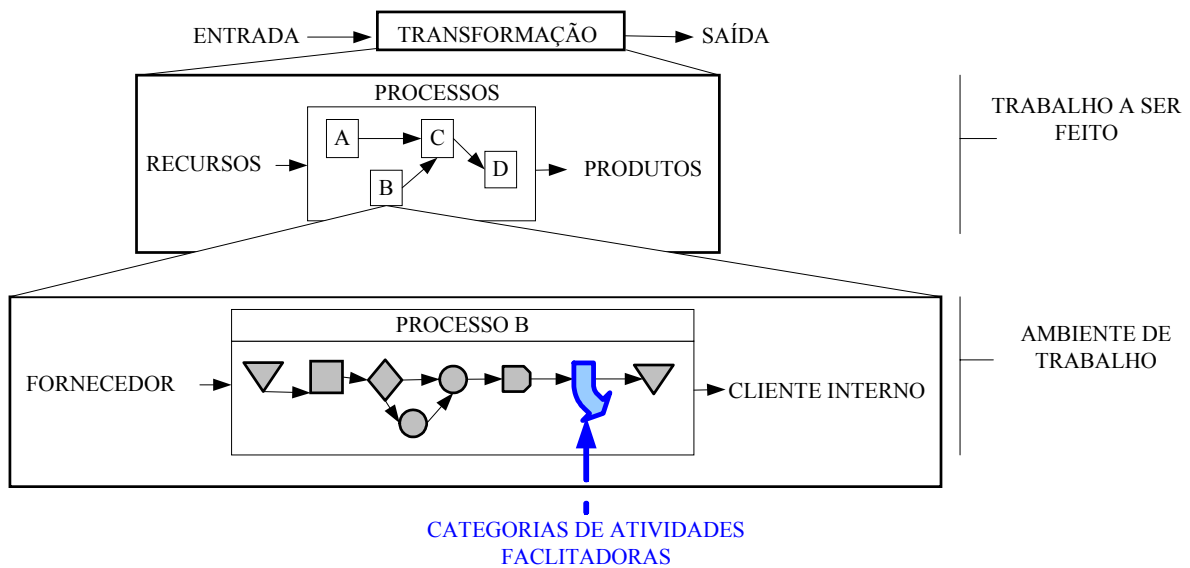
**Ilustração 3.13:** Relação entre variáveis principais e fontes de evidências.

O passo seguinte ao levantamento de variáveis é o questionamento de quais devem ser consideradas no modelo de identificação de atividades e que facilitem a continuidade dos processos de produção. Utiliza, para isto, os dados de entrada do processo e considera-se que os acontecimentos ocorrem no contexto real.

Variáveis			Fonte de evidência
Descrição da literatura	Descrição de campo		
<b>Independente</b>	Instruções	Instruções	Documentos
	Método	Tipo de processo	Levantamento de campo
	Restrições externas	Condições climáticas	Dados climáticos
		Envoltória (local, limitação)	Levantamento de campo
	Espaço disponível para o trabalho	Tipo de obra	Levantamento de campo
	Materiais	Materiais	Documentos
	Equipamentos	Equipamentos	Documentos
	Ferramentas	Ferramentas	Documentos
Mão-de-obra	Mão-de-obra	Documentos	
<b>Intervenientes</b>	Planejamento do processo	Planejamento de obra formal ou informal	Documentos
	Inovações tecnológicas	Uso de inovações tecnológicas	Levantamento de campo
	Informações	Informações	Documentos
	Necessidade de coordenação	Compatibilização	Projetos
	Manuseio de materiais	Deslocamentos horizontais e verticais	<i>Layout</i> de canteiro
	Identificação de procedimentos	Empresa certificada ou boa	Entrevistas e Documentos
		Padronização do processo	Documentos
	Processo de fluxo de informação	Fluxo de informação	Documentos
	Desencadeamento das tarefas no canteiro	Existência de programação	Documentos
	Experiência e treinamento requeridos	Experiência do engenheiro	Entrevistas
Segurança do trabalho	Requisitos de segurança	Documentos e levantamento de campo	

**Ilustração 3.14:** Variáveis independentes e intervenientes do processo, identificadas nos estudos exploratórios e em entrevistas.

A Ilustração 3.15, por sua vez, mostra um esboço da rede operacional (PROCESSO B) e sua relação com clientes, demais processos de produção e com as atividades facilitadoras, segundo suas categorias. Este será o campo de trabalho para os gerentes de obra, ou seja, apenas a execução dos processos. Na ilustração, a seta em azul representa a atividade facilitadora.



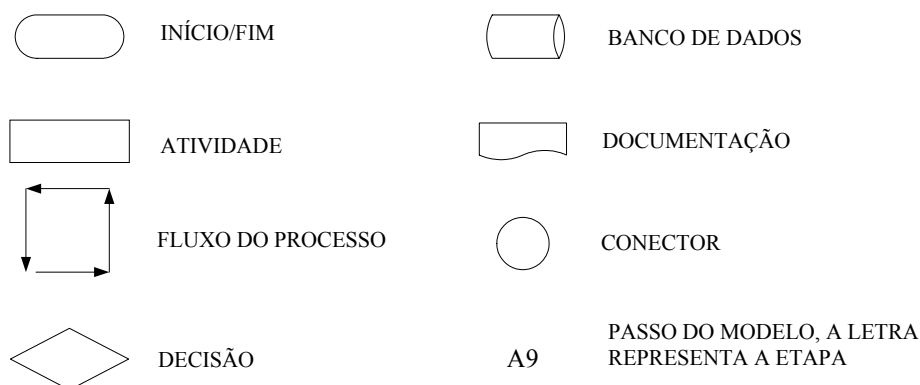
**Ilustração 3.15:** Esboço da cadeia produtiva do sub-setor edificações, com a inclusão das categorias de atividades facilitadoras.

Para o mapeamento dos processos faz-se o reconhecimento do que é produzido no momento da pesquisa no canteiro de obras, como:

- Inter-relação entre processos de produção (entradas e saídas);
- Elaboração dos fluxogramas para cada um deles; e
- Verificação da programação de obra adotada.

Como o objetivo do trabalho é simular o modelo, os processos acompanhados gerarão redes operacionais. Caso existam processos semelhantes no banco de dados de redes desenvolvido ao longo desta tese esses serão utilizados como referência para a construção do processo atual, senão será criado um novo. O referido banco de dados tem exemplos distribuídos nas mais diversas fases executivas e com produtos de construção variados. É representado pela Ilustração 3.7.

Para a reprodução do modelo em canteiro de obras foram elaborados fluxogramas gerenciais com os procedimentos para a identificação das atividades facilitadoras. A simbologia adotada é apresentada na Ilustração 3.16. O modelo é dividido em etapas e estas em passos. Cada passo deve evidenciar seu objetivo, justificativa, ação, ferramentas, executores e resultados esperados.



**Ilustração 3.16:** Legenda da simbologia adotada no modelo.

Ao se conduzir uma pesquisa trabalha-se com os campos da teoria e da observação, ou seja, entre o que se pensa do mundo e o que está acontecendo nele. O mesmo ocorre ao investigar uma relação causa e efeito (OLIVEIRA, 2000).

Com relação à lista de verificação, esta será elaborada no modelo como uma resposta para a empresa. Esta concorda com o descrito no trabalho de Bernardes e Bortolazza (2004). Neste, os autores basearam-se em questionário respondido por 25 empresas na cidade de Porto Alegre sobre a identificação, análise e remoção de restrições em seus canteiros de obra, dentro do planejamento de médio e curto prazo. Assim, quando elas foram questionadas quanto à forma na qual gostariam de serem lembradas das restrições, 35,71% dos respondentes gostariam de receber *e-mails* de alerta, enquanto que 71,43% destes preferiam utilizar um *checklist* para apoiar o processo de identificação nas datas limites de remoção das restrições. Isto concorda com a presente tese na forma de apresentação das atividades facilitadoras, para a continuidade do fluxo do trabalho na empresa.

Quanto à validação do modelo, a Ilustração 3.17 apresenta os critérios para julgar a qualidade de um projeto de pesquisa, segundo Yin (2001). Nesta somente o item “Faz análise de séries temporais”, na validade interna, não tem aplicação na tese.

Com relação à confiabilidade, o relacionamento desta com a validade é simples de compreender. “Uma medição pode ser confiável, mas não ser válida. Entretanto, ela deve ser confiável antes de poder ser válida. Assim, a confiabilidade é uma condição necessária, mas não suficiente para a validade. Em outras palavras, uma medição pode avaliar de modo consistente um fenômeno (ou resultado), mas a menos que esta teste o que se deseja testar, ela não é válida” (OLIVEIRA, 2000).

Testes	Tática do estudo de caso	Pretensão	Fase da pesquisa na qual a tática deve ser aplicada
Validade do constructo	Utiliza fontes múltiplas de evidências	Estabelecer medidas operacionais corretas, para os conceitos que estão sob estudo	Coleta de dados
	Estabelece encadeamento de evidências		Coleta de dados
	O rascunho do relatório do estudo de caso é revisado por entrevistados		Composição
Validade interna (apenas para estudos explanatórios ou causais, e não para estudos descritivos ou exploratórios)	Faz adequação ao padrão	Estabelecer uma relação causal entre os atores intervenientes do processo	Análise de dados
	Faz construção da explanação		Análise de dados
	Faz análise de séries temporais		Análise de dados
Validade externa	Utiliza lógica de replicação em estudos de casos múltiplos	Estabelecer o domínio ao qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas	Projeto de pesquisa
Confiabilidade	Utiliza protocolo de estudo de caso	Demonstrar que as operações de um estudo – como os procedimentos de coleta de dados – podem ser repetidas e apresentam os mesmos resultados	Coleta de dados
	Desenvolve banco de dados para o estudo de caso		Coleta de dados

**Ilustração 3.17:** Validade e confiabilidade para julgar um projeto [Fonte: Adaptado de YIN (2001), p.55].

O objetivo do teste de confiabilidade é certificar-se de que o pesquisador seguiu exatamente os mesmos procedimentos descritos por outro que veio antes dele e conduziu o mesmíssimo estudo de caso novamente. Assim sendo, o último pesquisador deve chegar às mesmas conclusões e descobertas. Ela serve para minimizar os erros e as visões tendenciosas de um estudo (YIN, 2001). Conforme o autor, a estrutura teórica refere-se à preparação de um modelo que permita a replicação do trabalho por outras pessoas, para generalização de casos novos.

Outra forma de validar o modelo é fazer sua análise. Neste caso, compara-o com uma equação, por exemplo:  $Y = f * X$ .

Onde:

$Y \rightarrow$  é a variável dependente, no caso a ocorrência de parada.

$X \rightarrow$  é a variável independente (os dados de entrada).

$f \rightarrow$  é a variável interveniente, que são os fatores que atingem o processo de produção, considerando o ambiente em que se insere.

A Ilustração 3.18 apresenta a matriz que servirá de análise destes dados. Assim, as colunas  $X$  apresentarão cada um dos dados de entrada e as linhas  $Y$  os fatores intervenientes, ambos definidos anteriormente. O ponto de intercessão de um par destas variáveis representa a atividade que resultou em interrupção no processo.

		$X$				
		Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	...	Entrada n
$f$	Fator 1					
	Fator 2			X		
	...					
	Fator n					

Interrupção

**Ilustração 3.18:** Matriz que correlaciona as variáveis independentes com as intervenientes.

Com relação à análise do estudo, segundo Yin (2001), ela é de alta qualidade, quando:

- Deixar claro que se baseou em todas as evidências relevantes;
- Abranger todas as principais interpretações concorrentes. Se uma outra pessoa tiver uma explicação alternativa para uma ou várias das descobertas deve fazer dessa uma explicação concorrente;
- Dedicar-se às questões mais importantes de seu estudo de caso, para atingir todos os seus objetivos;

- Utilizar conhecimento prévio de especialista em seu estudo de caso. Deve analisar questões semelhantes no passado e estar consciente das discussões e do debate atual sobre o tópico do estudo de caso.

O estudo de caso foi escolhido como estratégia, porque, conforme Yin (2001), examina-se acontecimentos contemporâneos, em que não se podem manipular os comportamentos relevantes, dentro do contexto da vida real. Principalmente, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Conforme o autor, ele conta com muitas das técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências, que usualmente não são incluídas no repertório: observação direta e série sistemática de entrevistas.

Um protocolo para condução do estudo de caso deve conter o instrumento (que são as ferramentas a serem utilizadas), os procedimentos e as regras gerais a serem seguidas ao usar o instrumento. Assim, no protocolo, para a coleta de dados e para seu tratamento, definiu-se que:

- As fontes de evidências são procedimentos operacionais, registros fotográficos, consulta a documentos, acompanhamento de obra e entrevistas não estruturadas.
- Os procedimentos de campo são seleção da empresa e da obra para o estudo de caso múltiplo; visitas diárias à obra, observando os processos em andamento e as causas de paradas; alterações nos procedimentos para investigação destas; elaboração de fluxogramas; esclarecimento de dúvidas com a equipe de administração da obra; registro fotográfico; consulta a projetos e participação de reuniões.
- O protocolo para condução de estudo de caso é composto de observação do que pode parar ou facilitar o processo, ou seja, o seu entorno, segundo os procedimentos de campo; apresentação do modelo para o engenheiro da obra; explicação deste; simulação de fluxogramas com os processos em execução no momento; dúvidas e sugestão para o seu aperfeiçoamento.

O protocolo e as questões para o estudo de caso envolvem a definição do trabalho e o planejamento para a implementação. Sua condução foi realizada através da coleta de evidências para sua análise. Isto acontece para confirmar que o caso é válido como replicação.



- O tratamento dos dados utilizou-se do agrupamento de informações, segundo os processos. Isto correspondeu ao plano de análise e aos relatórios do estudo de caso.

Nas informações descritivas procurou-se apresentar o ambiente no qual a obra está inserida e os processos observados. Nas informações explanatórias, por sua vez, descreveu-se a relação causa/efeito para os motivos de paradas, além da geração de categorias e ligação com os níveis hierárquicos, com possibilidade de consulta ao banco de dados de exemplos de atividades facilitadoras.

Quanto ao relatório do estudo de caso múltiplo, pretende-se apresentar à empresa os resultados obtidos na primeira fase, já que esta participou da estratégia de levantamento adotada. Apresenta-se também o modelo e sua descrição, as variáveis consideradas, o Diagrama de Ishikawa, os fluxogramas elaborados a partir dos procedimentos operacionais em execução na obra e a aplicação do modelo.

## **4. ANÁLISE E RESULTADOS DO ESTUDO DE CAMPO**

Após a aplicação das ferramentas apresentadas, procedeu-se a análise dos estudos de campo. Estes foram em número de seis e possibilitaram a delimitação do termo antecipações de atividades. Assim, nos quatro primeiros estudos foram elaborados os instrumentos iniciais de coleta de dados e identificados exemplos destas atividades em canteiro. Nos estudos 5 e 6 inseriu-se a planilha de identificação de falhas e desenvolveu-se a simbologia de representação das atividades facilitadoras.

Os estudos de campo foram escolhidos pela quantidade de dados possíveis de serem coletados, bem como por apresentarem ambientes de canteiro diferentes. Eles envolveram tecnologias variadas. Estas contribuem para a identificação de um grupo mais amplo de atividades facilitadoras.

Com exceção do estudo 4, os demais apresentaram observações para coleta de dados diárias ou semanais, através de interação com os responsáveis e os executores do processo de produção.

Optou-se por usar uma lista para avaliar a maioria dos processos. A investigação teve por base a tecnologia convencional, para a criação de um banco de dados com redes operacionais. Essa tecnologia foi enfatizada para que outros pesquisadores possam comprovar e revisar suas evidências.

### ***4.1. Descrição das análises***

#### **4.1.1. Processos acompanhados nos canteiros de obras**

Os estudos foram selecionados por serem empreendimentos certificados ou em processo de certificação, racionalizados ou ainda com intervenção acadêmica para otimização de seus processos, conforme descrito anteriormente. Deles somente o estudo 6 apresentou programação formal em obra, apoiada no PERT/CPM e na Linha de Balanço.

A Ilustração 4.1 apresenta a distribuição dos processos pesquisados, de acordo com a etapa da obra. Sua listagem completa, para os estudos de campo encontra-se no Apêndice A<sup>29</sup>. Na referida ilustração observa-se que os processos concentraram-se entre a fase de elevação da estrutura e os acabamentos.

Etapas da obra	Estudos de campo					
	1	2	3	4	5	6
Instalações provisórias				X		
Movimento de terra	X			X		X
Fundações	X			X		
Estrutura	X	X	X	X	X	X
Elementos divisórios	X		X	X	X	X
Esquadrias			X	X	X	X
Acabamento de peitoris e soleiras						X
Acabamento dos elementos divisórios			X	X	X	X
Acabamento de tetos			X	X	X	X
Acabamento de pisos			X	X	X	X
Cobertura			X	X	X	
Instalações de esgoto pluvial			X			
Instalações elétricas	X		X	X	X	X
Instalações de pára-raios			X	X	X	
Instalações hidráulicas (consumo e reserva de incêndio)	X		X	X	X	X
Instalações de esgoto sanitário	X		X	X		
Instalações de gás				X		

**Ilustração 4.1:** Quadro demonstrativo das etapas da obra em que foram acompanhados os processos de produção.

O estudo 1 é uma observação indireta. Sua coleta de dados tinha como objetivo a identificação de perdas nos processos de montagem de fôrma, montagem de armadura e elevação da alvenaria, bem como a melhoria de todos os processos desenvolvidos em obra pelo uso de inovações tecnológicas. Teve acompanhamento diário de seus processos produtivos. Trata-se de uma obra em concreto armado com vedações em blocos cerâmicos, na forma de dois edifícios de 12 pavimentos cada, com 4 apartamentos por pavimento e 20.018,71 m<sup>2</sup> de área total construída. Esse empreendimento foi acompanhado pela pesquisadora no período de Março de 1997 a Fevereiro de 1998, em Aracaju/Sergipe.

<sup>29</sup> A classificação dos processos investigados em etapas da obra seguiu a disposição apresentada no “Catálogo de informações sobre processos em obras de edificações para discriminação orçamentária”, organizado pela professora Carin Maria Schmitt/UFRGS (SCHMITT, 200?).

O estudo 2 também foi uma observação indireta e na fase de obra bruta. Seu objetivo era segmentar o processo produtivo dos tipos de lajes pesquisados. Foi desenvolvido no período de dissertação de mestrado da pesquisadora, com coleta de dados de Junho a Dezembro de 1999. No total foram observadas lajes de 10 prédios distintos. Dos empreendimentos pesquisados, três obras eram em alvenaria estrutural e sete em estrutura de concreto armado, com área construída entre 501,04 a 8492,40 m<sup>2</sup>. Eles foram executados em Florianópolis/Santa Catarina, na Grande Florianópolis e em Aracaju/Sergipe. Os tipos de lajes pesquisados foram: maciça, nervurada, em vigota pré-moldada, vigota treliçada, pré-laje, painel treliçado e laje protendida de forma aderente. Os processos de montagem de fôrma, colocação da armadura e concretagem foram observados para cada uma das tipologias. O processo de vedação vertical foi também acompanhado quando a construção foi em alvenaria estrutural ou no caso de se estar executando as últimas lajes de um empreendimento em estrutura de concreto armado com múltiplos pavimentos e com a alvenaria nos andares inferiores já iniciada.

O estudo 3, por sua vez, trata de uma obra em alvenaria estrutural com 703,88 m<sup>2</sup> de área construída, localizada em Florianópolis/Santa Catarina. Apresenta quatro apartamentos por pavimento e os dados foram coletados no período de Junho a Setembro de 2001, na forma de observação direta.

O estudo 4 foi uma observação indireta e baseada no acompanhamento da documentação desenvolvida para a preparação de material de certificação de empresas construtoras, com descrição de procedimentos dos processos apresentados, extraídos de Ambrozewicz (2003). Assim, os canteiros de obra estão espalhados pelo país, na região Norte em Manaus/AM, na Nordeste em Fortaleza/CE e Salvador/BA, na Centro Oeste em Brasília/DF, na Sudeste em todas as capitais dos estados desta região e, por fim, na Sul em Curitiba/PR e Florianópolis/SC. Nestes foram filmados e descritos os procedimentos de obra.

Neste estudo, as obras eram em concreto armado com vedações em blocos de concreto, cerâmico ou de painéis de gesso acartonado. Foram no total 37 processos coletados no período de Fevereiro a Agosto de 2002.

O estudo 5 foi desenvolvido em Florianópolis/Santa Catarina, em observação direta, com acompanhamento semanal de seus processos. Trata-se de um edifício em concreto armado com vedações em blocos cerâmicos, com 11 pavimentos e 4 apartamentos em cada. O

período de coleta de dados foi de Fevereiro a Julho de 2002. Momento em que a empresa estava em processo de certificação pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).

O estudo 6 foi realizado em Aracaju/Sergipe, no período de Janeiro a Fevereiro de 2003, na forma de observação direta e com acompanhamento diário dos processos. A obra tem estrutura em pilares moldados no local e vigas e lajes pré-moldadas, além de vedação em blocos cerâmicos. É composta de dois blocos de 18 pavimentos e quatro apartamentos em cada. Ela apresenta 20941,11m<sup>2</sup> de área total construída e a empresa está certificada pela ISO 9002, 2000.

#### **4.1.2. Identificação das atividades facilitadoras através do levantamento de campo**

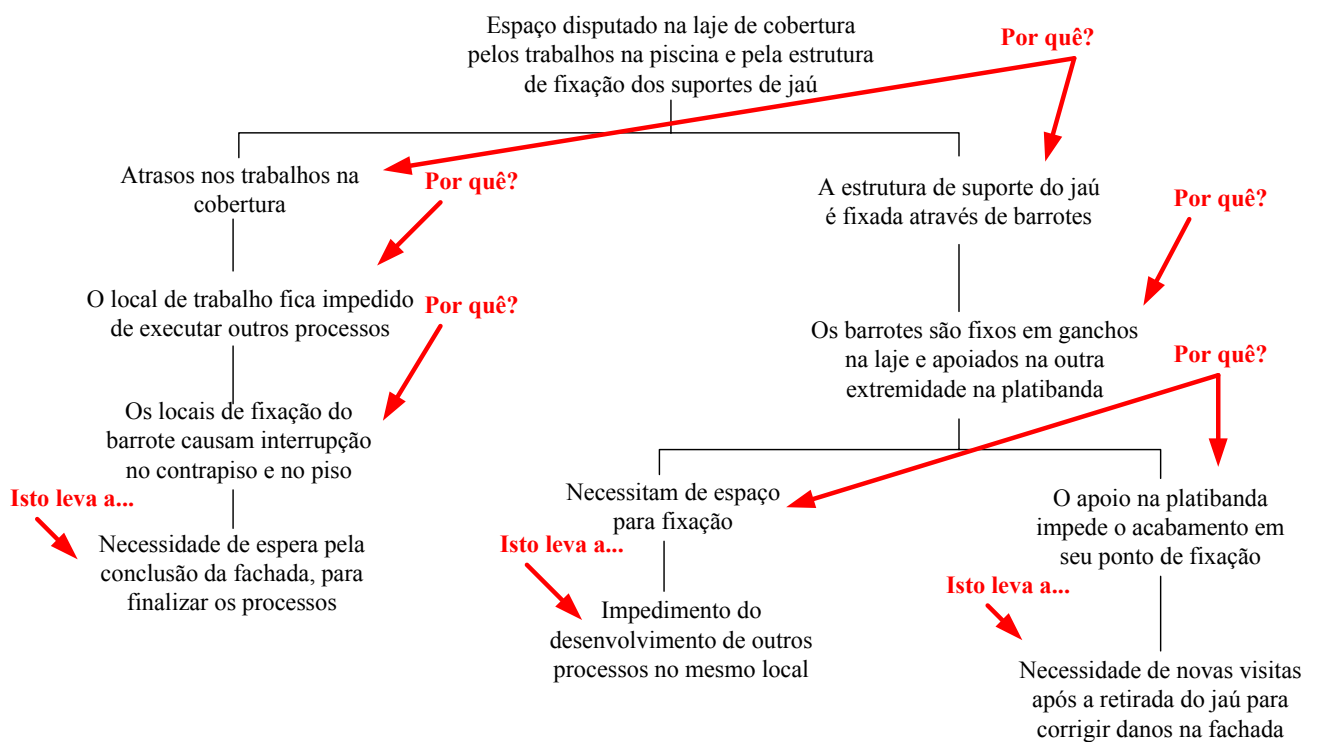
A lista de verificação das atividades facilitadoras foi aplicada nos estudos 5 e 6. Observa-se para o estudo 5 que os itens extraídos da revisão da literatura como atividades facilitadoras tiveram menos de 40% de reconhecimento em campo. Isto demonstrou que a empresa não considera estes aspectos para antecipar atividades, o que dificulta a continuidade de seu fluxo de produção.

No caso do estudo 6, os dados correspondem a média de quatro canteiro de obras da empresa pesquisada. Nele se observa que na lista de verificação as atividades ou ações que permitem a continuidade dos serviços de construção tiveram incidência da ordem de 60,14%. Tal fato pode ser associado a programação formal e ao ambiente de trabalho influenciado por fatores gerenciais. Conforme observado em Bressiani e outros (2003), no levantamento do comportamento enxuto realizado com grupos de trabalho, a empresa do estudo 6 (empresa A do referido artigo) caracteriza-se pelos melhores resultados dentre as pesquisadas, comparativamente a um grupo de quatro outros estudos realizados ao longo do país, que envolveu mais de 100 engenheiros de obras.

Após ambientação da gerência de canteiro com as atividades facilitadoras extraídas da literatura, parte-se para sua identificação em campo. Para isto, utilizou-se planilha de acompanhamento, para levantar os exemplos de interrupções nos processos de produção, mediante observação direta. Neste ponto, correlaciona-se o exemplo que levou à parada com a

causa observada, conforme Apêndice B. Em seguida, procurou-se segmentar essas causas em busca de seus motivos principais através da ferramenta de 5 Por quês. A Ilustração 4.2 apresenta um exemplo deste processo. Elaborou-se então uma árvore para cada exemplo apresentado no Apêndice B. Ela inicia com a interrupção. A partir desta pergunta-se sempre por quê tal fato aconteceu. Neste momento, a árvore pode abrir-se em ramos, ou seja, pode haver mais de um motivo para a parada no processo, como exemplificado na ilustração. A figura corresponde a observação do processo de Contrapiso e de Assentamento de piso na laje de cobertura.

Pergunta-se por quê quantas vezes forem necessárias para se chegar a causa do problema. Quando não couber mais este tipo de questionamento, passa-se a completar a frase “Isto leva a...”. Neste ponto, identifica-se a causa ou as causas primárias. O passo seguinte é verificar a que elas estão relacionadas, para no futuro agrupar as informações nas categorias de atividades facilitadoras.



**Ilustração 4.2:** Exemplo de árvore que decompõe o não cumprimento de planos em direção a suas causas primárias.

Nessa árvore apresentam-se as causas primárias para interrupção dos processos de Contrapiso e de Assentamento de piso na laje de cobertura, bem como do reboco de fachada.

Verifica-se que todas as paradas são devidas à forma de fixação do jaú. Nos dois primeiros processos, ela provoca interrupção pela necessidade de espera da conclusão do reboco de fachada para a continuidade dos trabalhos. Neste processo, a forma de fixação do jaú impede o acabamento da platibanda. Isto leva a novas visitas ao posto de trabalho para a conclusão dos três serviços de construção.

Conforme observado, o exemplo da ilustração está relacionado com acesso ao local de trabalho, seqüenciamento de atividades e escolha de equipamentos auxiliares.

Foram descritos 217 exemplos de situações que levaram ao não cumprimento dos planos de produção. No Apêndice B, as anotações da coluna “Está relacionado com” foram agrupadas em: necessidade de novo deslocamento de recursos, interferências com outros processos, preparação do local de trabalho, segurança do trabalho, acesso, precedência, projeto e outros. Esse agrupamento foi realizado, conforme classificação da revisão da literatura (Anexo A), em grandes grupos a serem confirmados neste estudo de campo e que originaram as categorias de atividades facilitadoras.

Na tabulação dos dados, da referida coluna, listou-se as interferências identificadas e anotou-se quantas vezes cada uma se repetia dentro dos exemplos.

Após tratamento das causas que provocaram paradas nesses exemplos, os motivos de não cumprimento dos planos de trabalho foram reunidos por tipo de interferência, em ordem decrescente de número de interrupções (em percentagem). Esses foram agrupados segundo a revisão da literatura nos enfoques pesquisados, conforme Ilustração 4.3.

As interferências podem ser ainda confrontadas entre os estudos de campo realizados. Por exemplo, ao comparar a parada ocorrida no estudo 3, devida à rejunte falho de pisos e azulejos, com a do estudo 4, devida a detritos no assentamento do piso cerâmico, observou-se que ambas dificultaram o rejuntamento, por ocasionarem atrasos nos acabamentos e exigirem nova visita para a conclusão do trabalho.

O mesmo ocorre ao contrapor os estudos 2, 5 e 6. No primeiro teve-se parada devido à ausência de compatibilização entre os projetos elétrico e estrutural. No segundo, estudo a parada foi devida à inversão de seqüência construtiva entre o emassamento de parede e a execução do contrapiso no local. Por fim, no estudo 6, ela ocorreu devido à interferência na precedência entre a impermeabilização e o emboço no mesmo ambiente, por problemas de dependências.

<b>Está relacionado com</b>	<b>%</b>
Necessidade de novo deslocamento de recursos: atrasos nos processos subseqüentes, interrupções, nova visita, parada para conclusão de outros processos, correções, produto inadequado e substituição de materiais	17,9
Interferências com outros processos: trabalho de equipes diferentes em um mesmo local, conteúdo do processo, espaço de trabalho, interferências entre acabamentos, liberação do local de trabalho e problemas na conclusão por falta ou sobreposição de materiais	15,6
Preparação do local de trabalho: abastecimentos, declividades, nivelamento, escolha de materiais, programação, uso de gabaritos, plano de trabalho e testes	14,8
Segurança do trabalho: proteção dos processos e dos operários, limpeza e manutenção	12,7
Acesso: obstrução de locais, tamanho de equipamentos, disposição do local de trabalho e movimentação de recursos	7,9
Dependências: esperas, atrasos na programação, inversão e seqüenciamento	6,3
Projeto: detalhamento e compatibilização	5,5
Transporte (redução de distância)	4,1
Armazenagem inadequada	3,4
Otimização dos processos: número de passos e redução de tipos de materiais usados	2,9
Condições ambientais: solo e clima	2,7
Qualidade do processo antecedente e do material	2,4
Compatibilização entre planos: esquadro, geometria e interface entre processos	2,2
Dificuldade de conclusão de processos	1,4
Comunicações internas	0,2

**Ilustração 4.3:** Agrupamento dos motivos de causas, para a construção de categoria de atividades facilitadoras.

Deste levantamento constatou-se que:

- 50,7% das causas primárias estão associadas ao que a revisão da literatura define como restrições nos processos;
- 49,3% representam as demais atividades, que também provocam interrupção no fluxo do trabalho, caso não sejam antecipadas.



Essas 49,3% são devidas, por sua vez:

- À falhas na programação (31,2%);
- Ao projeto, oriundas de problemas executivos que não foram resolvidos na fase anterior à construção (15,7%); e
- À má qualidade dos processos, que são devidas a erros (2,4%).

#### **4.1.3. Mapeamento dos processos de produção**

Nesta fase, a coleta de dados consistiu no acompanhamento de 184 processos produtivos, observação da inter-relação entre processos e da qualidade do que está sendo executado. Porém, será apresentado apenas um destes para efeito de exemplificação. Este contém as atividades facilitadoras que lhe são correspondentes.

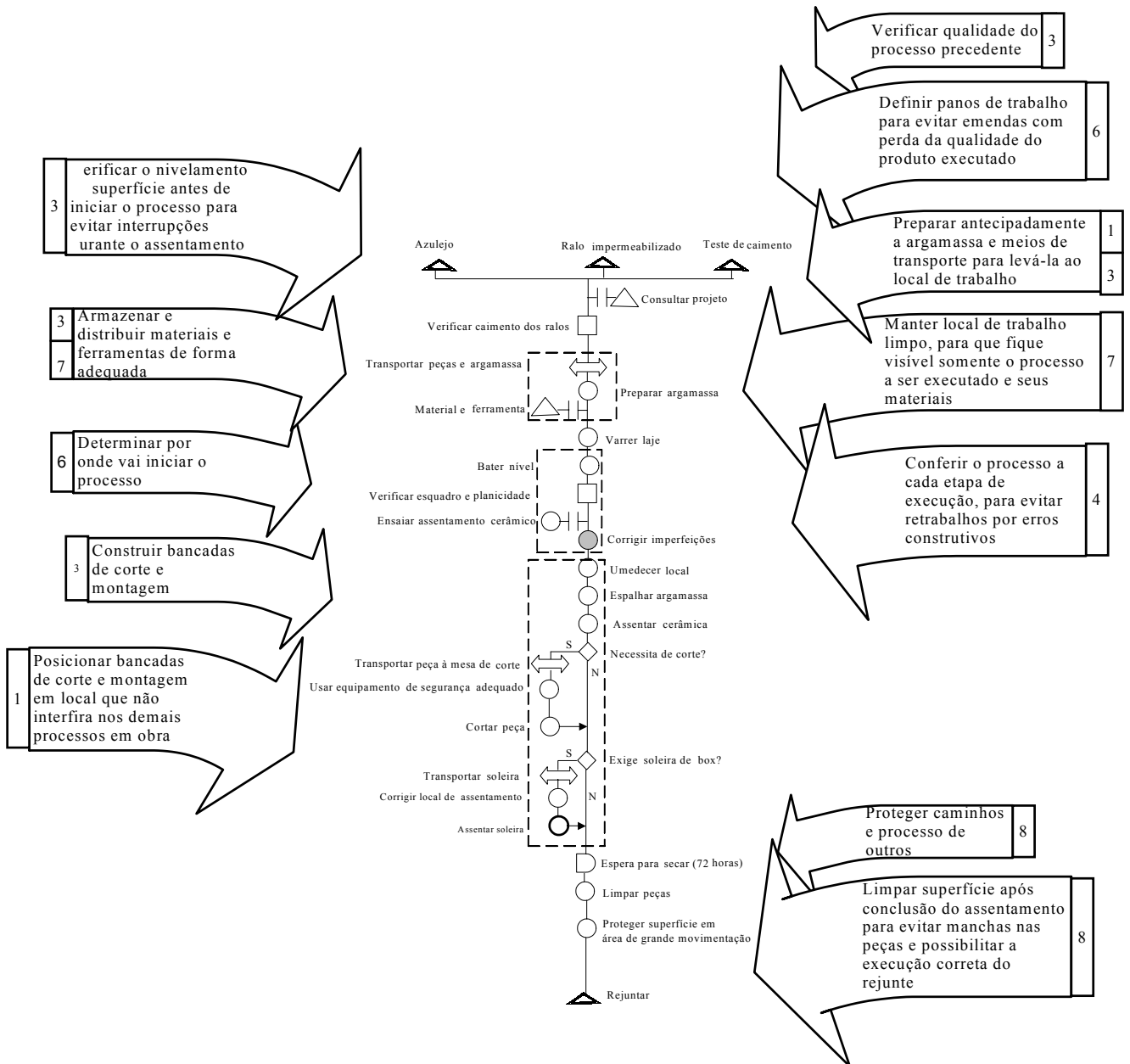
Em uma interligação com a seção anterior, as atividades facilitadoras foram identificadas a partir das 217 situações, que causaram interrupções nos processos de produção. Essas, por sua vez, aconteciam em mais de um processo.

A construção de cada rede operacional teve três momentos de discussão com a equipe técnica, nos quais se verificava o posicionamento das atividades, segundo a seqüência produtiva praticada em canteiro. Avaliava-se onde a atividade facilitadora era colocada no fluxograma. Caso necessário, relacionavam-se as alterações nas redes quanto à distribuição e uso de atividades, para reproduzir a seqüência real de trabalho da empresa para o processo em questão. Nos estudos, as redes foram desenvolvidas em conjunto com a equipe gerencial e em seguida elas foram apresentadas para avaliação e sugestões.

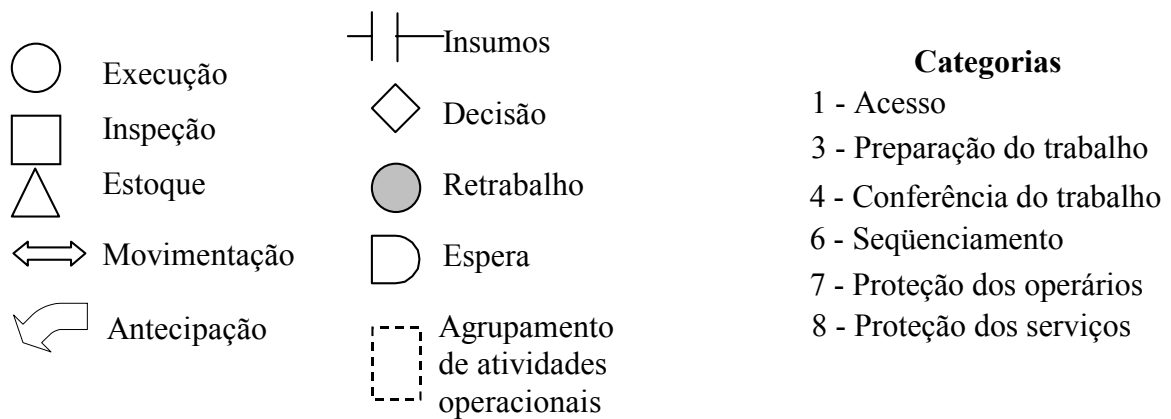
Os estudos 5 e 6 foram os mais completos, em termos de instrumentos aplicados e no desenvolvimento das redes operacionais. Estas foram inseridas em cartões de produção, em formato A4, para compor a instrução de trabalho para o operário. Constavam ainda da instrução de informações como equipamentos de proteção coletivo e individual, materiais, equipamentos e ferramentas, além de recomendações para o melhor desenvolvimento do processo, caso fosse necessário. Ao incluir as atividades facilitadoras na forma de setas, a

pesquisadora apresenta as providências que devem ser tomadas, junto ao fluxograma e às categorias as quais essas atividades devem pertencer.

O exemplo apresentado é extraído do estudo de campo 6 e trata-se do processo de Piso cerâmico em áreas frias, conforme Ilustração 4.4. A Ilustração 4.5 apresenta a simbologia usada neste fluxograma.



**Ilustração 4.4:** Fluxograma do processo de Piso cerâmico em áreas frias, com atividades facilitadoras.



**Ilustração 4.5:** Simbologia do processo de Piso cerâmico em áreas frias.

Com relação ao interesse para a padronização dos processos, com o uso de fluxogramas, este partiu da decisão da alta gerência em inserir a obra em um ambiente de certificação. No estudo 5, a empresa estava em processo de certificação e no 6 estava atualizando o seu sistema. Com esse enfoque, a equipe envolvida utilizou o instrumento como modo de atingir a meta de padronização dos serviços de construção, imposta pelos sistemas de qualidade.

Inicialmente, para esse mapeamento realizaram-se observações para a identificação dos processos em execução e do ambiente de trabalho. A seguir, houve uma reunião com a equipe envolvida, para a apresentação da pesquisa e explanação da necessidade de sua colaboração. Esta era realizada com informações a respeito da identificação de possíveis atividades facilitadoras. Por exemplo, no estudo 5, um carpinteiro forneceu um exemplo destas atividades na forma de antecipação: durante o chapisco do *hall* do segundo pavimento teve-se que proteger as portas já emassadas, por causa do respingo da argamassa [informação verbal].

No estudo 5, após o afastamento da pesquisadora, algumas redes foram reformuladas para se adaptarem ao modo de construir de determinadas equipes de trabalho. Isto aconteceu porque a tese está voltada à equipe técnica, ou seja, destacam-se as atividades relacionadas com o planejamento tático. No caso do treinamento da mão-de-obra necessita-se dirigir as redes operacionais para os operários, com detalhamento das atividades operacionais.

## **4.2. Definição dos termos de atividades adotados na pesquisa**

### **4.2.1. Definição de termos relacionados com as atividades facilitadoras**

Conforme observado, as atividades que interrompem o fluxo do trabalho são denominadas de facilitadoras e são de duas natureza, ou removem restrição ou antecipam uma atividade, segundo os exemplos levantados.

Os autores pesquisados<sup>30</sup> consideram restrições, ou melhor, a remoção da restrição como toda a ação que visa reduzir ou eliminar imprecisões e incertezas no canteiro de obras, na construtibilidade e compatibilização dos projetos.

Neste capítulo apresenta-se uma definição mais consistente para atividades antecipáveis. Esta foi consolidada ao contrapor os exemplos de perturbações nos serviços de construção descritos na revisão da literatura com os identificados em obra.

As restrições são problemas rígidos que devem ser removidos, para a flexibilidade do processo. Observa-se que muitos autores atribuem a todos os problemas na execução a não remoção da restrição, quando na verdade poderia ser a ausência de uma atividade antecipável, conforme exemplos da Construção Enxuta e da Análise de Restrições.

A atividade antecipável surge ao mapear os processos de produção, desagregando-os em suas atividades componentes. Neste momento, verifica-se que o fluxo deixa de ser contínuo, porque não foram tomadas providências, na forma de atividade, para apoiar o processo padrão. A segmentação do trabalho foi realizada já em 1988 por Cabral (1988), quando este dividiu o processo em atividades operacionais. Estas eram as mesmas para o orçamento e para a execução. Isto possibilitou uma melhor forma de controle e atualização do orçamento. Schaly (1994) também desagregou o processo de produção. Neste caso, o objetivo era correlacionar diretamente as atividades da programação de obras<sup>31</sup> com a execução.

Nestes dois trabalhos, os autores preocupavam-se com a segmentação dos processos e sua continuidade. Mas não fizeram relações desta continuidade com suas atividades chaves. No caso, estas seriam as atividades facilitadoras.

---

<sup>30</sup> Conforme Ballard (2000), Bernardes (2001, 2004), Coelho e Formoso (2003), Codinhoto e outros (2003), Bernardes e Salvador (2004), e Mendes Jr. (1999).

<sup>31</sup> Com exceção do trabalho de Machado (2003).

Na revisão da literatura observa-se que as atividades facilitadoras estão relacionadas com as diversas fases do planejamento. Isto acontece porque elas aparecem na elaboração de projetos, no orçamento, na execução e no controle das obras.

A definição adotada para a atividade facilitadora é a descrita na introdução, ou seja, *são aquelas que quando colocadas no sistema de produção impedem ou minimizam as paradas, ou seja, as interrupções ao longo do processo produtivo. Elas podem estar incorporadas no processo ou auxiliá-la. Apresentam-se como atividades de produção, de apoio à produção ou ainda como informações.*

As atividades antecipáveis são definidas *como as que representam as ações da gerência que poderiam ser feitas a qualquer momento, para minimizar ou eliminar o impacto causado por interrupções na execução dos processos produtivos.*

Na revisão da literatura observa-se também que as atividades facilitadoras apresentaram-se através de antecipações e de remoção de restrições. Verificou-se exemplos de interrupções nos processos na forma de atividades antecipáveis, com relação ao conflito espacial, acesso, necessidade de novo deslocamento de recursos para a conclusão da tarefa, planejamento, projeto, preparação do local de trabalho, fornecimento de materiais, qualidade do processo antecedente e do material, compatibilização entre planos e seqüência de trabalho.

Os exemplos de interrupções somente devidos à remoção de restrição foram drenagem, segurança do trabalho, condições naturais (climáticas ou de solo), pré-requisito do trabalho, proteção da mão-de-obra e suprimento. Estes sugerem as categorias que se procura.

A classificação pode ser ambivalente e circunstancial. Por exemplo, no caso do projeto, este é uma restrição quando está atrasado ou quando ocorreram modificações em obra, que não foram comunicadas ao projetista e vice-versa. Surgem ações junto ao projetista, para classificar seus detalhes. O projeto se enquadra como antecipação quando não está claro, não detalhado o suficiente ou é de difícil interpretação.

#### **4.2.2. Categorização das atividades facilitadoras**

Após a definição e o levantamento das atividades facilitadoras, parte-se para dividi-las nas categorias propostas para sua identificação. Neste momento, a pesquisa propõe uma nova

visão do problema, através dos exemplos observados nos estudos de campo, que se caracterizam pelo aprofundamento das questões propostas.

Inicialmente, considerou as categorias dos exemplos extraídos da revisão da literatura. Estes foram confirmados com os levantados em canteiro e agrupados segundo o tipo de interferência, como no ambiente de trabalho, na sua preparação, na construção de proteções, no seu acesso ou na forma como é executado, para atingir as metas de produção.

Essa classificação concorda com Yin (2001). Nela, as evidências de um Estudo de Caso podem ser comprovadas pela criação de uma matriz de categorias. Estas podem ser apresentadas na forma de fluxogramas.

Deste modo, o conjunto de categorias apresentado seguiu o proposto nos trabalhos de Minayo e outros (1996), como também Yin (2001). No caso, segundo os autores, estabeleceu-se o conjunto a partir de um único princípio de classificação (por exemplo, situações que levem à antecipação ou à remoção de restrições no processo de construção) e observa-se que cada exemplo deve inserir-se em uma de suas categorias.

A princípio foram geradas doze categorias, extraídas da revisão da literatura. A cada novo exemplo, este era enquadrado em uma categoria e se fosse necessário era criada nova, para estar de acordo com o tipo de interferência que a atividade causa em obra.

As categorias de atividades facilitadoras apresentam-se na Ilustração 4.6. Elas se baseiam nos exemplos da revisão da literatura e nos estudos de campo, principalmente nas causas que os geraram. A coluna da esquerda mostra as categorias propostas para a pesquisa e a da direita as categorias inicialmente elaboradas para representar estas atividades.

N.	Categorias propostas	Categorias inicialmente desenvolvidas
1	Acesso	Acesso à obra
2	Projeto	Projeto
3	Preparação do trabalho	Preparação do trabalho
		Condição de trabalho
4	Conferência do trabalho	Conferência do trabalho
		Nivelamento
5	Conflito espacial	Conflito espacial
		Interfaces
6	Seqüenciamento	Seqüenciamento
7	Proteção dos operários	Proteção de acidentes
8	Proteção dos processos	Proteção dos processos
		Circulação
9	Programação de obra	

**Ilustração 4.6:** Categoria de atividades facilitadoras.

Estas categorias propostas são definidas como:

- (1) Acesso<sup>32</sup> – relaciona-se com o acesso de recursos humanos e materiais a locais de trabalho. Compreende o posto de trabalho ou o canteiro de obras. Ele é observado em termos de abastecimentos internos e de alcance da mão-de-obra à superfície a ser trabalhada.
- (2) Projeto - são as características do projeto que possibilitam a sua construtibilidade, como detalhamentos, simplificações, padronizações, compatibilização e conclusões, além de alterações após o início da construção.
- (3) Preparação do trabalho - é a disponibilização no posto de trabalho dos recursos de produção, necessários ao início dos processos, em termos de materiais, mão-de-obra, equipamentos e ferramentas, instruções de trabalho, qualidade da superfície a ser trabalhada e conclusão de processos antecedentes.
- (4) Conferência do trabalho - está relacionada com as medidas de desempenho do processo, como tolerâncias dimensionais permitidas, qualidade do produto elaborado e verificação de nivelamentos.

<sup>32</sup> Esta categoria surgiu a partir do requisito de acessibilidade da Construtibilidade. Ela engloba o arranjo físico e o posto de trabalho.

- (5) Conflito espacial – relaciona-se com o confronto no espaço de elementos de construção ou de categorias de mão-de-obra, para a realização de processos diferentes, em um mesmo ambiente de trabalho. Esta categoria pode ser provocada por restrições, que podem ser evitadas com o estudo das movimentações em canteiro e da seqüência de execução.
- (6) Seqüenciamento - está relacionada com a ordem de produção de determinado processo. No caso de uma inversão, observa-se se esta é permitida e quais as providências que devem ser tomadas para evitar a descontinuidade dos processos. Muitas vezes, uma inversão de seqüenciamento leva ao aumento no número de visitas ao posto de trabalho, para a conclusão do processo.
- (7) Proteção dos operários - trata-se da preocupação com a disponibilização em canteiro de equipamentos de proteção coletivos e individuais. Quanto aos primeiros, deve-se verificar a disponibilidade do local adequado para a sua fixação, em termos de tempo e de condições físicas. O trabalho em condição insegura gera risco de acidentes e interrupção das atividades para a devida correção.
- (8) Proteção dos processos - observa-se a proteção do serviço de construção já concluído em relação a outros a serem executados no mesmo ambiente e que podem lhe causar danos, como quebras e respingos de materiais.
- (9) Programação de obra - esta categoria está relacionada com exigências de clientes fora de hora, desrespeito a planos, definição de pacotes de trabalho, pedido de material, relação com fornecedores e interferência do cliente. Ela ocorre quando uma falha é identificada, mas não é tomada uma providência. Essa necessidade foi apontada em um dos estudos de caso de Bernardes (2001).

Esta última categoria (9) foi acrescentada após resultados de entrevistas com os engenheiros de obra, porque as providências gerenciais que não são relacionadas diretamente aos processos de produção também causam interrupções nestes. Essas entrevistas serão descritas no capítulo cinco.

As categorias relacionam-se com o processo produtivo em si. Neste caso, não foram considerados aspectos macro que causam interrupções nos processos e que estão fora da obra, como embargo de obra, falta de recursos financeiros, inadimplência, não observação de aspectos legais e estudo de viabilidade.



A cada exemplo de interrupção do fluxo do trabalho na revisão da literatura era associado um tipo de interferência, que quando levada em consideração evitaria a parada do processo. Quando se fez o tratamento dos exemplos levantados nos estudos de campo procedeu-se da mesma forma. Eles foram agrupados nos itens segundo o tipo de interferência que causava nos processos e de acordo com as categorias decorrentes da bibliografia.

Ao lado de cada exemplo da literatura era colocado o tipo de interferência e se a atividade era antecipável ou de remoção de restrição. Para a pesquisa de campo preencheu-se a planilha apresentada no Apêndice B e a partir da coluna “Está relacionado com” procedeu-se ao desdobramento de suas causas.

A Ilustração 4.7 apresenta assim exemplos gerais para cada uma das categorias. Observa-se que essas são divididas ainda nas atividades antecipáveis e de remoção de restrição. Os exemplos foram retirados dos estudos de campo realizados.

Com a definição das categorias de atividades é possível identificar as atividades facilitadoras na rede operacional e determinar a que classe elas pertencem, para direcionar a tomada de providências quando da continuidade do fluxo de trabalho.

A Ilustração 4.8, por sua vez, mostra um quadro geral dos exemplos levantados nos casos exploratórios. Nela se observa que as atividades antecipáveis foram mais representativas que as de remoção de restrição, principalmente nas categorias de Acesso, Preparação do Trabalho e Conferência do Trabalho. Os exemplos observados são apresentados no Apêndice C, para cada um dos estudos realizados. Os números destacados nas células hachuradas representam a quantidade de exemplos apresentada no referido apêndice.

Com relação ao estudo 3, as categorias de Projeto, Proteção dos Operários e Proteção dos Processos não apresentaram exemplos de atividades facilitadoras. Tal fato deve-se em parte ao sistema construtivo adotado, alvenaria estrutural. Este possui como pré-requisito a compatibilização de projetos, além do fato da elevação da estrutura e das vedações consistir de fase única. Isto reduz os riscos com trabalhos na periferia do prédio.

<b>Categorias</b>	<b>Tipo da atividade facilitadora</b>	<b>Exemplos gerais</b>
Acesso	Atividade antecipável	Posicionamento do guincho Definição de local apropriado para recebimento de materiais <i>Layout</i> de canteiro ao observar acessos, vizinhança e disponibilidade de espaço para os materiais Impermeabilização de ambientes externos Trabalhos na cobertura
	Remoção de restrição	<i>Layout</i> de canteiro ao demarcar as construções, que não podem ser demolidas Canteiro de difícil acesso Trabalho no hall, nas escadas e nos corredores
Projeto	Atividade antecipável	Compatibilização e detalhamento produtivo Alteração de projeto antes da construção
	Remoção de restrição	Tipo de prédio e exigências do cliente (projeto arquitetônico e uso de materiais pré-determinados) Condições ambientais (trabalho em locais sujeitos a variações de temperaturas)
Preparação do trabalho	Atividade antecipável	Provisão de água para a construção Preparação para uma nova tecnologia ou ferramenta Verificação da presença de tubulações quando da escavação do terreno Drenagem do solo quando da cravação de estaca Iluminação do local de trabalho
	Remoção de restrição	Processos de pavimentação de vias de acesso Tempo de secagem dos produtos aplicados
Conferência do trabalho	Atividade antecipável	Escolha com antecedência dos pontos de conferência do nivelamento Disponibilização de equipamentos, que facilitem a conferência do trabalho
	Remoção de restrição	Facilidade de acesso para medição e conferência do trabalho
Conflito espacial	Atividade antecipável	Plano de trabalho para que não haja conflito entre equipes em um mesmo local de trabalho
	Remoção de restrição	Interdependência da estrutura, relação entre vigas e pilares Compatibilização entre projetos (estrutural e de instalações)
Seqüenciamento	Atividade antecipável	Alteração na especificação de materiais, que são requisitos para a execução dos processos
Proteção dos operários	Atividade antecipável	Proteção de locais sujeitos a quedas, trabalho em altura e com ferramentas cortantes Preparação do jaú para trabalhos na fachada
Proteção dos processos	Atividade antecipável	Trabalhos em fundações; escoramento, para evitar danos aos vizinhos

**Ilustração 4.7:** Exemplo de atividades facilitadoras conforme categorização.

O estudo 4 não apresentou exemplos de atividades facilitadoras, para as categorias de Conflito Espacial, Proteção dos Operários e Proteção dos Processos. Observa-se que neste caso uma investigação mais detalhada se faz necessário. Por sua vez, no estudo 5 não foram

observados exemplos de Conferência do Trabalho e Conflito Espacial. Uma justificativa para a não existência de conflitos espaciais é o fato da obra estar na fase de revestimentos e os processos serem desenvolvidos em locais isolados da obra. Quanto ao estudo 6, este apresentou exemplos em todas as categorias, com exceção da remoção de restrição no Seqüenciamento.

Neste momento não foram identificados exemplos para a categoria de Programação de obra.

Categorias			Estudos de campo						Total
			1	2	3	4	5	6	
1	Acesso	Antecipação	2	2	1	4	1	1	11
		Remoção de restrição		2		1	1	1	5
2	Projeto	Antecipação	2	1		1	1	1	6
		Remoção de restrição				1		1	2
3	Preparação do trabalho	Antecipação	1	8	3	3	2	2	19
		Remoção de restrição	1		1	2	1	2	7
4	Conferência do trabalho	Antecipação	2		2	9		3	16
		Remoção de restrição				1			1
5	Conflito espacial	Antecipação	1	2					3
		Remoção de restrição			1			1	2
6	Seqüenciamento	Antecipação	1	2		1	1		5
		Remoção de restrição							0
7	Proteção dos operários	Antecipação	1	2					3
		Remoção de restrição						1	1
8	Proteção dos processos	Antecipação				3	1	1	5
		Remoção de restrição		1		1	1	1	4
Total			11	20	8	27	9	15	90

**Ilustração 4.8:** Quadro comparativo dos exemplos segundo o número de casos de antecipações e remoção de restrições.

Por fim, compara as categorias propostas nesta pesquisa com as de Machado (2003). Este último autor apresenta 24 categorias de antecipações, que se apresentam na coluna direita da Ilustração 4.9.

Categorias propostas	Categorias de Machado (2003)
Acesso	- Acessibilidade
Projeto	- Confeção de moldes e gabaritos - Execução de protótipos - Gestão de aspectos relativos a projetos e construtibilidade
Preparação do trabalho	- Execução de processos anteriores - Gestão de materiais - Gestão de equipamentos e ferramentas - Planejamento da produção e distribuição de argamassa - Preparação de espaço físico para armazenagem - Provimento de condições apropriadas para realização dos processos - Provimento de água e energia elétrica para os processos - Execução antecipada de processos em partes especiais da obra - Limpeza técnica - Descarte de entulhos
Conferência do trabalho	- Inspeção - Testes especiais - Medição <i>in loco</i> - Nivelamentos e transferências de níveis
Conflito espacial	_____
_____	- Transparência
Seqüenciamento	- Inversões técnicas na seqüência de execução dos processos
Proteção dos operários	- Provimento de condições de segurança no trabalho
Proteção dos processos	- Proteção provisória em processos terminados no canteiro de obras - Proteção de obra contra intempéries
Programação de obra	- Compatibilização entre carga de trabalho e capacidade de produção

**Ilustração 4.9:** Comparação entre as categorias propostas e as de Machado (2003).

Nesta ilustração observa-se a comparação entre as categorias. Nela verifica-se que as categorias de atividades antecipáveis, sugeridas pelos autores, apresentam concordâncias, mesmo quando se considera que as fontes de evidências diferem. Isto acontece porque Machado (2003) investigou as áreas de Administração de Operações, Sistemas de Produção, Fatores que afetam a Produtividade e Construção Enxuta.

Com relação aos estudos de campo, Machado (2003) extraiu exemplos de um estudo piloto em uma obra em Florianópolis. Esta foi construída em estrutura convencional e vedação vertical em gesso acartonado, obra personalizada. Os exemplos vieram também de estudos de caso em Goiânia/GO e Brasília/DF. Esta pesquisadora, porém, investigou construções em Florianópolis/SC, com estrutura e vedação vertical convencionais, bem como em alvenaria estrutural, e em Aracaju/SE, com edificações em pré-laje e pré-viga com

fechamento convencional. Verifica-se que os estudos apresentam realidades diferentes, mas as categorias decorrentes são semelhantes. Isto contribui para sua consolidação.

A ilustração busca evidenciar que esta pesquisa avança nos estudos de antecipação de atividades, ao partir de categorias em concordância com as definidas por Machado (2003). Este último trata apenas da antecipação de atividades.

## **5. MODELO DE INTEGRAÇÃO ENTRE A GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES E ATIVIDADES FACILITADORAS**

### ***5.1. Introdução***

A elaboração do modelo corresponde a segunda fase da pesquisa. Na primeira utilizou-se de dados levantados na literatura e em estudos de campos, para definir os termos associados com atividades facilitadoras e para formar suas categorias. Nesta segunda fase procede-se a criação de um modelo de integração, que considere as informações geradas na primeira.

Sua aplicação foi em um estudo de caso múltiplo. Isto aconteceu como modo de experimentar e comprovar a eficácia das ferramentas propostas, para a incorporação destas nos processos de produção. Este modelo destina-se a profissionais da gerência de produção em canteiro de obras.

### ***5.2. Atividades facilitadoras***

Na tese adaptou-se o Diagrama de Ishikawa descrevendo as categorias de atividades facilitadoras como as causas de interrupções nos processos produtivos, conforme Ilustração 5.1. Neste diagrama, as causas são as categorias de atividades facilitadoras abordadas na tese, como: Acesso, Projeto, Preparação do trabalho, Conferência do trabalho, Conflito espacial, Seqüenciamento, Proteção dos operários, Proteção dos processos e Programação de obra. Observa-se que cada uma destas categorias pode ser subdividida em sub-níveis. Estes correspondem aos níveis hierárquicos tático e operacional, ou seja, a situações que interferem na continuidade dos processos e que podem ser agrupadas em classes.

Como exemplo, tem-se a categoria de Acesso. Esta engloba *Layout*, Transporte e Local de trabalho. Por sua vez, esses sub-níveis podem ser divididos em mais uma camada.

De forma geral, um Diagrama de Ishikawa pode ser subdividido em quantos níveis sejam necessários, para relacionar as causas de dado efeito. Na tese, limitou-se em três níveis, para ter correspondência com os do planejamento.

Esta ferramenta objetiva auxiliar o pesquisador ou a equipe técnica quando da identificação e classificação das ações gerenciais encontradas em canteiro, para um determinado processo de produção. Funciona como um guia para a pessoa ver onde seu exemplo se enquadra.

Uma descrição destas atividades é apresentada na Ilustração 5.2, incluindo as decisões de planejamento conforme os respectivos níveis hierárquicos. Neste caso, faz-se ressalvas quanto ao momento de aplicação, ambiente em que estas estão inseridas, recursos necessários e regras adotadas. A coluna “Decisões do planejamento” apresenta considerações para que as atitudes observadas na de “Descrição da situação” sejam respeitadas e evitem ou minimizem interrupções nos processos.

A coluna “Descrição da situação” corresponde a interpretação feita na análise do estudo de campo e a “Decisões do planejamento” baseia-se nas denominações atribuídas aos sub-níveis segundo os trabalhos pesquisados na literatura.

A divisão do Diagrama de Ishikawa, em três níveis, possibilita à equipe técnica relacionar em qual nível hierárquico será tomada a decisão, a partir do observado no canteiro de obra. Os sub-níveis foram extraídos da literatura e da análise dos estudos de campo. Isto aconteceu quando se procurou agrupar as causas para as discontinuidades nos processos construtivos, segundo os assuntos que se inter-relacionavam. Por exemplo, as situações relacionadas à segurança do trabalho foram agrupadas, o mesmo ocorreu para acesso e preparação do local de trabalho.

Com essa divisão em sub-níveis é possível direcionar a decisão a ser tomada para as pessoas (cargos), de acordo com os níveis hierárquicos de planejamento estratégico, tático e operacional, ou ainda conforme o horizonte de tempo em que as decisões devem ser feitas.

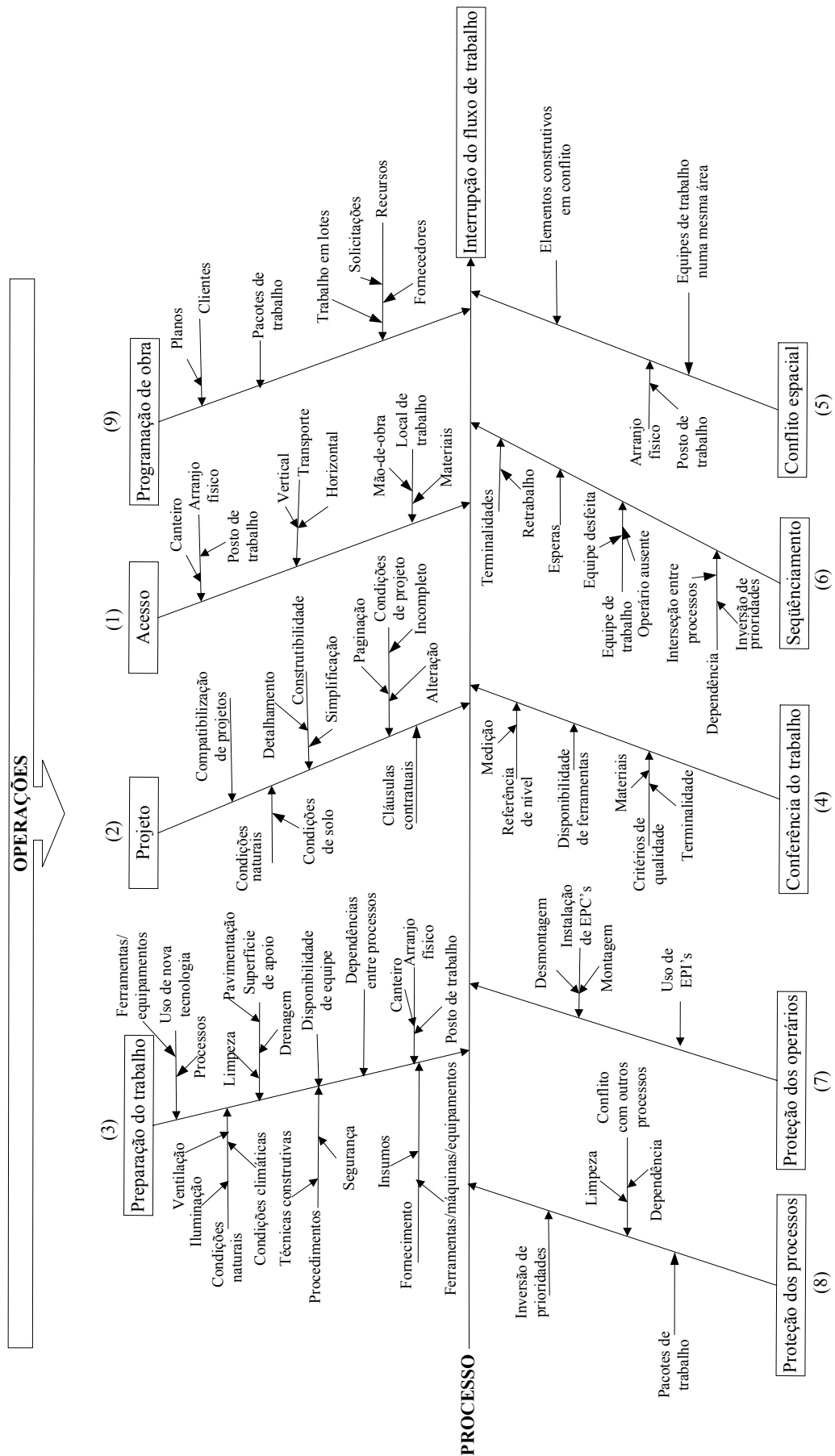


Ilustração 5.1: Diagrama de Ishikawa adaptado para as categorias de atividades facilitadoras.



1º nível	2º nível	3º nível	Descrição da situação	Decisões do planejamento
<b>Acesso</b>	Logística de canteiro	Canteiro	Entradas do terreno de difícil acesso	Definir acesso de veículos e materiais
		Posto de trabalho	Formas de armazenagem e caminhos de acesso	Distribuir recursos no ambiente
	Transporte	Vertical	Aberturas para elevadores de obra, fixação de guias e tubos chama-lixo	Observar os locais de fixação na estrutura dos equipamentos de transporte vertical
		Horizontal	Caminhos de distribuição de materiais	Disponibilizar as instalações provisórias
	Local de trabalho	Mão-de-obra	Espaço para trabalhar	Consultar projetos para área disponível para o trabalho
		Materiais	Abastecimentos	Consultar projetos para a movimentação dos materiais
<b>Projeto</b>	Compatibilização de projetos		Conflito entre elementos construtivos	Compatibilizar projetos
	Construtibilidade	Detalhamento	Dos elementos de construção	Detalhar projetos
		Simplificação		Reduzir complexidades de projeto
	Condições de projeto	Paginação	Mapeamento de superfícies a serem revestidas	Mapear os elementos a serem executados
		Alteração	Alteração de projetos com a obra em execução	Enviar projetos alterados para a obra em tempo hábil
		Incompleto	Projetos com dados incompletos	Revisar projetos
	Condições naturais	Condições de solo	Condições de solo inesperadas	Consultar programação de obra para aplicar soluções alternativas
Cláusulas contratuais		Cláusulas de contrato especiais correspondem a etapas de construção e/ou materiais previamente definidos	Identificar as situações pré-fixadas pelos clientes. Levantar o que é necessário para a sua conclusão e as interferências que causará nos demais processos	
<b>Preparação do trabalho</b>	Condições naturais	Ventilação	Trabalho em ambiente sem ventilação adequada	Trabalhar em local ventilado ou controlar a permanência dos operários em local sem ventilação adequada
		Iluminação	Trabalho em ambiente sem iluminação adequada	Fornecer iluminação para os postos de trabalho
		Condições climáticas	Condições de tempo que impedem o desenvolvimento dos trabalhos	Consultar condições de tempo e preparar processos reservas (e/ou em locais abrigados)
	Uso de novas tecnologias	Ferramentas/equipamentos	Adoção de ferramentas, máquinas e equipamentos lançados no mercado	Treinar a equipe no uso dessas
		Processos	Adoção de novos elementos ou processos	Executar estudo piloto

**Ilustração 5.2:** Atividades facilitadoras *versus* decisões nos níveis hierárquicos.

1º nível	2º nível	3º nível	Descrição da situação	Decisões do planejamento
<b>Preparação do trabalho</b>	Superfície de apoio	Pavimentação	Locais de acesso ou de trabalho em condições de movimentação	Pavimentar locais de acesso
		Limpeza	Limpeza de superfícies a serem trabalhadas	Limpar superfície de trabalho
		Drenagem	Trabalho em locais com nível de lençol freático elevado	Drenar local a ser trabalhado
	Disponibilidade de equipe		Disponibilização de equipes para o trabalho	Alocar operários
	Dependência entre processos		Frente de trabalho não liberada	Verificar a conclusão do processo antecedente
<b>Preparação do trabalho</b>	Arranjo físico	Canteiro	Locais para o recebimento de materiais	Preparar locais de armazenagem
		Posto de trabalho	Recursos disponíveis para serem trabalhados	Disponibilizar todos os recursos necessários
	Fornecimento	Insumos	Insumos necessários à realização das tarefas em andamento	Solicitar e ter os insumos necessários
		Ferramentas/equipamentos	Equipamentos necessários à realização das tarefas	Solicitar e ter os equipamentos necessários
	procedimentos	Técnicas construtivas	Normas técnicas	Consultar normas técnicas de produção
		Segurança	Segurança do trabalho	Consultar procedimentos de segurança conforme o processo e local de execução
<b>Conferência de trabalho</b>	Medição	Referência de nível	Medição da produção	Conferir o trabalho executado e comparar com medidas padrões
	Disponibilidade de ferramentas		Uso de ferramentas adequadas	Aferir ferramentas
	Critérios de qualidade	Materiais	Conformidade dos materiais usados	Verificar qualidade dos recursos empregados
Acabamento		Conferência na conclusão do trabalho	Verificar qualidade do trabalho executado	
<b>Conflito espacial</b>	Elementos construtivos em conflito		Choque entre elementos construtivos	Estabelecer ritmos de produção
	Arranjo físico	Posto de trabalho	Concentração de materiais	Planejar <i>layout</i> do posto de trabalho
		Movimentação	Local de grande movimentação	Planejar <i>layout</i> das vias de acesso
	Equipes de trabalho numa mesma área		Desenvolvimento de processos simultâneos em um mesmo ambiente	Definir e alocar equipes de trabalho

**Ilustração 5.2:** Atividades facilitadoras *versus* decisões nos níveis hierárquicos (continuação).

1º nível	2º nível	3º nível	Descrição da situação	Decisões do planejamento
<b>Seqüência- mento</b>	Terminali- dades	Retrabalhos	Retorno para a conclusão de outras tarefas	Evitar deixar falhas em processos
	Esperas		Tempo para secagem ou ganho de resistência	Considerar na programação os tempos de cura dos elementos
	Equipe de trabalho	Equipe desfeita	Retirada ou alteração de operários da equipe	Manter número de operários constante nas equipes
		Operário ausente	Equipe desfalcada	Manter número de operários constante nas equipes
	Dependência	Interseção entre processos	Processos interrompidos por outros	Seqüência de execução dos processos
		Inversão de prioridades	Alteração na ordem de execução	Investigar alteração na ordem de execução para evitar confrontos
<b>Proteção dos operários</b>	Instalação de EPC's	Montagem	Observação dos locais que precisam de equipamentos de proteção antes de iniciar a execução dos processos	Observar locais de fixação para a execução dos processos
		Desmontagem		
	Uso de EPI's		Uso de EPI's	Fornecer EPI's
<b>Proteção dos processos</b>	Conflito com outros processos	Limpeza	Proteção do processo concluído, para evitar danos causados por outros	Proteger o processo para evitar danos (quebras, respingos, por exemplo)
		Dependência		
Inversão na seqüência de construção		Alteração na ordem de construção	Proteger o processo porque a precedência foi alterada	
<b>Programação de obra</b>	Clientes	Planos	Alterações solicitadas pelos clientes	Alterar plano de produção
	Pacotes de trabalho		Definição de pacotes de trabalho	Definir pacotes de trabalho compatíveis com o ritmo da produção
	Recursos	Solicitação	Aquisição dos recursos	Adquirir recursos
		Fornecedores	Parceria com fornecedores	Selecionar fornecedores
Trabalho com lotes		Segmentação do processo em lotes	Dividir o volume de trabalho	

**Ilustração 5.2:** Atividades facilitadoras *versus* decisões nos níveis hierárquicos (continuação).

### **5.3. *Elaboração do modelo conceitual***

#### **5.3.1. Introdução**

Os modelos para o setor da construção civil devem operar com sistemas abertos, porque as obras de edificações possuem características que permitem generalizações, quanto a maioria dos procedimentos para sua produção. Embora estes mudem de acordo com a organização e o ambiente que estão inseridos.

A utilização de sistemas abertos permite que se opere com modelos genéricos, que podem ser adaptados para cada realidade de empresa. Deste modo, não serão usadas regras rígidas na definição de conceitos e na descrição de procedimentos de produção. Conforme Assumpção (1996), os primeiros podem evoluir e os segundos mudar de empresa para empresa, ao considerar o mesmo processo de produção.

O fato dos sistemas abertos estarem sempre evoluindo, em termos de dados e informações, possibilita introduzir melhorias constantes no modelo. Segundo Assumpção (1996), essa condição é respeitada ao se trabalhar com processos produtivos de edificações que apresentam características comuns quanto a seus procedimentos, materiais, equipamentos e forma de trabalho.

Assim, a definição de modelo adotada é a proposta por Oliveira (1992), citado por Bernardes (2001). Segundo o autor, ele “é a representação abstrata e simplificada de um sistema real, com o qual se pode explicar e testar o comportamento deste último, em seu todo ou em partes”. Deste modo, o sistema deve operar segundo o modelo, ou seja, seria a implementação de um modelo na empresa.

A partir disto, questiona-se quais os elementos que devem compor o modelo de incorporação de atividades facilitadoras nos processos de produção.

### **5.3.2. Contribuições dos entrevistados**

Nas entrevistas levantou-se informações a respeito das variáveis no modelo. A reunião era iniciada informando qual tipo de atividade do processo produtivo que se procurava e sua relação com a tomada de decisão. De acordo com o tipo de empreendimento em execução conduzia-se a entrevista focando em um determinado processo de produção.

A entrevista com cada engenheiro tem aproximadamente 3 horas de duração. Nela discutiu-se sobre os processos em execução no momento.

Sabia-se quais as entradas e saídas do processo de produção, conforme o banco de dados, mas era necessário pesquisar que variáveis cada uma delas apresentavam para identificar a atividade independente do processo adotado, a evolução da empresa e a tecnologia empregada, por exemplo, para formar um modelo genérico.

Na reunião procurava-se deixar o respondente à vontade ao retratar sua experiência. A pesquisadora interferia somente quando a entrevista desviava-se do assunto central.

A entrevista poderia ser seguida de visitas de campo, consulta a registros fotográficos e a documentos como procedimentos de trabalho. A informação era utilizada para identificar que tipo de correlação o exemplo citado tinha com o mesmo processo desenvolvido em outras empresas.

Quanto às paradas, nas entrevistas confirmou-se que elas têm ligação direta com as categorias de atividades facilitadoras. Assim, mantido o processo básico, segundo as técnicas construtivas, o processo pára quando das situações descritas. Neste caso, a atividade é colocada até no momento anterior a evitar a interrupção.

As atividades facilitadoras podem mudar de localização, de acordo com os procedimentos da empresa, ou seja, o que é considerado atividade prioritária num processo pode não ser no mesmo em uma outra. Por exemplo, os momentos de verificação do nivelamento de um processo em uma empresa podem ser requisitos para sua conclusão e/ou garantia num outro processo de pré-requisito concluído, já que se tratam de equipes diferentes.

Ainda, como resultados das discussões com engenheiros e posteriormente com pesquisadores, constatou-se que as atividades inseridas nos processos encontram-se

formalizadas e incorporadas nele. Na realidade, não poderiam mais ser designadas como atividades facilitadoras. As fora do processo, ou não consideradas nele, causam interrupções. Estas precisam ser identificadas para posterior incorporação. Existem ainda duas outras possibilidades de ocorrência. A primeira delas é quando a atividade é realizada, mas não está formalmente incorporada no processo. A segunda é quando está incorporada, mas na prática não é adotada, o que leva a paradas no fluxo do trabalho.

### **5.3.3. Desenvolvimento do modelo de processos de produção em edificações**

Este modelo deve ser utilizado na primeira repetição do processo em obra ou quando de uma reordenação interna, para evitar que ocorram interrupções do fluxo de trabalho, devidas ao planejamento do processo de produção.

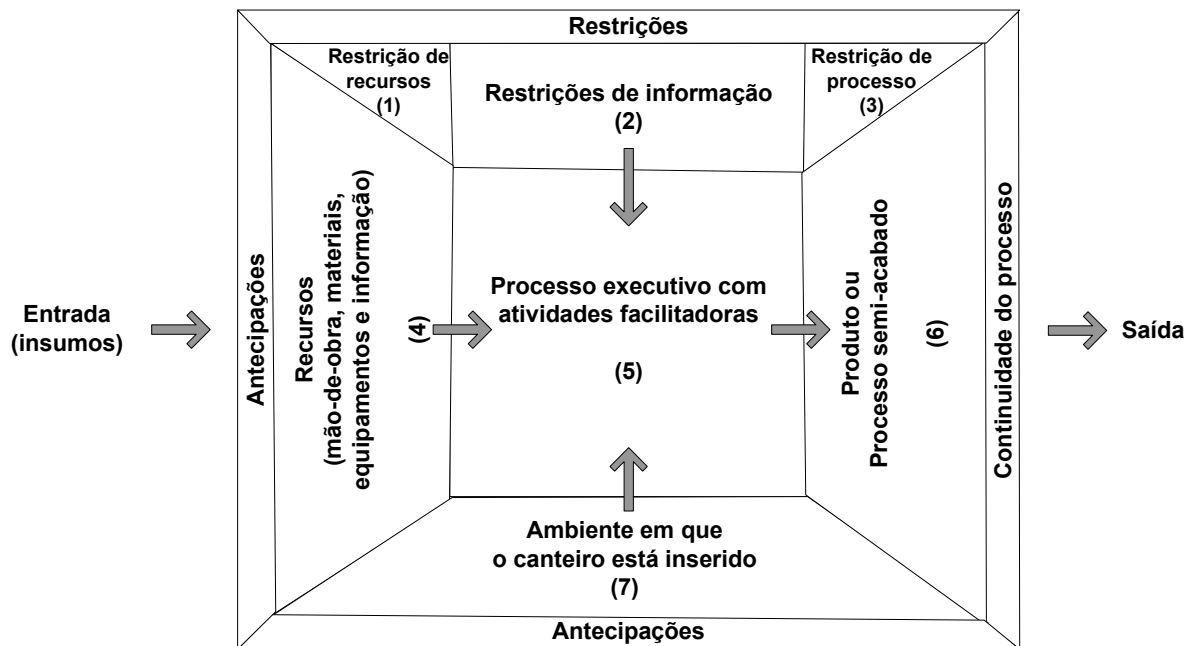
Elaborou-se então a Ilustração 5.3 para mostrar o ambiente onde o processo produtivo com as atividades facilitadoras (5) irá atuar. Este esboço representa a transformação do produto que recebe recursos (4), agrega-lhe valor e envia um resultado para o próximo cliente (produtos ou processos semi-acabados) (6).

Supõem um processo produtivo genérico. Este recebe influência de seus dados de entrada, que são representados pelos recursos, no caso atividade de antecipação. É influenciado ainda pelas restrições (1), (2) e (3), bem como pelo ambiente em que o canteiro está inserido (7)<sup>33</sup>. Assim, neste modelo pode-se analisar as várias etapas pelas quais o produto edificação passa.

Ao observar a Ilustração 5.3, verifica-se que para a continuidade do fluxo de trabalho é necessário que sejam consideradas as atividades facilitadoras, para combater os efeitos de interrupções a que o processo está exposto. Nesta ilustração qualquer processo produtivo pode ser representado ao inseri-lo com suas atividades facilitadoras no ambiente de trabalho, que é constituído por seus dados de entrada, na forma de recursos (antecipações), e por suas regras (restrições). Este processo é influenciado ainda pelo ambiente de canteiro em que está inserido.

---

<sup>33</sup> O ambiente em que o canteiro está inserido é representado pelo ambiente de construção do canteiro, que engloba a vizinhança do empreendimento e o arranjo físico em que a construção está inserida.



**Ilustração 5.3:** Representação do modelo.

O modelo utiliza-se de ferramentas simples para seu uso e avaliação. Isto acontece porque se acredita que se a coleta de dados passar a interferir nos procedimentos de trabalho dos funcionários da empresa a tendência é o abandono da ferramenta, uma vez que o funcionário irá priorizar suas tarefas.

No modelo, o processo executivo pode ser alimentado com informações de verificações da qualidade, projeto executivo e uso de inovações tecnológicas. Para isto, utiliza-se de padronização dos processos, treinamento da mão-de-obra e segurança do trabalho.

O modelo mostra em quais locais estas atividades facilitadoras agem. As antecipações localizam-se na entrada (4) e no ambiente em que o canteiro está inserido (7). As restrições, por sua vez, atuam como os fatores que influenciam os processos.

Ainda, cada componente do modelo está relacionado com um tipo de ferramenta, como: lista de atividades que são restrições (1), (2) e (3); lista de exemplos de atividades facilitadoras (4); e fluxograma, onde se verifica se as atividades já estão incorporadas em seus processos ou se necessitam ser incorporadas (5). Considera-se também o banco de dados de processos similares, para verificar aquelas que já estão incorporadas e quais deveriam ser

incorporadas. Não se deve esquecer de considerar quais os tipos de ambientes o canteiro está inserido (7).

Ao observar o modelo, percebe-se que a identificação das atividades facilitadoras é obtida, para cada processo de produção, pela análise da combinação dos diversos fatores influentes. Por exemplo, no processo ocorre o cruzamento de suas variáveis com os exemplos de interrupções possíveis, as causas de geração de tais exemplos, se as atividades já estão incorporadas no processo ou não, bem como a que categorias pertencem. Tudo isto é colocado dentro da realidade da obra.

As variáveis independentes consideradas foram as descritas na revisão da literatura e na metodologia. Como variável dependente tem-se a interrupção nos processos.

Ao analisar o processo de produção, este é colocado na forma de fluxograma no centro do modelo (5) e verifica-se a influência das variáveis na interrupção do fluxo do trabalho. Assim, nas redes operacionais convencionam-se que na cor azul vão estar as atividades facilitadoras incorporadas, que já fazem parte do processo (intrínsecas), e em vermelho as identificadas pelos gerentes de obra, que deveriam ser consideradas no processo (extrínsecas). Esta situação muda de empresa para empresa para um mesmo processo, já que uma mais evoluída tem grande parte destas incorporadas em seus processos.

Além destas formas de atividades tem-se as incorporadas no processo e não formalizadas pela empresa, na cor verde, e as formalizadas pela empresa mas não estão localizadas no processo executivo, na cor roxo.

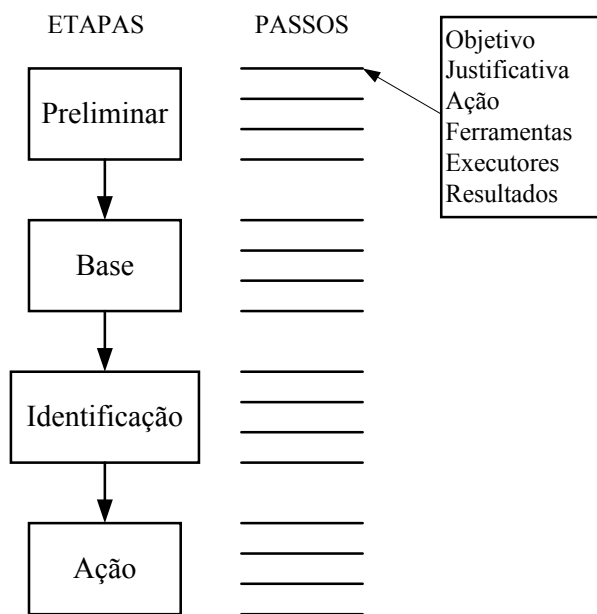
O modelo foi elaborado considerando-se os levantamentos realizados e as entrevistas com engenheiros de obra, bem como validado em estudo de caso. Esse tem por objetivo sua replicação por engenheiros ou pesquisadores.

Na validação propõem-se que a equipe técnica da obra aplique o modelo e avalie sua adequação ao problema proposto. Em paralelo, a pesquisadora fará a mesma análise, para verificar a replicação do modelo.

Ele é dividido em três macro etapas, Base, Identificação e Ação, e estas em passos. Estas etapas são precedidas de etapa preliminar, onde se procedeu a seleção da empresa e do empreendimento de análise, conforme Ilustração 5.4.



A primeira etapa, Base, tem como produto o conhecimento dos fatores de canteiro, envolvidos na análise, e os instrumentos para a elaboração dos fluxogramas de processo. A segunda apresenta como resultado os fluxogramas elaborados com as atividades facilitadoras inseridas. Por fim, a terceira mostra a categorização para cada uma destas.



**Ilustração 5.4:** Diagrama das etapas do Modelo proposto.

Os passos representam as ações que devem ser realizadas para alcançar esses resultados. Eles estão sempre relacionados com as ferramentas necessárias. Contém também seu objetivo e quem são os executores.

Na primeira etapa é feita a seleção do empreendimento dentro da empresa. Escolhe-se aquele(s) que tenha(m) uma grande quantidade de processos em execução no momento da coleta de dados. Em seguida, faz-se uma vistoria para identificar os processos, seus locais de realização e de armazenagem de materiais, bem como sua etapa de construção.

Neste momento, realizam-se entrevistas não estruturadas com a equipe de administração da obra, para verificar responsabilidades pelos processos, identificar problemas anteriores ao período de coleta e documentos que podem fornecer informações.

Ainda nesta etapa faz-se o acompanhamento diário dos processos selecionados, com o uso das ferramentas apresentadas no capítulo de metodologia. Inicia-se então a elaboração de uma lista de verificação das interrupções observadas, segundo o processo pesquisado. Associa-se a cada uma das atividades identificadas seu motivo de ocorrência.

Dentre as ferramentas utilizadas investiga-se se a empresa faz uso de procedimentos operacionais padronizados. Esses auxiliarão na elaboração de fluxogramas. Caso a empresa não os tenha documentado, um esboço deste procedimento deve ser realizado para em seguida formular o fluxograma.

Na elaboração do fluxograma, a equipe gerencial é treinada na simbologia adotada. Após sua conclusão, este é apresentado à equipe para correções.

Na segunda etapa, Identificação, parte-se para a investigação na obra com o auxílio dos fluxogramas elaborados, das atividades facilitadoras. Neste momento, utiliza todas as fontes de evidências que se tem disponível no canteiro. No fluxograma é destacado que atividades facilitadoras já estão incorporadas nos processos de produção. Normalmente sua formalização dá-se através dos procedimentos operacionais. Estas são destacadas em azul.

Com relação à lista de verificação, as atividades identificadas e já incorporadas nos processos de modo informal são sublinhadas em verde e inseridas nos fluxogramas, conforme o momento de ocorrência. Este momento trata-se de colocar uma seta ao lado da atividade do processo de produção que pode ser interrompida, caso todas as providências para a sua continuidade não sejam tomadas.

Assinaladas as atividades em verde, consulta-se novamente a lista de verificação para localizar, conforme o processo investigado, aquelas atividades facilitadoras que não são realizadas pela empresa, logo causam interrupções. Estas atividades também são inseridas no fluxograma, sublinhadas na cor vermelho.

Como última possibilidade, caso a atividade facilitadora fosse formalizada, mas não executada pela empresa, receberia um sublinhado em roxo.

Para concluir esta etapa, o fluxograma, com as atividades inseridas e sublinhadas conforme a cor que a determina, é apresentado à gerência ou ao grupo de trabalho, para correções e esclarecimento de dúvidas.

Na terceira e última etapa, investiga-se a qual categoria a atividade facilitadora pertence. Neste momento é colocado o número da categoria ao lado da atividade. Em seguida, no verso da folha elabora-se uma planilha com as atividades facilitadoras, cor correspondente, categoria e nível no Diagrama de Ishikawa, que a atividade facilitadora se enquadra. Conclui-

se então o mapeamento dos processos de produção com a identificação e incorporação de atividades facilitadoras.

#### ***5.4. Descrição do modelo conceitual***

##### **5.4.1. Etapa preliminar**

Nesta procede-se à seleção da empresa a ser analisada. Esta tem que se enquadrar nos critérios de análise da tese, preferencialmente as empresas devem ser certificada ou boa, além de estar aberta a investigação externa.

Após isto, faz-se a apresentação da pesquisa, com definição das atividades que se procura. Neste momento, é exposto o que a interrupção representa no processo de produção e quais resultados a empresa pode ter com este tipo de trabalho. A partir de então, seleciona-se dentro desta um empreendimento para a coleta de dados.

Os agentes diretamente envolvidos são o engenheiro de obra, mestre de obra e técnicos em edificação e em segurança do trabalho. Com relação aos dados da empresa, procura-se por informações na observação direta dos processos, em procedimentos de trabalho, projetos, programação de obra e reuniões.

##### **5.4.2. Etapa 1: Base**

Esta etapa tem por objetivo o reconhecimento do ambiente em que os processos serão analisados e quais os que estão em execução no momento da coleta de dados. Para isto, utiliza-se de observações diretas dos postos de trabalho, entrevistas não estruturadas com a equipe técnica da obra e quando necessário com os encarregados. A etapa utiliza também como ferramentas registros fotográficos, consulta a projetos, procedimentos e programação.

Seus executores podem ser o pesquisador ou o engenheiro de obra, neste último caso com o auxílio de estagiários.

As Ilustrações 5.5 e 5.6 apresentam os passos desta etapa de trabalho, que são em número de doze. O passo B1 corresponde à seleção dos processos a serem investigados, normalmente os que estão sendo executados durante o período de investigação na obra. Isto é observado ao consultar a programação de obra ou um plano de tarefas agendadas para as próximas semanas. É realizado com o auxílio do engenheiro da obra.

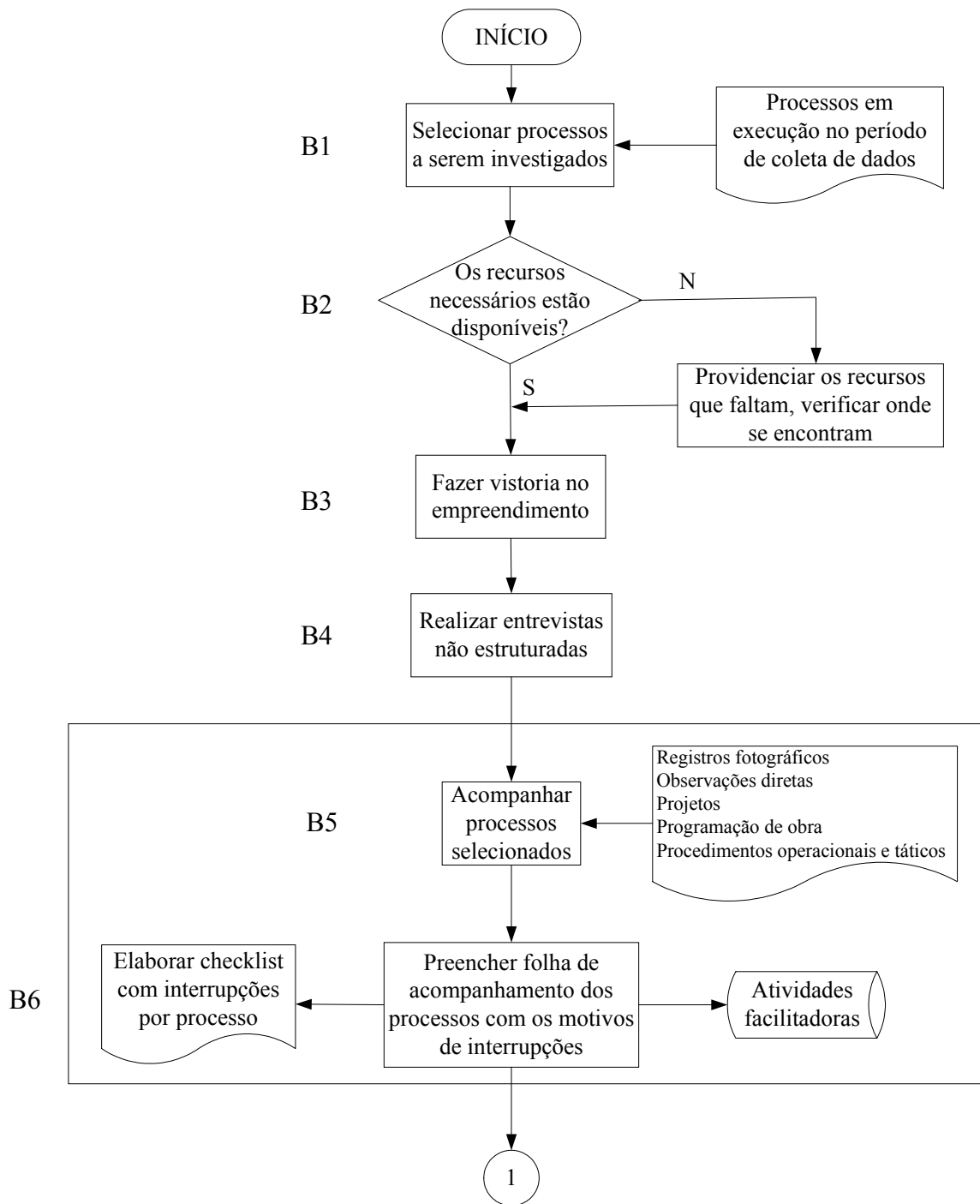
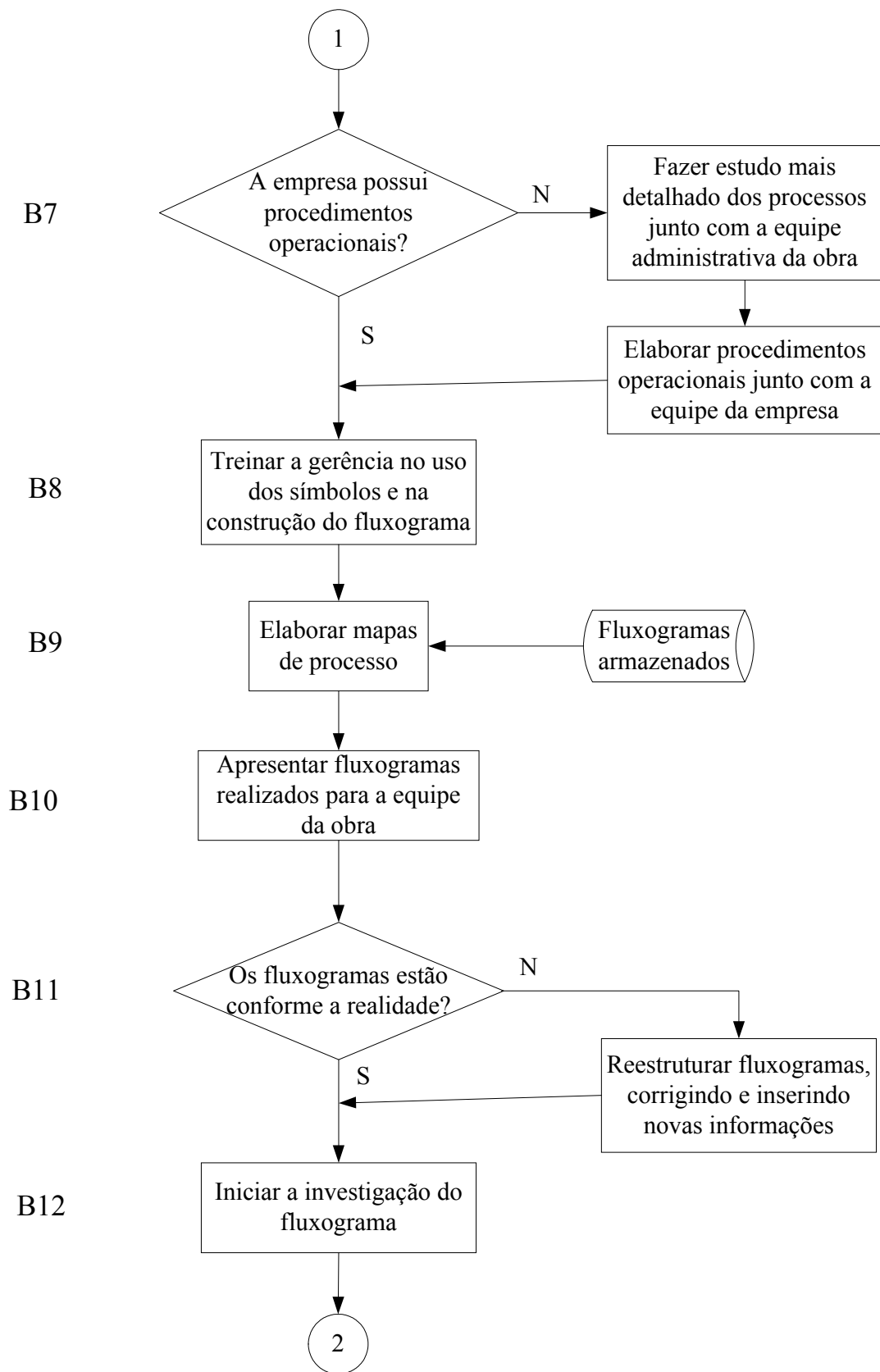


Ilustração 5.5: Passos da Etapa Base.



**Ilustração 5.6:** Passos da Etapa Base, continuação.

Por sua vez, o passo B2 representa a investigação de que as ferramentas de projeto, programação e procedimentos operacionais e táticos estão disponíveis para consulta e são atualizados. Este passo é realizado com o auxílio de um técnico em edificações. Caso os recursos (materiais, equipamentos e mão-de-obra) não estejam disponíveis, procede-se forma de como conseguí-los, consultando o profissional citado.

O passo B3 é referente à vistoria no empreendimento, para localizar onde os processos estão sendo desenvolvidos e quais circunstâncias. É feito pelo pesquisador ou no caso pelo engenheiro e mestre de obra.

No caso do passo B4 são feitas entrevistas não estruturadas com a equipe técnica da obra, para esclarecimento de dúvidas na execução dos processos. Os passos B5 e B6 trabalham em conjunto para gerar a lista de verificação de interrupções nos processos.

No passo B5 faz-se o acompanhamento diário dos processos selecionados, utilizando-se das ferramentas descritas. Quando a investigação é feita pela equipe da obra esse passo pode ser executado por estagiários de engenharia ou arquitetura orientados pelo engenheiro. Ao consultar as ferramentas, anota-se informações que são pertinentes à pesquisa em uma folha. Ainda, aponta-se tudo o que causou parada no processo e a que atividade corresponde. Isto gera uma listagem de paradas e seus motivos. Em seguida, estes são distribuídos em seu respectivo fluxograma, segundo o momento de ocorrência.

O passo B7 investiga a elaboração de procedimentos operacionais. Estes facilitam e organizam a geração dos fluxogramas. Caso a empresa não os tenha formalizado, faz-se um estudo mais detalhado dos processos junto com a equipe administrativa. Observa-se todas as suas atividades constituintes, inclusive os momentos de inspeção. Elaboram-se então os procedimentos operacionais junto com esta equipe, conforme o modo como executam os processos e o prescrito nas normas técnicas.

Após a verificação de que os procedimentos existem ou foram elaborados, segue-se com o passo B8. Este corresponde ao treinamento da gerência no uso dos símbolos adotados na construção dos fluxogramas.

O passo B9 é responsável pela elaboração dos fluxogramas. Neste momento pode-se utilizar como parâmetro o banco de dados de fluxogramas elaborados na tese. Isto acontece somente nos casos em que os processos já tenham sido investigados.

No passo B10 apresentam-se os fluxogramas elaborados para a equipe da obra, para que esta analise se ele corresponde à realidade. Caso existam atividades que não estejam conforme, passo B11, procede-se a reestruturação dos fluxogramas, ao corrigir e inserir novas informações. No caso da investigação ser feita pelo engenheiro, a consulta é feita aos outros membros da equipe.

Por fim, o passo B12 conclui a etapa Base com os fluxogramas elaborados. Pode-se iniciar a investigação de cada processo em particular.

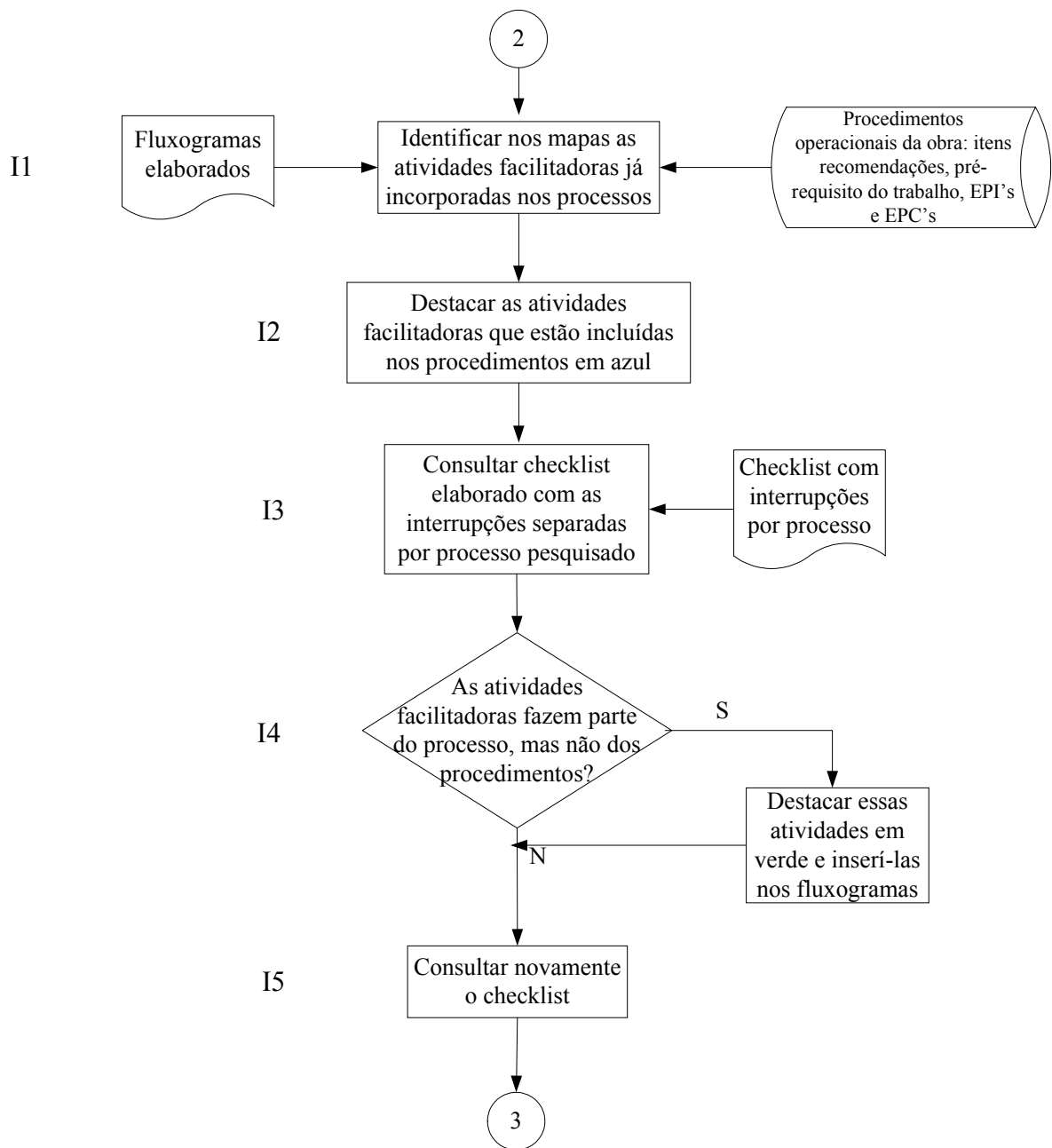
Este conjunto de passos resulta no conhecimento dos fatores de canteiro envolvidos na análise e nos instrumentos, para a elaboração dos fluxogramas de processo, bem como na elaboração de lista de verificação, contendo as interrupções de atividades.

#### **5.4.3. Etapa 2: Identificação**

Nesta inicia-se a análise por processos, para a identificação das atividades facilitadoras. Neste caso, serão utilizados como ferramentas os produtos da etapa anterior, ou seja, os fluxogramas e a lista de verificação por processo. Ela tem como executores o pesquisador ou o engenheiro de obra.

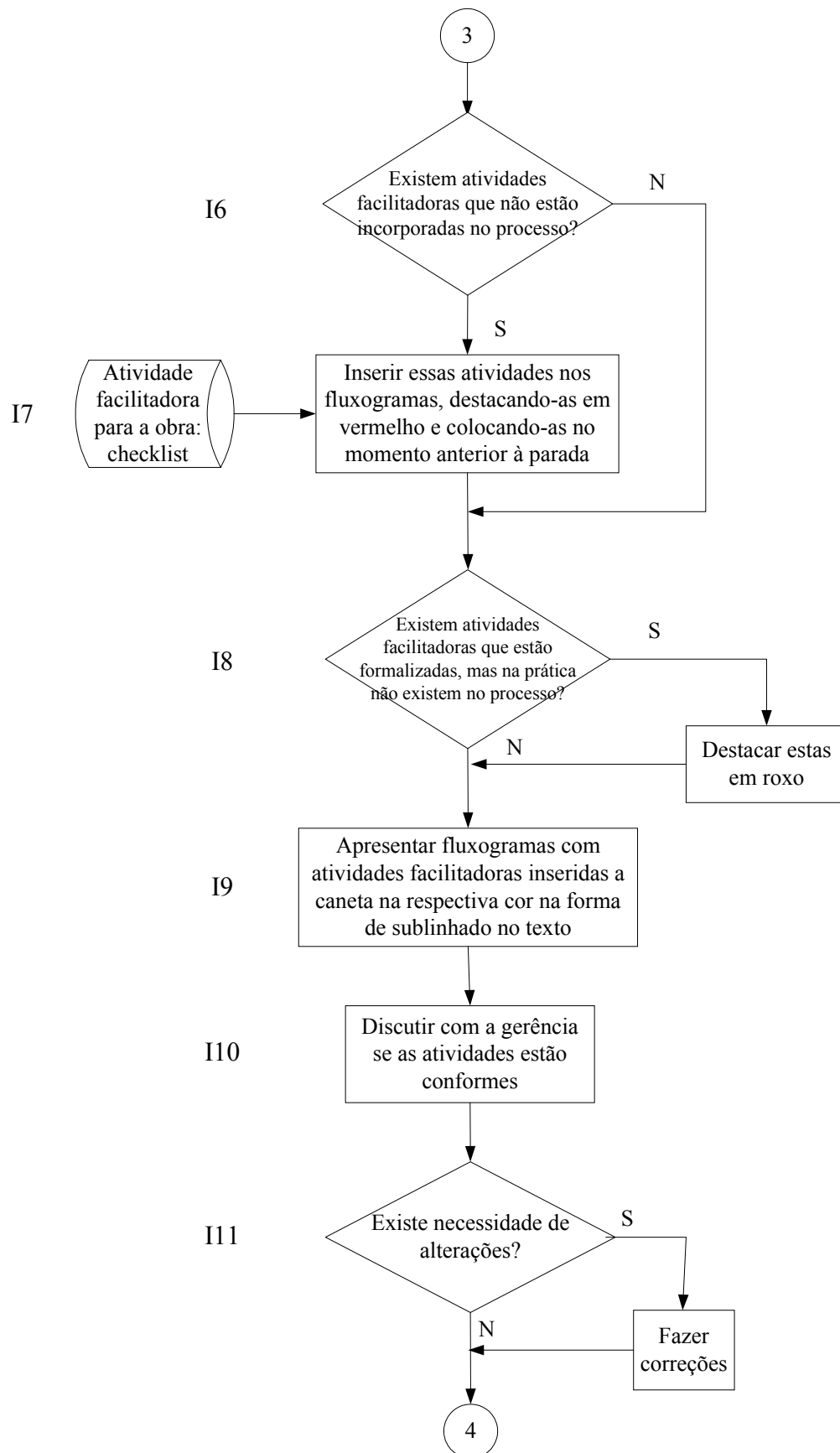
Conforme citado anteriormente, as atividades facilitadoras incorporadas no processo e formalizadas serão destacadas em azul, as incorporadas mais não formalizadas em verde. As atividades que não fazem parte do processo, mas o interrompem estarão em vermelho. Por fim, aquelas que são incorporadas no processo, mas na prática não são realizadas serão destacadas em roxo.

Assim, as Ilustrações 5.7 e 5.8 apresentam os passos desta etapa de trabalho. No passo II procede-se a identificação nos fluxogramas das atividades facilitadoras já incorporadas no processo. Para isto o pesquisador ou o engenheiro deve consultar os procedimentos operacionais da obra. Este verifica os itens de recomendações (conforme convencionado no procedimento do processo), o pré-requisito do trabalho, bem como proteções coletiva e individual. Utiliza-se, neste momento, como ferramenta o próprio fluxograma.



**Ilustração 5.7:** Passos da Etapa Identificação.





**Ilustração 5.8:** Passos da Etapa Identificação, continuação.

No passo I2 faz-se o destaque das atividades localizadas no passo I1 na cor azul. No caso destas estarem nos itens do procedimento operacional, sublinha-se o texto no fluxograma em azul, mas quando estão na parte referente às recomendações vão incluídas nas redes dentro do símbolo de seta (antecipação), ao lado da atividade que causa interferência, também em azul.

No passo I3 procede-se a consulta à lista de verificação com as interrupções separadas por processo pesquisado. Esta será utilizada no passo I4. Nesse último, investiga-se as atividades facilitadoras que estão incorporadas no processo, mas que não constam dos procedimentos operacionais da empresa. Estas são destacadas em verde e inseridas no fluxograma dentro das setas, ao lado da atividade que causa interrupção. Servem para mostrar que são aplicadas, mas que formalmente deveriam estar incorporadas.

Observadas todas as atividades facilitadoras incorporadas no processo, parte-se para identificar aquelas que por não estarem incorporadas causam descontinuidades na produção. São localizadas na lista de verificação e correspondem ao passo I5. Quando da elaboração desta lista as atividades já são separadas, escrevendo-se a seu lado verde ou vermelho.

Assim, no passo I6 investiga-se se estas atividades não incorporadas foram identificadas, ao consultar a lista de verificação por processo. No passo I7 inserem-as nos fluxogramas. Isto é feito ao destacá-las em vermelho e colocá-las, no momento anterior à parada, dentro da seta de antecipação.

O passo I8 mostra que pode ainda existir atividade facilitadora que está formalizada, mas que na prática não é executada, ou seja, elas são importantes e reconhecidas, porém não consideradas. Essa é localizada também pela observação em campo. Deve-se destacá-las em roxo.

Em canteiro, as atividades são destacadas com sublinhados nos textos, utilizando-se de canetas, nas cores azul, verde, vermelho e preta (para representar a cor roxo). Posteriormente, elas são inseridas no texto em azul ou dentro de simbologia apropriada na cor correspondente. Assim, o passo I9 corresponde a apresentação do fluxograma, com as atividades facilitadoras incluídas, à equipe da obra.

No passo I10 discute-se com o engenheiro ou no caso com a equipe da obra se as atividades estão identificadas e dispostas conforme a realidade, ou seja, se estas estão

inseridas na rede operacional tão antes quanto possível. Caso seja necessário fazer alterações, estas são realizadas no passo I 11, encerrando-se assim essa etapa de trabalho.

O resultado desta etapa é a elaboração de fluxogramas com as atividades facilitadoras já incluídas. O colorido das atividades destacadas serve para alertar sobre o progresso com relação a sua evolução para um fluxo contínuo. Chama-se atenção para os textos grifados em vermelho e roxo, pois estes influem negativamente no processo.

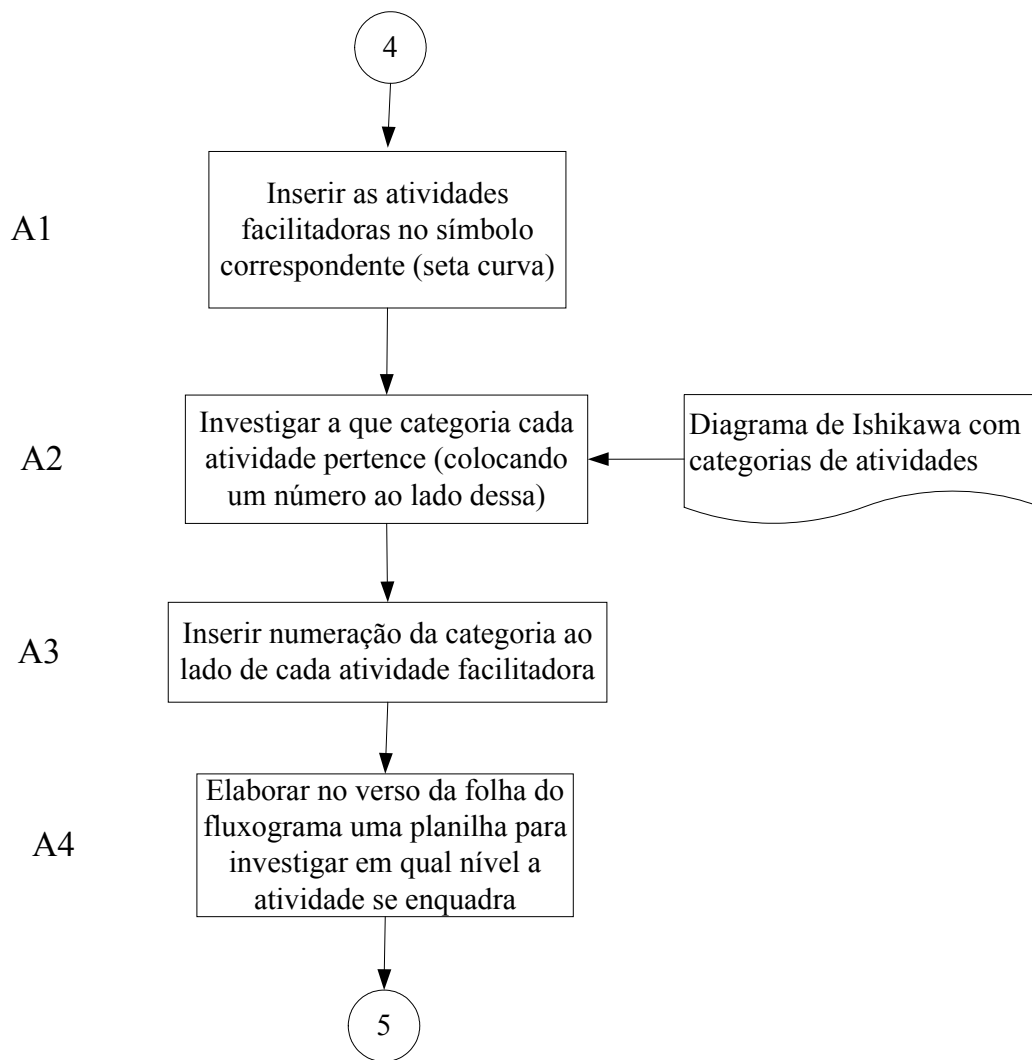
#### **5.4.4. Etapa 3: Ação**

Esta etapa faz o tratamento das atividades, com relação à identificação da categoria que ela está relacionada e qual nível hierárquico de planejamento é responsável pela tomada de decisão. Ela utiliza para isto ferramentas como Diagrama de Ishikawa.

Nesta, seu executor pode ser o pesquisador ou o engenheiro de obra, semelhante à etapa anterior.

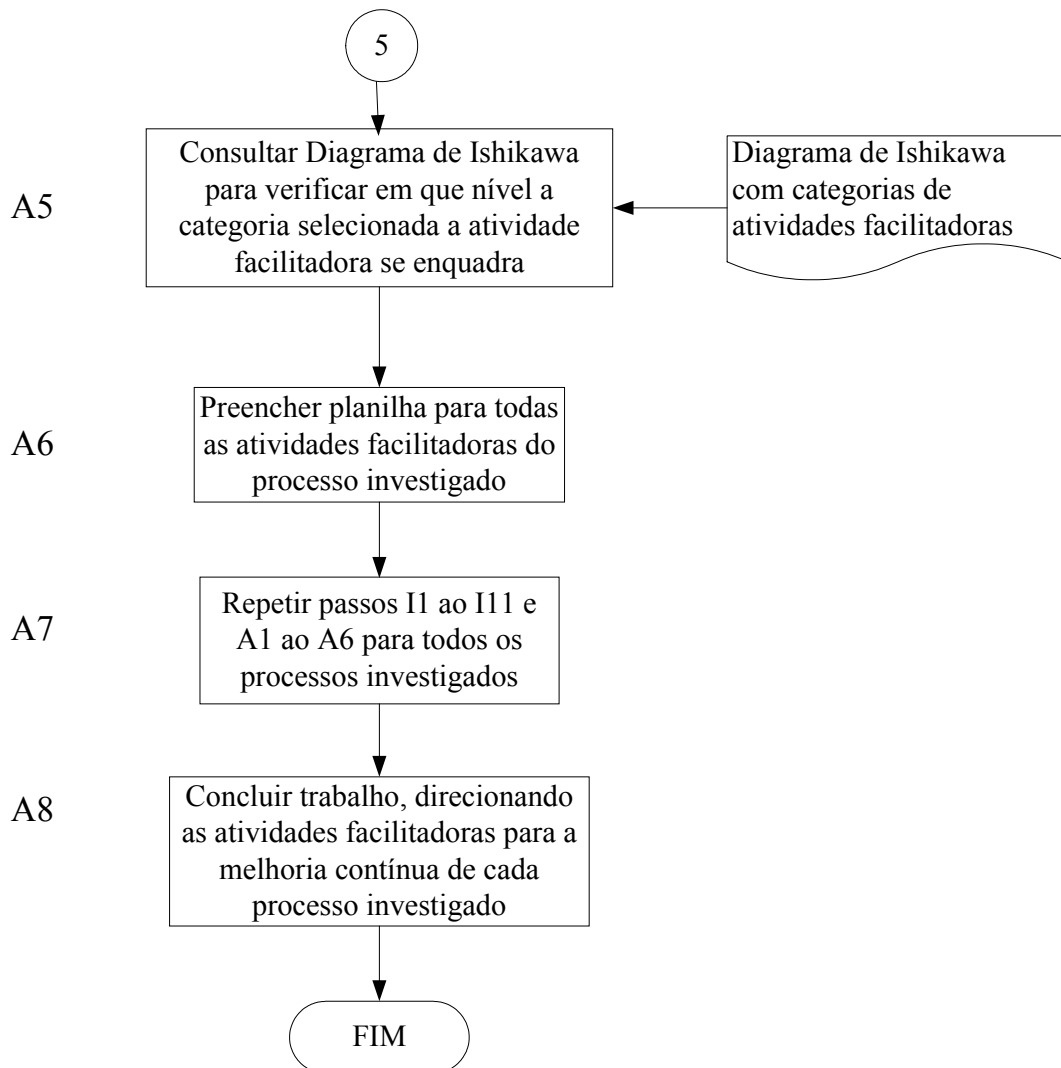
Seus passos estão apresentados nas Ilustrações 5.9 e 5.10. No caso, o passo A1 é uma continuação da etapa anterior, uma vez que se parte dos fluxogramas com as atividades facilitadoras incluídas.

No passo A2, para investigar a que categoria a atividade pertence, utiliza-se o Diagrama de Ishikawa. Observa-se inicialmente que termo está associado àquela interrupção e a qual categoria pertence. O passo A3 corresponde à colocação do número da categoria no lado da atividade. Este é inserido em um retângulo com o(s) número(s) da(s) categoria(s) que essa(s) pertence(m).



**Ilustração 5.9:** Passos da Etapa Ação.

O diagrama foi dividido em três níveis. Estes têm ligação direta com os níveis hierárquicos do planejamento e controle da produção. Ao identificar a atividade, observa-se o momento em que essa causou ou poderia causar a interrupção (caso estivesse ausente), observando a que a parada está associada no Diagrama de Ishikawa. Neste ponto, inicia-se o passo A4, onde se faz uma lista resumo por processo, no verso do fluxograma, que contém atividade facilitadora, sua cor, número da categoria e o sub-nível correspondente no diagrama. Este último posteriormente pode ser associado ao nível de planejamento em que será tomada a providência (Ilustração 5.11).



**Ilustração 5.10:** Passos da Etapa Ação, continuação.

Na Ilustração 5.11,  $\Sigma$ cores corresponde aos itens sublinhados em azul e verde. Estes colaboram para a evolução do processo. Não se deve esquecer, porém, que a meta é atingir 100% e que o valor dentro do processo muda a cada novo ciclo executivo.

O passo A5 corresponde à consulta ao Diagrama de Ishikawa. Desta forma, se a atividade estiver no nível mais externo do diagrama, palavras inseridas no retângulo, ela corresponde diretamente às categorias de atividades facilitadoras.

Após este processo preenche-se a planilha da Ilustração 5.11, passo A6, com todas as atividades facilitadoras do processo pesquisado. Os três primeiros dados são retirados do fluxograma pronto, o quarto (nível) é obtido ao consultar o Diagrama de Ishikawa e localizar nele a que nível a atividade está relacionada. Se estiver ligada à categoria recebe a numeração

1, ao segundo nível recebe 2 e ao terceiro nível 3. Assim fica caracterizado qual nível deve ser tomada a decisão.

Atividade facilitadora	Cor do texto sublinhado	Número da categoria	Nível do Diagrama de Ishikawa

$\Sigma$  cores

**Ilustração 5.11:** Tabulação das atividades facilitadoras por processo.

A lista das atividades facilitadoras serve para a elaboração de *checklist* próprio da empresa. Constrói-se, assim, um banco de dados particular contendo atividades facilitadoras. Esta lista de verificação contém as atividades observadas em canteiro, ou seja, as grifadas em verde e em vermelho.

Por fim, tem-se o passo A7. Neste repetem-se as etapas I (I1 ao I11) e A (A1 ao A6), para cada um dos processos investigados, e o passo A8, que conclui o trabalho.

O produto desta etapa é a separação das atividades facilitadoras em categorias, a identificação de qual nível de planejamento é responsável para a continuidade do processo, através da consideração desta atividade.

### 5.5. Aplicação do modelo em estudo de caso

O modelo proposto foi aplicado numa estratégia de pesquisa do tipo estudo de caso. Esta utilizou a estratégia de levantamento, quando dos casos exploratórios.

Adotou-se dos estudos exploratórios para a elaboração do modelo e construção de seus limites. Nestes estudos piloto realizou-se alterações nos procedimentos de trabalho, por não se mostrarem adequados à coleta de dados consistentes, como, por exemplo, a aplicação de árvore de causas. Desta forma, na aplicação do modelo escolheu-se um empreendimento, pertencente a uma empresa de construção certificada e considerada líder no setor em que atua e utiliza o planejamento e programação de obra, localizada em Aracaju/Sergipe.

Deste modo, o estudo de caso mostrou como se identificam atividades facilitadoras em canteiro. Apresentou-se assim a teoria de identificação destas atividades, através das paradas em obra, com a utilização do modelo de integração com o processo de produção.

Embora o modelo possa ser aplicado em empreendimentos com ou sem programação e certificados ou não, a opção por um empreendimento em condições ideais fez-se para eliminar fatores interferentes, não relevantes à pesquisa.

O estudo de caso foi conduzido seguindo os procedimentos descritos neste capítulo, para a sua validação. Neste caso, foram acompanhados os processos em execução durante o período de coleta de dados.

A definição do contexto do trabalho esclarece onde e com que se está trabalhando. As fontes de evidências utilizadas foram: acompanhamento dos processos (observação direta); entrevistas não estruturadas com a equipe técnica da obra; registros fotográficos; consulta a documentos (procedimentos operacionais e registros fotográficos armazenados na obra); construção de fluxogramas; participação em reuniões com encarregados, equipe administrativa e estagiários; participação de reuniões de rotina da obra e finalmente a elaboração de fluxogramas de processos junto com a equipe técnica.

Com relação a análise do modelo, esta será feita analisando as variáveis independentes e intervenientes adotadas nos fluxogramas dos processos pesquisados, ou seja, cada atividade facilitadora identificada terá que ser representada por um par de variáveis.

## **6. ESTUDO DE CASO**

### ***6.1. Introdução***

Neste capítulo apresenta-se a aplicação do modelo em estudo de caso múltiplo. Esta é realizada através da descrição do estudo e da análise de seus resultados. Por último faz-se a análise do modelo por meio de suas variáveis independentes e intervenientes.

### ***6.2. Descrição do empreendimento do Estudo de caso***

O estudo de caso múltiplo foi realizado em Aracaju/Sergipe. A empresa em questão ofereceu a oportunidade de pesquisa em um ambiente propício para a aplicação do modelo, dentro das condições idealizadas. Além disto, esta participou da primeira etapa do trabalho.

O estudo trata de um edifício residencial de múltiplos pavimentos, com estrutura pré-laje e pré-viga. Esta resulta numa estrutura de concreto armado com vedação de blocos cerâmicos e processos construtivos tradicionais. É uma empresa certificada pela ISO 9000/2000, revisado em 2003, e em constante atualização de seus processos. Essa possui programação de obra, além de mão-de-obra própria, em sua maioria. A coleta de dados coincide com o início do período chuvoso na cidade, região nordeste do Brasil. No caso, a obra estava na fase de obra bruta, fina e início dos acabamentos, com prazo final de um ano para a entrega do empreendimento. A coleta realizou-se nos meses de Abril e Maio de 2004.

A empresa é de médio porte, segundo classificação do SEBRAE. Os processos acompanhados foram:

- Assentamento de gabarito para porta pronta.
- Assentamento de mestras para massa única e emboço.
- Assentamento de peitoril/chapim.
- Assentamento de revestimento cerâmico de parede interna.
- Colocação e acompanhamento do chumbamento das caixas elétricas.
- Colocação dos *kits* de água.



- Colocação de quadro elétrico.
- Elevação da alvenaria externa com blocos cerâmicos.
- Emboço e/ou reboco externo.
- Gesso de teto.
- Limpeza e rejunte de fachada.
- Pintura de fachada com textura.
- Regularização de piso para o assentamento de cerâmica.
- Regularização para revestimento cerâmico interno em parede emboço.
- Revestimento cerâmico de fachada.
- Revestimento com massa única em parede.

As visitas à obra iniciaram com reunião com o gerente de empreendimento e o gerente da obra para explicar como seria a pesquisa. O processo foi facilitado pelo perfil da empresa, no qual os engenheiros no geral têm mais de 15 anos de trabalho e estão fazendo especialização em gestão empresarial. Estes têm acesso às ferramentas da qualidade, dentre elas àquelas empregadas nesta pesquisa.

A equipe administrativa é formada pelo gerente de obra (engenheiro), técnica em edificações, técnico de segurança, mestre de obras que no caso é técnico em edificações, almoxarife e cinco estagiários. A equipe de produção é formada por 150 operários e seus encarregados.

A obra pesquisada é um empreendimento de 20 pavimentos para classe média, 4 apartamentos em cada, com duas vagas de garagem por apartamento e com área de pavimento tipo de 472,70 m<sup>2</sup> e 10.872,40m<sup>2</sup> no total.

Devido à quantidade elevada de pavimentos, o engenheiro de obra optou por dividi-los em quatro blocos, do quinto ao primeiro pavimento, do décimo ao sexto, do décimo quinto ao décimo primeiro e do vigésimo ao décimo sexto. Quando as equipes terminavam a tarefa, elas se deslocam para o próximo bloco. Tal providência foi tomada para evitar dificuldade no transporte vertical e também por causa das dependências entre as atividades. Assim, os processos começam nos pavimentos múltiplos de 5 e desciam ou subiam a depender do que foi planejado. Isso aconteceu para a maioria dos processos e foi considerado na programação

de obra. A exceção era os processos de instalações que fazem ligações com os vários pavimentos através das prumadas e dos quadros de distribuição.

### **6.3. Análise do estudo**

A descrição do estudo acompanha o modelo apresentado no capítulo anterior, item 5.4.

#### **6.3.1. Análise da Etapa 1: Base**

Este estudo foi desenvolvido considerando-se os processos de obra bruta e fina interna, além dos de fachada (passo B1), ou seja, aqueles em execução no momento da coleta de dados. Os passos desta etapa foram realizados pela pesquisadora.

A programação da obra foi consultada. Esta era atualizada a cada dois meses. Com relação aos procedimentos operacionais (passo B2), todos estavam formalizados e revisados, com exceção dos processos de Gesso de Teto e Pintura de Fachada com Textura. Isto aconteceu porque estes eram de aplicação recente na empresa e seus procedimentos ainda estavam sendo elaborados (passo B7).

Além destes instrumentos foram consultados: procedimento tático, projetos arquitetônicos, de instalações e de alvenaria, bem como banco de dados de registros fotográficos que o engenheiro mantinha em obra. Este último apresentava fotos do empreendimento pesquisado, desde a fase de escavação para fundações até o momento da coleta de dados, além de outros empreendimentos da empresa. Esta investigação permitiu o resgate de informações anteriores à coleta de dados e que influenciavam os processos em execução.

No caso dos dois processos que não possuíam procedimentos, estes foram acompanhados e foram investigados suas atividades componentes, materiais, ferramentas, equipamentos e equipe de trabalho. Na Pintura de Fachada, a pesquisadora acompanhou o treinamento dos operários na função, pois eles estavam sendo treinados em uma nova especialidade, já que todos eram pedreiros.

Foram realizadas entrevistas não estruturadas. Para isto foi utilizado o momento das reuniões semanais com a equipe de administração da obra (passo B4) e quando da existência

de dúvidas sobre determinado processo ou procedimento. Neste último caso, a entrevista foi realizada com a pessoa da administração responsável pela tarefa (passo B3).

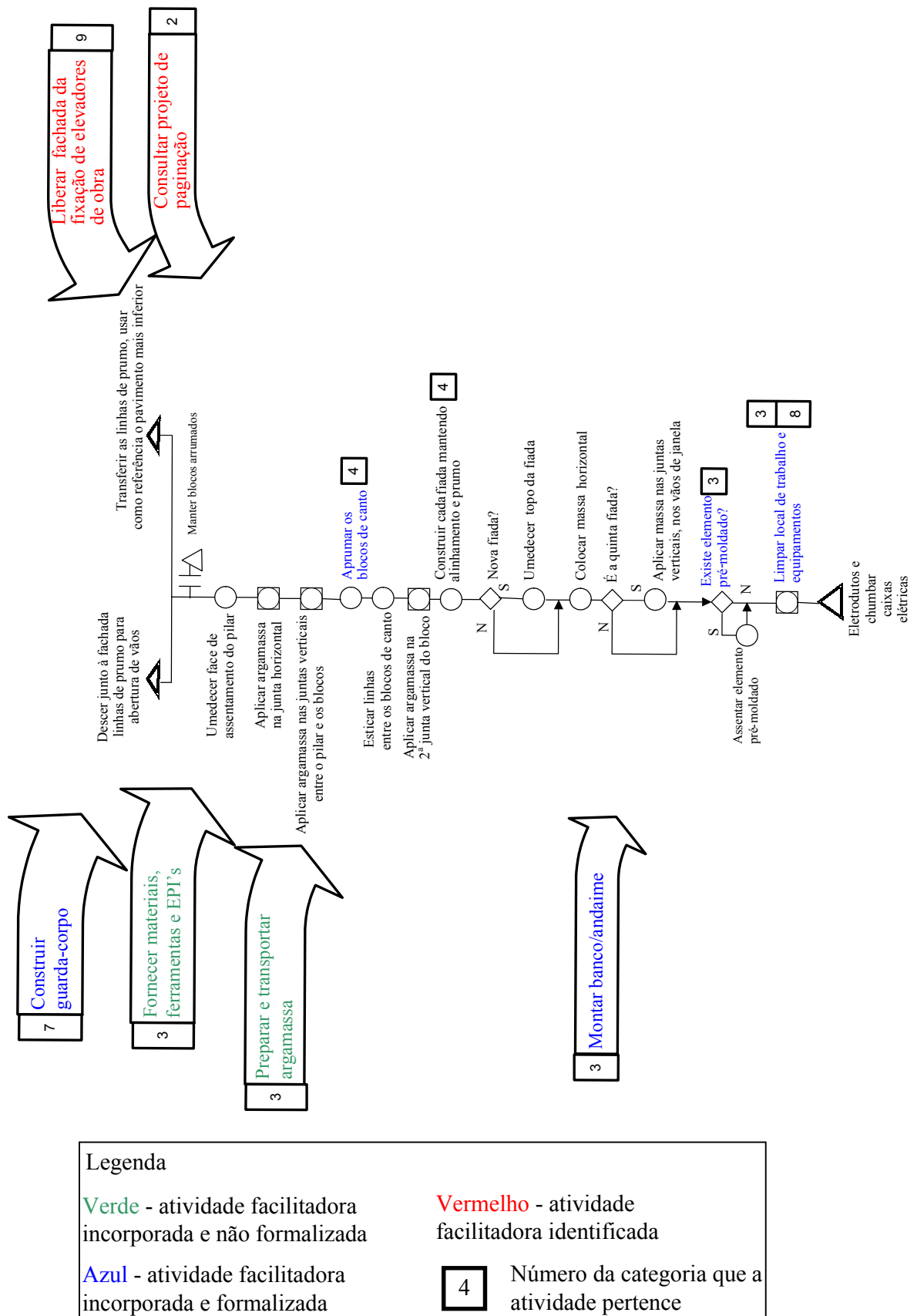
Durante o acompanhamento dos processos elaborou-se a lista de verificação com as interrupções nos processos. Esta pode ser observada no Apêndice D. Nela as atividades facilitadoras são separadas em verde ou vermelho, conforme observação em canteiro (passos B5 e B6).

Conforme já citado, o engenheiro da obra estava fazendo um curso de especialização em gestão empresarial. Logo este tinha familiaridade com as ferramentas da qualidade adotadas na tese. Então, nas reuniões semanais com os estagiários eram elaborados fluxogramas dos assuntos discutidos. Promovia-se, assim, o treinamento do engenheiro na simbologia adotada nas redes operacionais, para introduzi-lo na sistemática de elaboração de redes. Este aplicou as etapas 2 e 3 do modelo (passo B8).

Mediante informações obtidas, a pesquisadora elaborou os fluxogramas, em consulta ao banco de dados de redes. Tal fato foi possível porque a empresa participou do estudo exploratório e tinha os procedimentos já interpretados como fluxograma (passo B9).

Em seguida, as redes foram apresentadas ao engenheiro de obra, que às analisou e fez considerações a respeito de algumas atividades. Procedeu-se então a sua correção onde se fez necessário (passos B10 e B11). Concluiu-se, assim, a etapa Base (passo B12). Para exemplificar o produto desta etapa apresenta-se o fluxograma da Ilustração 6.1. Este é relativo ao processo Elevação de Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos.

No Apêndice E apresentam-se outros exemplos dos processos pesquisados, com as atividades facilitadoras incluídas. No caso, consideram-se as intrínsecas e extrínsecas ao processo.



**Ilustração 6.1:** Fluxograma com atividades facilitadoras incluídas, para o processo Elevação de Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos.

### **6.3.2. Análise da Etapa 2: Identificação**

Após elaboração dos fluxogramas e da lista de verificação das interrupções por processo, partiu-se para a identificação das atividades facilitadoras. Neste momento, inicia-se a participação do engenheiro.

Ao se utilizar fluxograma e procedimento operacional, discutiu-se sobre quais atividades poderiam interromper o processo (passo I1). Caso a atividade constasse dos passos do processo, ela era grifada no fluxograma em azul. Caso estivesse nas recomendações do procedimento inseria-se o nome da atividade ao lado de onde provocaria a parada e sublinhava-se o texto em azul (passo I2).

Após colocar todas as atividades que deveriam ser destacadas em azul, partiu-se para procurar as que deveriam ser destacadas em verde. Isto foi realizado com consultas a lista de verificação elaborada (passo I3). Passou então a inserí-las ao lado das atividades que causariam paradas (passo I4).

Concluído mais este passo, separou-se, na lista, as atividades que devem ser destacadas em vermelho, seguindo o mesmo procedimento de inclusão na rede (passos I6 e I7). No caso, não foram identificadas atividades que estavam formalizadas e não eram realizadas (passo I8).

Repetiu-se então o procedimento para todos os processos pesquisados. Sempre ao final de cada processo era discutido com o engenheiro se todas as atividades foram identificadas (passos I9 e I10) e se precisava rever algum ponto (passo I11).

### **6.3.3. Análise da Etapa 3: Ação**

Esta etapa também contou com a colaboração do engenheiro da obra. Nela, a investigação partiu dos fluxogramas com as atividades facilitadoras incluídas, conforme os tipos correspondentes (coloração). No momento da pesquisa, o trabalho continuou com as atividades inseridas nas redes de forma manual (passo A1).

Para cada processo, com o auxílio do Diagrama de Ishikawa e da familiarização do engenheiro com este, era explicada a sistemática dos níveis hierárquicos e era feita a simulação de exemplos da própria obra. Partiu-se então para a colocação do número correspondente à categoria que causa parada ao lado da atividade (passos A2 e A3).

Concluído esse passo, elaborou-se no verso do fluxograma uma planilha. Nesta determina-se qual nível estas atividades facilitadoras pertence (passo A4). O fluxograma foi apresentado em uma folha de papel ofício (para exemplificação ver Ilustração 6.2). Nesta planilha colocou-se a descrição da atividade, a cor que estava grifada e o número da categoria correspondente.

Atividade facilitadora	Cor	Número da categoria	Nível hierárquico
Liberar fachada de elevadores provisórios	Vermelho	9	2
	Verde	9	2
Fornecer materiais, ferramentas e equipamentos	Verde	3	3
Fornecimento de EPI's	Verde	7	2
Consular projeto de paginação	Vermelho	2	3
Montar andaimes/bancos	Azul	3	3
Preparar e transportar argamassa	Verde	3	3
Aprumar os blocos de canto	Azul	4	3
Preparar elemento pré-moldado	Azul	3	3
Limpar local de trabalho e equipamentos	Azul	3	3
	Azul	8	3
Construir guarda-corpo	Azul	7	3

**Ilustração 6.2:** Tabulação das atividades facilitadoras para o processo Elevação da Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos.

Para cada uma das atividades consultava-se o Diagrama de Ishikawa (passo A5). Neste momento, o objetivo é verificar em qual nível a atividade facilitadora se encontrava (passo A6). A Ilustração 6.3, por sua vez, apresenta a percentagem desta para o referido processo conforme a coloração. Na ilustração foram criados dois grupos, um grupo com as atividades que a empresa já incorporou em seu processo de produção e outro com as que ela ainda não incorporou, ou seja, são aquelas só identificadas.

Azul	Verde	Vermelho	Roxo
7	4	2	-
11		2	
84,6%		15,4%	

**Ilustração 6.3:** Percentagem das atividades facilitadoras para o processo Elevação da Alvenaria Externa com Blocos Cerâmicos.

A Ilustração 6.4 apresenta a mesma percentagem de atividades facilitadoras, desta vez para todos os processos pesquisados.

Atividades facilitadoras	Cor do sublinhado	N. de incidências	Incidências (%)
Incorporadas no processo e formalizadas	Azul	72	37,7
Incorporadas no processo e não formalizadas	Verde	63	33,0
Identificadas no processo	Vermelho	56	29,3
Total		191	100,0

**Ilustração 6.4:** Tabulação das atividades facilitadoras para o empreendimento.

Como resultado da pesquisa sugeriu-se para a empresa a criação de uma lista de verificação de suas atividades facilitadoras. O objetivo é que aquelas incorporadas embora não formalizadas (em verde) e as identificadas (em vermelho) sejam formalizadas dentro dos processos, para a sua melhoria contínua. Ao serem incorporadas nos processos, elas passariam a ser sublinhadas em azul e deixam de ser facilitadoras. Com isto, elas fazem parte do processo e contribuem para evitar ou minimizar interrupções no fluxo do trabalho.

Conforme o observado, mais de 80% das atividades facilitadoras foram contempladas pelas categorias Preparação do trabalho, Conferência do trabalho, Proteção dos operários e Proteção dos processos. Isto indica que as interrupções poderiam ser minimizadas ou eliminadas nas etapas de programação e execução.

Com relação ao nível de divisão interna das categorias no Diagrama de Ishikawa, o nível três, mais interno, foi o que apresentou um maior número de exemplos (69,0%), seguido pelo dois (28,9%), em um total de 226 atividades facilitadoras identificadas.

#### 6.4. Análise do modelo conceitual adotado

Para esta análise elaborou-se uma matriz de correlação entre as variáveis independentes e intervenientes. Isto foi realizado para investigar se os casos pesquisados têm suas atividades facilitadoras representadas através da intercessão de um par destas variáveis.

Na análise dos processos procedeu-se a identificação de cada atividade facilitadora com uma letra, que era colocada no par de variáveis que a representava dentro da matriz. Assim, cada processo possuía a sua própria matriz. No caso de ter alguma atividade que não foi representada investigava-se o tipo de interferência que esta poderia ter causado, com consultas aos exemplos da literatura, para a inclusão de nova variável no modelo. Mas esta situação não aconteceu.

Repetido este procedimento para todos os processos pesquisados, elaborou-se a matriz da Ilustração 6.5. Na análise observou-se que o modelo representa as atividades facilitadoras através das variáveis propostas. No caso, todas as 226 atividades identificadas ou já incorporadas nos processos puderam ser investigadas através do modelo.

Variáveis		Independente								Total
		Instruções	Método	Espaço disponível para o trabalho	Restrições externas	Materiais	Equipamentos	Ferramentas	Mão-de-obra	
Intervenientes	Planejamento do processo	17	4		5	19	13	15	1	74
	Inovação tecnológica	1	10			4		1		16
	Informações	12	8			1				21
	Necessidades de coordenação	5	4	1		2				12
	Manuseio de materiais	2		1		14	2	5		24
	Identificação de procedimentos	5	8		1					14
	Processo de fluxo de informações	2								2
	Como desencadear as tarefas no canteiro	4	5					1		10
	Segurança do trabalho		1		6	3	17	12	14	53
	Total	48	40	2	12	43	32	34	15	226

**Ilustração 6.5:** Aplicação da matriz que correlaciona as variáveis independentes com as intervenientes.



Esse levantamento considera as três formas de atividades facilitadoras identificadas em canteiro. Tal fato atendeu ao objetivo desta fase que é o de avaliar a capacidade do modelo em identificar a atividade. Posteriormente, a coloração no texto é quem determinará como seu uso dá-se na obra pesquisada.

Na ilustração observa-se que as variáveis independentes menos contempladas foram Espaço Disponível para o Trabalho e Restrições Externas. Tal fato justifica-se porque não havia na obra problemas de acesso em quantidade significativa e os processos eram desenvolvidos em sua maioria na parte interna da obra e sem conflitos relevantes entre eles.

Quanto às variáveis intervenientes, as menos contempladas foram Processo de Fluxo de Informações, Desencadeamento das Tarefas no Canteiro e Necessidades de Coordenação. O primeiro fator deve-se a existência de procedimentos detalhados em canteiro, o segundo ao uso de programação formal e o último ao fato de existir um empreendimento da empresa anterior a este, com características semelhantes. Este serviu de modelo quando da execução do canteiro pesquisado.

As variáveis independentes mais contempladas foram Instruções, Materiais e Métodos. Isto representou 57,9% das atividades facilitadoras. Os problemas com as instruções ocorreram principalmente devido a pequenas alterações. Neste caso, a comunicação era passada do engenheiro ao mestre de obra, deste ao encarregado e por fim do encarregado aos operários.

Com relação aos materiais, o fato da empresa possuir uma central industrial faz com que o fornecimento seja concentrado nela e sua distribuição fique comprometida. Isto ocorreu porque eram apenas três caminhões para atender 14 canteiros. Estes caminhões possibilitavam o abastecimento de elementos pré-moldados, *kits* de água e de esgoto, mistura para argamassa pronta, além de outros materiais, que devido ao volume elevado, muitas vezes, não eram possíveis de serem armazenados na obra quando da entrega. Como exemplo tem-se o piso cerâmico para todo o prédio. Quanto aos métodos de trabalho, estes eram transmitidos através de treinamentos periódicos com os operários, além de no momento da admissão na obra.

As variáveis intervenientes mais contempladas foram Planejamento do Processo e Segurança do Trabalho. Estas representam 56,1% do total de atividades facilitadoras. No caso, os exemplos são positivos, pois correspondem àquelas incorporadas formal ou

informalmente em obra. Tal fato justifica-se também pela existência de procedimentos de trabalho, onde essas informações estão disponibilizadas.

### **6.5. Considerações do estudo de caso**

O objetivo de fazer com que a empresa crie uma lista de verificação própria de atividades facilitadoras foi atingido. A lista permite que esta evolua a partir das atividades identificadas nos processos de produção, com aplicação em projetos futuros. Isto acontece porque as atividades encontradas são guias para empreendimentos com características semelhantes. Contudo, alerta-se para o fato de que estas podem apresentar-se de outra forma, de acordo com o empreendimento e com a empresa em análise.

Os fluxogramas elaborados foram feitos a partir dos procedimentos operacionais padrão. Porém, no caso do Gesso de Teto e da Pintura de Fachada com *Permalit* foram baseados somente em observações de campo. Isso aconteceu porque esses processos têm aplicação recente na empresa e não se encontravam formalizados.

Com relação aos registros fotográficos realizados pela pesquisadora e discutidos com o engenheiro, conversou-se acerca de problemas identificados nos processos, como:

- A continuidade de processos desenvolvidos na fachada foi permitida devido ao deslocamento estratégico de elementos de transporte vertical. Isto aconteceu com a retirada da grua e de um dos elevadores de carga, fixos na fachada antes da execução dos processos argamassados. Com esta decisão, não se interferiu nos processos produtivos e não ocasionou problemas para o abastecimento do prédio. A decisão foi transferir este elevador e o de passageiro para o interior dos poços dos elevadores definitivos (Ilustração 6.6a).
- Porém, o problema foi totalmente solucionado, uma vez que, na fachada ficou ainda uma abertura para o segundo elevador de carga e o tubo chama-lixo (Ilustração 6.6b);



(a)



(b)

**Ilustração 6.6:** Registros das fixações para equipamento de transporte vertical.

- Outro exemplo é os furos na laje de cobertura, estes interromperam os processos desenvolvidos no pavimento inferior. Foram feitos porque houve alteração no projeto de distribuição dos jaús (Ilustrações 6.7a e 6.7b). Além disso, existiam pontos de fixação próximos ao reservatório superior. Neste caso, o espaço ficava restrito para a sua instalação. Isto resultou na necessidade de novos furos. Estes, porém trouxeram problemas com infiltrações na laje do último pavimento. Fato este que comprometeu o Gesso de Teto já aplicado, bem como a conclusão dos processos nos locais de sua fixação;



(c)



(d)

**Ilustração 6.7:** Registros de furos na laje de cobertura.

- A minimização dos conflitos entre equipes de trabalho em um mesmo ambiente é facilitada pela divisão da laje em blocos. Esta estratégia foi adotada para a distribuição de equipes e logística, distribuição de materiais. Seu objetivo era facilitar a distribuição dos materiais e do trabalho, evitar a concentração do trabalho, diminuir as distâncias de transporte e liberar locais para os próximos processos;
- A programação dos trabalhos na fachada foi realizada para evitar interferências com os processos desenvolvidos dentro da torre. Neste caso, os trabalhos na fachada seriam

executados até julho/2004, para minimizar movimentação de dentro para fora do prédio. A previsão é liberar os apartamentos como caminho de acesso de materiais para a fachada. Isto reduz danos nos processos internos já executados; e

- Descontinuidades nos processos argamassados foram observadas junto às aberturas. Isto se deve ao tipo de guarda-corpo adotado. Este impede a execução de processos e de acabamento nos locais onde estão fixados.

Como resultados do estudo de caso têm-se então os produtos do modelo. Estes são os fluxogramas de processo, a lista de verificação com interrupções por processos, os fluxogramas com as atividades facilitadoras incluídas e as categorias a que cada atividade pertence.

Com relação às dificuldades do modelo enfrentadas no estudo de caso múltiplos pode-se citar:

- Conforme a gerência do estudo de caso, a familiarização com as redes operacionais seria mais simples caso fosse adotada a simbologia de diagrama de processo.
- A parada é observada pela pessoa que acompanha o processo, a pesquisadora ou a equipe de canteiro, mas não existe um instrumento visual, a exemplo de sinalizações luminosas. Neste último caso, ela seria caracterizada e tornada visível a todos. Por isto, é necessário o acompanhamento sistemático do processo.
- A explicação e o uso do modelo requer tempo para a equipe se familiarizar com a simbologia adotada e com seus passos. Devido à dinâmica de canteiro, as aplicações do modelo junto com o gerente não foram contínuas, por causa das funções que este desempenhava na obra. Isto prejudicou a assimilação de conhecimentos das atividades facilitadoras pelo gerente, quando este tentava manter uma linha de raciocínio contínua.
- A aplicação do modelo confirmou a necessidade de realmente utilizar os processos em execução no momento da coleta de dados, não só pela vivência do problema, mas também pela necessidade de consultas a projetos, programações e ao local de trabalho.

## **7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### ***7.1. Considerações finais***

Com relação à aplicação das ferramentas, estas puderam representar a incorporação ou identificação das atividades facilitadoras nos processos de produção, para evitar ou minimizar paradas, bem como fortalecer sua definição com exemplos inseridos nas categorias propostas.

Ao inserir estas atividades nas redes operacionais promoveu-se o intercâmbio entre as decisões gerenciais no nível tático e o processo a ser executado no nível operacional. Isto aconteceu pela indicação dos momentos em que as atividades deveriam ser necessárias, para evitar descontinuidades nos processos.

Neste método de validação, as redes operacionais geradas descreveram as atividades facilitadoras inseridas nas setas e têm função móvel. Elas devem estar no momento mais adequado segundo a realidade do canteiro, ou seja, a atividade fica flutuando dentro do gráfico.

Por mais básico que seja, o problema de disponibilidade de recursos é apontado pelos autores, na revisão da literatura, como uma das causas de descontinuidades nos processos, normalmente são provenientes de planejamentos informais. Estes não têm controle sobre a disponibilidade de recursos e as finanças necessárias a esta disponibilidade. Este tipo de situação é predominante nos canteiros de obra nacionais.

Nas consultas ao banco de dados de atividades facilitadoras, observam-se processos similares e as atividades consideradas. Com isto, a empresa cria uma lista de verificação própria para a melhoria contínua de seus processos.

Quanto às entrevistas com engenheiros de obra, que antecederam a aplicação do modelo, observou-se que eles têm o registro de interrupções que ocorreram em seus empreendimentos de forma mental, sem a existência de anotações. Isto aconteceu mesmo nos casos em que o problema comprometeu a obra com o consumo excessivo de recursos financeiros ou de tempo. Como ponto positivo têm-se os registros na forma de fotografias de

empreendimentos anteriores e que foram consultados para um canteiro com características semelhantes.

Assim, mesmo com a existência de informalidade no registro das situações de interrupções, observa-se que os profissionais adotaram uma postura de antecipação, quando situações em projetos futuros referenciavam àquelas vivenciadas anteriormente. Mas se esses registros fossem formalizados, poderiam auxiliar um número maior de pessoas na execução dos empreendimentos da empresa ou do setor de construção de edificações.

Com relação ao modelo, seu objetivo foi cumprido ao integrar as atividades facilitadoras nos processos de produção. Assim, com a consideração destas atividades, a empresa pode evoluir até o patamar das que lhe servem de referência no mercado (*benchmarking*) e a partir deste.

No estudo de caso, ao analisar um canteiro de obra de uma empresa certificada e com programação formal de seus processos, pôde-se confirmar as atividades facilitadoras que estão já incorporadas e que, portanto, deixam de ser facilitadoras nas repetições seguintes do processo produtivo. Além disso, a investigação mostra que mesmo uma empresa organizada apresenta atividades a serem incorporadas (só identificadas). Este representa um processo de melhoria contínua.

O estudo de caso múltiplo concentrou-se nos processos de produção de um empreendimento. Em paralelo, foram realizadas visitas a outros canteiros de obra da empresa e nesta oportunidade realizaram-se entrevistas não estruturadas com seus responsáveis. Neste estudo observaram-se problemas de acordo com as respostas dos engenheiros, como: os recursos são geridos não somente pelos gerentes de obra. Isto acontece porque eles podem ser disputados entre empreendimentos, o que pode causar falhas na obra em que o recurso foi retirado.

A oportunidade de realizar dois tipos de estudos na mesma empresa (caso exploratório e estudo de caso múltiplos) possibilitou a análise de que as falhas identificadas no estudo exploratório e transmitidas à empresa através de relatórios não foram repassadas para outros empreendimentos. Isto pode ser observado quando os erros se repetem, apesar da estrutura nos canteiros ser semelhante. Neste período, os relatórios foram apresentados e entregues ao responsável pelo setor de produção de edificações.



Porém, melhorias foram identificadas na empresa, com relação ao problema proposto. Como exemplo, cita-se o uso de jaús nas fachadas dos prédios, com estrutura afastada da platibanda. Isto possibilitou o trabalho nessa região em qualquer etapa do empreendimento (Ilustração 7.1). Este assunto foi discutido com a gerência quando da realização do caso exploratório.



**Ilustração 7.1:** Estrutura do jaú afastada da platibanda.

Acredita-se que a fase da obra ideal para a coleta de dados corresponde à passagem da obra bruta para a fina. Isto acontece porque esta exige maior gerenciamento dos recursos de produção, cuidados com acessibilidade, conclusões de processos e interferências entre processos, devido ao seu desenvolvimento em paralelo e em seqüência. Isto determina um maior número de exemplos de interrupção no processo de produção. Tal fato pode ser observado pela quantidade de exemplos de paradas mostrados nos estudos 5 e 6, bem como no estudo de caso múltiplos. Estes apresentavam processos de produção desenvolvidos dentro deste cenário, quando comparados aos demais estudos.

Contudo, torna-se necessário investigar a fase final da obra, que se caracteriza por retrabalhos para correções ou alterações do produto, conforme solicitação de clientes. Isto ocorre porque as interrupções no fluxo de produção tendem a se agravar na fase de acabamento, quando as equipes atuam em paralelo e sem sincronização.

Com relação à teoria da tese, sua descoberta e seu desenvolvimento são encontrados primeiramente no levantamento (primeira fase) e depois no estudo de caso (segunda fase).



Cada um dos estudos do levantamento (estudos exploratórios) revela uma nova descoberta. Isto leva a um avanço teórico significativo, que cumulou na elaboração do modelo aplicado em estudo de caso múltiplo.

Como medidas de melhoria após aplicação do modelo pode-se utilizar os índices de desempenho produtividade e Percentagem do Planejamento Concluído (PPC).

## **7.2. Conclusões**

Como contribuições da tese tem-se o modelo de identificação de atividades facilitadoras, sua divisão em intrínsecas e extrínsecas, sua distribuição em categorias e em níveis hierárquicos. Estas informações podem auxiliar o engenheiro de obra na prevenção de interrupções e podem ser usadas como instrumento que o leve a reagir antes e durante o processo, no caso da parada ocorrer.

O modelo é complexo pela quantidade de ferramentas adotadas, que se inter-relacionam e fornecem informação para a etapa seguinte de aplicação. As ferramentas, porém, podem ser adotadas em separado na busca por informações isoladas, como: conhecimento do processo produtivo em execução, causas que geraram interrupções neste processo, nível onde a tomada de decisão se concentra e quais são as atividades facilitadoras.

Além de localizar as atividades facilitadoras, o modelo separa-as em intrínsecas e extrínsecas ao processo, diferenciando-as. Desta forma, a empresa pode situar sua evolução, em dado processo, em direção a sua melhoria contínua.

Quanto ao Diagrama de Ishikawa adaptado na tese, este facilita o processo de agrupamento das atividades facilitadoras e a identificação em sub-níveis para uma tomada de decisão direcionada à pessoa responsável para evitar a interrupção.

Com relação às causas de interrupções, ao se perguntar “Por quê?” repetidas vezes verificou-se que ocorrem interligações com outros processos produtivos ou mesmo com ações desenvolvidas no canteiro de obra. Esta situação mostra a complexidade da parada, devido a influências externas ao processo, mas também que as soluções adotadas têm caráter amplo, daí a necessidade de vincular o processo produtivo com a programação de obra.

Conforme observado a empresa do estudo de caso é uma empresa considerada boa e certificada, mesmo nesta realidade pode-se observar que as atividades facilitadoras existem, que a empresa aplica alguma delas inconscientemente e que existem outras que deveriam ser incorporadas ao processo produtivo.

No modelo, entretanto, não se separam as atividades antecipáveis das de remoção de restrição. Este seria um outro processo, com a inclusão de outras variáveis independentes e intervenientes.

Outra aplicação da tese é no ensino de engenharia, onde a rede operacional entra como figura de comunicação entre as pessoas, como capacidade de expressão.

### ***7.3. Sugestão para trabalhos futuros***

Após análise da tese e do ambiente de construção em que esta se insere, sugere-se como trabalhos futuros:

- Estudar a identificação de atividades facilitadoras através de registros físicos de parada na linha de produção. Este pára pela ocorrência de um defeito, que se torna visível para o operador, seus colegas e a supervisão. Desencadeia-se então um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, de forma a evitar a reincidência do problema e reduzir paradas na linha.
- Considerar no fluxograma a rede de suprimentos. Isto deve ser realizado ao investigar as atividades facilitadoras até a causa primária, na forma de um produto (relação com fornecedores). Este trabalho insere-se no mapeamento do fluxo de valor, ao pesquisar os caminhos percorridos pelos produtos de seus fornecedores até a obra.
- Considerar outras formas para identificar discontinuidades, como má qualidade - com o uso de ficha de verificação-, desperdício – com medição de consumo de materiais, uso inadequado de recursos físicos e financeiros-, e baixa produtividade – com medição da produção. Consideram-se ainda os fatores que interferem na produtividade.

- Investigar a influência de atividades facilitadoras na continuidade dos processos através de outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, Tecnologia da informação, Qualidade na construção e Aprendizagem organizacional.
- Pesquisar o uso da ferramenta Árvore de falhas, da engenharia mecânica, como forma de representar as paradas nos processos e investigar suas causas primeiras, através de sua sistemática de portas lógicas E e OU. Isto deve ser realizado com a participação dos atores envolvidos e responsáveis pela tomada de decisão para a continuidade do processo.
- Estudar a associação da Teoria das restrições com a Árvore de falhas. Esta investiga a remoção de restrição, que é uma das formas de ação das atividades facilitadoras.
- Inserir as atividades facilitadoras de forma sistemática na programação de obra, conforme os momentos de incorporação nos níveis hierárquicos de planejamento.
- Aplicar este modelo em outras realidades de pesquisa, como construção de procedimentos, identificação de descontinuidades em outros setores da produção e preparação de aulas.
- Aplicar o modelo em construções horizontais ou edifícios comerciais, bem como em tecnologias construtivas distintas.
- Associar exemplos descritos na literatura com o levantamento de campo.
- Fazer medição do número de paradas, pela criação de um índice de desempenho para o controle do processo e identificação de áreas críticas. Além disso, criar um índice de evolução contínua das atividades facilitadoras nos processos produtivos.
- Implementar via *software* o banco de dados dos fluxogramas operacionais com as atividades facilitadoras inclusas. Isto deve ser feito para fazer a vinculação direta do plano de produção com as redes de identificação destas atividades. Assim, as pessoas podem manipular estes dados na busca pela continuidade do fluxo do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYSINGHE, G., URAND, D. Why use enactable models of construction processes? **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 6, p. 437-447, November/December 1999.

AKKARI, A M. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso de pacote computacional**: proposta baseada em dois estudos de caso. 2003. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudos de caso. 2000. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC / UFRGS, Porto Alegre.

ALVES, T. C. L., FORMOSO, C. T. Guidelines for managing physical flows in construction sites. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2000, 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

ALVES, T. C. L., FORMOSO, C. T. Hierarquização da gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudo de caso. In: SEMINÁRIO SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000, 12p.

ALVES, T. C. L., MARCHESAN, P. R. C., FORMOSO, C. T. A análise de restrições e o planejamento e controle da produção na construção de uma biblioteca. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001, CD-ROM, 13p.

AMARAL, T. G. **Metodologia de qualificação para trabalhadores da construção civil como base nos conhecimentos gerenciais da construção enxuta**. 2004. 279p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

AMBROZEWICZ, P. R. L. **Sistema de qualificação de empresas de serviços e obras (SIQ-C). Metodologia de implantação**: procedimentos, serviços e materiais. Curitiba: Serviço

Nacional de Aprendizagem Industrial. Qualidade na Indústria da Construção. 1ª edição. SENAI, Departamento Regional do Paraná, 2003, 732p.

ANTILL, J. M., WOODHEAD, R. W. **CPM aplicado às construções**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1971, 301p.

ANTUNES JUNIOR, J. A V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. 407p. Tese (Doutorado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre.

ANTUNES JUNIOR, J. A V. O mecanismo da função de produção: a análise dos sistemas produtivos do ponto-de-vista de uma rede de processos e operações. **Produção**, v. 4, n. 1, p.33-46, Julho 1994.

ARDITI, D., SIKANGWAN, P., TOKDEMIR, O B. Scheduling system for high rise building construction. **Construction Management and Economics**, v. 20, p. 353-364, 2002.

ARDITI, D., TOKDEMIR, O. B., SUH, K. Effect of learning on line-of-balance scheduling. **International Journal of Project Management**, v.19, n.5, p.265-277, July 2001.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil**: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. 206p. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, São Paulo.

ASSUMPÇÃO, J. F. P., FUGAZZA, A. E. Planejamento da produção de edifícios: proposta de WBS e seqüências de execução como facilitadores do processo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO: A COMPETITIVIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO NOVO MILÊNIO, I, 1999, Recife. **Anais...** Recife, 1999, 5p.

ASSUMPÇÃO, J. F. P., FUGAZZA, A E. Uso de redes de precedência para planejamento da produção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998, p. 359-368.

BALLARD, H. G. Improving work flow reliability. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999. 12p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

BALLARD, H. G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Gold Coast. **Proceedings...** Gold Coast, 1997, p. 13-25. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control.** May, 2000. 146p. Doctor of Philosophy Thesis, The University of Birmingham, Birmingham.

BALLARD, H. G. **Work Structuring.** LCI White Paper #4. Lean Construction Institute, 1999, 23p.

BALLARD, H. G., CASTEN, M., HOWELL, G. PARC: A case study. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 4., 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham, 1996, 14p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

BALLARD, G., HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.124, n.1, p.11-23, January/February 1998.

BALLARD, H. G., HOWELL, G. What kind of construction is production. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998, 7p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** Tradução da 6ª edição americana. São Paulo: Edgard Blücher, 1977, 635p.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 2001. 291p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil — PPGEC/UFRGS, Porto Alegre.

BERNARDES, M. M. S. Proposição de diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle da produção: pesquisa baseada em estudo empírico. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL / X

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2004, CD-ROM, 15p.

BERNARDES, M. M. S., BORTOLAZZA, R. C. Estado da arte do processo de identificação de restrições em um grupo de empresas de construção civil de Porto Alegre/RS. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL / X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2004, CD-ROM, 14p.

BERNARDES, M. M. S., SALVADOR, T. F. Work-task: sistema computacional para o planejamento e controle da produção de obras de construção civil. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL / X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2004, CD-ROM, 11p.

BRESSIANI, L., SANTOS, D. G., SAFFARO, F. A., SOUZA E SILVA, M. F., HEINECK, L. F. M. O comportamento dos engenheiros de obra em relação aos princípios lean. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2003, CD-ROM, 10p.

BROMILOW, F. J. Measurement and scheduling of construction time and cost performance in the building industry. **Reprinted from The Chartered Builder**, v. 10, p. 57-65, June-July 1974.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificações**. 1988. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção — PPGEP, Florianópolis.

CARVALHO, M. S. **Método de intervenção no processo de programação de recursos de empresas construtoras de pequeno porte através do seu sistema de informação**: proposta baseada em estudos de caso. 1998, 169p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

- CHAN, W. T., HU, H. Constraint programming approach to precast production scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 6, p. 513-521, December 2002.
- CHEHAYED, N. N., ABOURIZK, S. M. Simulation-based scheduling with continuous activity relationships. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 2, p. 107-115, March/April 1998.
- CHOO, H. J., TOMMELEIN, I. D., BALLARD, G., ZABELLE, T. R. Workplan: constraint-based database for work package scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 3, p. 151-160, May/June 1999.
- CHOO, H. J., TOMMELEIN, I. D., BALLARD, G., ZABELLE, T. R. Workplan: database for work package production scheduling. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998, 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- CHUA, D. K. H., SHEN, L. J. Constraint modeling and buffer management with integrated production scheduler. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore, 2001, 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- CHUA, D. K. H., SHEN, L. J., BOK, S. H. Constraint-based planning with integrated production scheduler over internet. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 3, p. 293-301, May/June 2003.
- CODINHOTO, R., MINOZZO, D., HOMRICH, M., FORMOSO, C. Análise de restrições: definição e indicador de desempenho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, 2003, CD-ROM.
- COELHO, H., FORMOSO, C. Planejamento e controle da produção em nível de médio prazo: funções básicas e diretrizes de implementação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, 2003, CD-ROM.



- CONTE, A. S. I. Last planner, lookahead, PPC: a driver to the site operations. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998. Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998. 8p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- CONTE, A. S. I. Lean construction: from theory to practice. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002. Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.
- CORRÊA, H. E., SLACK, N. D. C. Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saídas. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 33-41, Janeiro/Março 1994.
- COX, J. F., SPENCER, M. S. **The constraints management handbook**. The St. Lucie Press/APICS Series on Constraints Management. Florida: CRC Pree LLC, 1998, 319p.
- CRUZ, A L. G. **Uma contribuição metodológica para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil**. Uma abordagem logística. 2002. 303p. Tese (Doutor em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.
- CURRIE, R. M. **Work study**. Fourth edition. Great Britain: A Pitman International Text, 1977, 326p.
- DAWOOD, N. Estimating project and activity duration: a risk management approach using network analysis. **Construction Management and Economics**, v. 16, p. 41-48, 1998.
- EL-RAYES, K. Object-oriented model for repetitive construction scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 3, p. 199-205, May/June 2001.
- ELDIN, N. N. Impact of employee, management and process issues on constructability implementation. **Construction Management and Economics**, v. 17, p. 711-720, 1999.
- FANIRAN, O. O., OLUWOYE, J. O., LENARD, D. J. Application of the lean production concept to improve the construction planning process. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997. Gold Coast. **Proceedings...** Gold Coast. 1997. 9p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- FERGUSON, I. **Buildability in practice**. Quality on Site, Batsford, 1986, 175p.

FINKE, M. R. A better way to estimate and mitigate disruption. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 6, p. 490-497, November/December 1998.

FISCHER, M., TATUM, C. B. Characteristics of design-relevant constructability knowledge. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 123, n. 3, p. 253-260, September 1997.

FISHER, D. J., ANDERSON, S. D., RAHMAN, S. P. Integrating constructability tools into constructability review process. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.126, n. 2, p. 89-96, March/April 2000.

GAMBATESE, J. A, McMANUS, J. F. The constructability review process: a constructor's perspective. **Journal of Management in Engineering**, p. 93-94, January/February 1999.

GARNETT, N., JONES, D. T., MURRAY, S. Strategic application of lean thinking. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998, 14p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

GIBSON JR., G. E., MCGINNIS, C. I., FLANIGAN, W. S., WOOD, J. E. Constructability in the Public Sector. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 122, n. 3, p.274-280, September 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996. 159p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1999. 206p.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil**. 2ª edição. São Paulo: PINI, 1986, 125p.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados**. IMAM: São Paulo, 1991, 243p.

GOLDRATT, E. M. **My Saga to Improve Production**. [on-line] Disponível na Internet via www. URL: <http://www.goldratt.com/saga.htm>. Arquivo capturado em 16 de maio de 2003 às 13:02h.

GOLDRATT, E. M., COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. Editora Educator, 1997, 385p.

GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 1, p. 6-19, Jan./Mar. 2000.

GONÇALVES, J. E. L. Processo, que processo? **RAE – Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 8-19, Out./Dez. 2000.

GONZALEZ, E. F. **Análise da implantação da programação de obra e do 5S em um empreendimento habitacional**. 2002. 201p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

GOULD, F. E. **Managing the construction process: estimating, scheduling and project control**. Chapter 9. Activity duration and network calculations. Columbus, Ohio: Ed. Prentice Hall., 1997, p. 217-241.

GRIFFITH, A., SIDWELL, A. C. **Constructability in building and engineering projects**. England: Macmillan Press Ltd., 1995. 182p.

GUERRINI, F. M. **Um sistema de administração de produção para empresas de pequeno e médio porte de construção civil**. 1997. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

GUINATO, P. Jidoka: a essência da qualidade e equilíbrio do Sistema Toyota de Produção. In: Lean Summit, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996, 175p.

GUTSCHOW, C. A., SANTOS, D. G. **Redução de perdas/desperdícios e melhoria dos índices de qualidade e produtividade em serviços na construção de edifícios: formas**. Aracaju: CONVÊNIO FAPES/SEBRAE/FINEP, Abr. 1998. 24p.

HALLIGAN, DEMSETZ. L. A., BROWN, J. D. Action-response model and loss of productivity in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.120, n. 1, p. 47-64, March 1994.

HANLON, E. J., SANVIDO, V. E. Constructability information classification scheme. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 121, n. 2, p. 337-345, Dec. 1995.

- HARMELINK, D. J. Linear scheduling model: float characteristics. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 4, p. 255-260, July/August 2001.
- HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade e da competitividade**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- HARRIS, R. B., IOANNOU, P. G. Scheduling projects with repetitive activities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.124, n.4, p.269-278, July/August, 1998.
- HEINECK, L. F. M., LEITE, M. O., PEREIRA, P. E., ROCHA, F. E. M. Technological interventions in the control of services in a lean environment. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002. 9p.
- HEINECK, L. F. M., PEREIRA, P. E., LEITE, M. O., BARROS NETO, J. P., PINHO, I. B. Transparency in building construction: a case study. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002. 12p.
- HIROTA, E. H., FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000, CD-ROM, 8p.
- HIRSCHFELD, H. **Planejamento com PERT/CPM e análise de desempenho**. 8ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1985, 335p.
- HOPP, W. J., SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. Mc. Graw Hill, 1996, 668p.
- HOWELL, G. What is lean construction? In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- HOWELL, G. BALLARD, G. "Can project controls do its job?". In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4., 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham, 1996. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

HOWELL, G., BALLARD, H. G., ABDELHAMID, T., MITROPOULOS, P. Working near the edge: a new approach to construction safety. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.

IBBS, W. Quantitative impacts of project change: size issues. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 123, n.3, p. 308-311, September 1997.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira Japonesa**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1997, 221p.

JAHREN, C. T., ELLSWORTH, B. J., BERGESON, K. Constructability test for cold in place asphalt recycling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 5, p.325-329, September/October 1999.

JANNADI, O. A, ALMISHARI, S. Risk assessment in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 5, p. 492-500, 2003.

KAGIOGLOU, M., LEE, A., COOPER, R., CARMICHAEL, S., AOUAD, G. Mapping the production process: a case study. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.

KALE, S., ARDITI, D. General contractors' relationships with subcontractors: a strategic asset. **Construction Management and Economics**, v. 19, p. 439-447, 2001.

KARTAM, N., FLOOD, I. Constructability feedback systems: issues and illustrative prototype. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 11, n. 4, p. 178-183, November 1997.

KESTLE, L., LONDON, K. Towards the development of a conceptual design management model for remote sites. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.

KORMAN, T. M, FISCHER, M.A, TATUM, C. B. Knowledge and reasoning for MEP coordination. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 6, p. 627-634, 2003.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298p. Doctor of Philosophy, Helsinki University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report 72**, 1992, 75p.

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1., 1993, Espoo. **Proceedings** ... Espoo, 1993. p.1-9.

KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings**... Berkeley, 1999, p.241-252. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

KOSKELA, L. Towards the theory of lean construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4., 1996, Birmingham. **Proceedings**... Birmingham, 1996. 9p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

KOSKELA, L., LAHDENPERÄ, P., TANHUANPÄÄ, V-P. Sounding the potential of lean construction: a case study. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4., 1996, Birmingham. **Proceedings**... Birmingham, 1996. 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

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, United States, n. 5, p. 243-266, 1987.

LEE, S-H., DIEKMANN, J. E., SONGER, D. A., BROWN, H. Identifying waste: applications of construction process analysis. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings**... Berkeley, 1999, p. 63-72. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

LI, Z., ANSON, M., LI, G. A procedure for quantitatively evaluating site layout alternatives. **Construction Management and Economics**, v. 19, p. 459-467, 2001.

LIMA, A. C. **Gerenciamento de processos na execução do macroprocesso construtivo: um estudo de caso aplicado no processo estrutural**. 1998. 144p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção — PPGEP, Florianópolis.

LIMMER, CARL V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997, 225p.

LOVE, P. E. D., MANDAL, P., LI, H. Determining the causal structure of rework influences in construction. **Construction Management and Economics**, v. 17, p. 505-517, 1999.

LOVE, P. E. D., MANDAL, P., SMITH, J., LI H. Modelling the dynamics of design error induced rework in construction. **Construction Management and Economics**, v. 18, p. 567-574, 2000.

LU, M., ABOURIZK, S. M. Simplified CPM/PERT simulation model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 3, p. 219-226, May/June 2000.

LU, M., LI, H. Resource-activity critical-path method for construction planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 4, p. 412-420, July/August 2003.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003. 264p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP, Florianópolis.

MARCHIORI, F. F. **Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil: um estudo de caso para edifícios altos**. 1998. 103p, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

MARTINS, M. S., SERRA, S. M. B. Projeto de sistemas de proteção contra quedas de altura em edificações verticais. IN: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável/X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2004, CD-ROM, 15p.

MENDES JÚNIOR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999. 221p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.

MENDES JÚNIOR, R., HEINECK, L. F. M. Towards production control on multi-story building construction sites. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR

LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley. 1999. 12p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

MEREDITH, J. Building operations management theory through case and field research. **Journal of Operations Management**, v. 16, p. 441-454, 1998.

MILBERG, C., TOMMELEIN, I. D. Application of tolerance analysis and allocation in work structuring: partition wall case. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 11., 2003, Virgínia. **Proceedings...** Virgínia. 2003. 13p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

MINAYO, M. C. S., DESLANDES, S. F., CRUZ NETO, O., GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 6ª edição. Petrópolis: Vozes, 1996. 80p.

MONOSTORI, L., HORNYÄK, B. K. Approaches to managing changes and uncertainties in manufacturing. **Annals of the CIRP**, v. 47, n. 1, p. 419-422, 1998.

MOREIRA, D A. **Administração da produção e operações**. 1ª edição. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1993, 619p.

MPHIL, C. G. **Buildability the construction contribution**. The Chartered Institute of Building. 19??, 33p.

NASIR, D., McCABE, B., HARTONO, L. Evaluating risk in construction – schedule model (ERIC-S): construction schedule risk model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.129, n.5, p.518-527, 2003.

NAVON, R., SHAPIRA, A., SHECHORI, Y. Automated rebar constructability diagnosis. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, p. 389-397, 2000.

NEVES, R. M. **Programa de melhorias e treinamentos implantados na construção civil: um estudo de caso**. 1996. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção — PPGEP, Florianópolis.

NUNNALLY, S. W. **Construction methods and management masonry construction**. Chapter 15. Planning and scheduling, Fourth edition, Ed. Prentice Hall, 1998, p. 453-481.

NUTTALL, J. F. A study of decision rules for site control. Guidance for foremen when programmes change. **The Builder**, v. 20, p. 407-409, August 1965.



NUTTALL, J. F. Critical path method: applied to building site control. BRE. Construction Series, n. 12, **Reprinted from The Builder**, v. 207, n. 6327, p. 381-392, 1964.

NUTTALL, J. F. Resource scheduling. Coping with labour problems as they occur on site. **The Builder**, p. 311-316, February 1966.

O'BRIEN, W. J., FISCHER, M. A. Importance of capacity constraints to construction cost and schedule. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, p. 366-373, September/October 2000.

O'CONNOR, J. T., HUGO, F., STAMM, E. M. Improving highway specifications for constructability. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 117, n. 2, p.242-258, June 1991.

O'CONNOR, J. T., LARIMORE, M. A., TUCKER, R. L. Collecting Constructability improvement ideas. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 25, p.463-475, May 1987.

O'CONNOR, J. T., MILLER, S. J. Barriers to constructability implementation. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 8, n. 2, p. 110-128, 1999.

O'CONNOR, J. T., MILLER, S. J. Constructability programs: method for assessment and benchmarking. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 8, n. 1, p. 46-64, February 1994.

O'CONNOR, J. T., MILLER, S. J. Overcoming barriers to successful constructability implementation efforts. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 9, n. 2, p.117-129, May 1995.

O'CONNOR, J. T., RUSCH, S. E., SCHULZ, M. J. Constructability concepts for engineering and procurement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 2, p.235-248, June 1987.

O'CONNOR, J. T., TUCKER, R. L. Industrial project constructability improvement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 1, p. 69-81, Mar. 1986.

OGLESBY, C. H., PARKER, H. W., HOWELL, G. A. **Productivity improvement in construction**. McGRAW-HILL Series Engineering and Project Management, 1989, 588p.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149p.

OLIVEIRA, A. B. **Um modelo baseado em agentes para o processo de coleta de dados via WEB**. 2000. 81p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.

OLIVEIRA, K. A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso**. 1999. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC / UFRGS, Porto Alegre.

OLIVEIRA, R. R. Sistematização e listagem de fatores que afetam a construtibilidade das alvenarias estruturais. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5<sup>th</sup>, Florianópolis, 1994. **Proceedings...** Florianópolis, 1994, p. 417-437.

OLIVEIRA, R. R. **Uma análise operacional do processo produtivo em obras: estudo de caso em três tecnologias habitacionais**. 1993. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.

PAIVA, L. H. G. **Desenvolvimento de pacote instrucional na área de influência do projeto no processo construtivo — conceito de construtividade**. 1989. 58p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

PHENG, L. S., HUI, M. S. The application of JIT philosophy to construction: a case study in site layout. **Construction Management and Economics**, v. 17, p. 657-668, 1999.

PICCHI, F. Lean principles and the construction main flows. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2000. 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

POH, P. S. H., CHEN, J. The Singapore buildable design appraisal system: a preliminary review of the relationship between buildability, site productivity and cost. **Construction Management and Economics**, v. 16, p. 681-692, 1998.

- RADOS, G. J. V., DIAS, P. M., ÑAURI, M., NERES, W. A. **Gerenciamento de processos**. Apostila da disciplina de Gerenciamento de Processos, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2000, 71p.
- RADTKE, M. W., RUSSELL, J. S. Project-level model process for implementing constructability. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.119, p.813-831, 1993.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social** – métodos e técnicas. 3ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1999, 334p.
- RILEY, D. R., SANVIDO, V. E. Space planning method for multistory building construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 123, n. 2, p. 171-180, June 1997.
- RODERICK, I. F. Examination of the use of critical path methods in building. **Building Technology and Management**, March 1977, 19p.
- ROSSI, A. M. G. A importância do projeto na construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15º, São Carlos, 1995. **Anais...** São Carlos, 1995, p. 1616-1619.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos** – formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Pós-graduação em Engenharia Civil, São Paulo.
- SAN MARTIN, A. P., FORMOSO, C. T. Evaluating building systems based on production's process management and lean construction's concepts. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998. Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998. 8p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.
- SANTANA, A. M., OLIVEIRA, R. R. Padronização dos serviços através das redes operacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1993, 4p.
- SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management of construction sites**. October 1999. 463p. Doctor of Philosophy, The University of Salford, Salford.

SANTOS, A., COOPER, R. Increasing transparency on site through lesser design interdependencies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 'INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION (AEC)', 1., 2001, Loughborough. **Proceedings** ... Loughborough, 2001. 15p.

SANTOS, A., FORMOSO, C. T., HINKS, I. Method of intervention on the flow of materials in building processes. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4., 1996, Birmingham. **Proceedings**... Birmingham, 1996. 8p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

SANTOS, A., POWELL, J., SHARP, J., FORMOSO, C. T. Principle of transparency applied in construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings**... Guarujá, 1998. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

SANTOS, D. G. **Análise construtiva dos tipos de lajes utilizadas nos sistemas estruturais das edificações de Florianópolis**. 2000. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

SANTOS, R. B. **Avaliação da aplicação da teoria das restrições no processo de planejamento e controle da produção de obras de edificações**. 2001, 182p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre.

SAURIN, T., FORMOSO, C. T. Contribuições para aperfeiçoamento das exigências da NR-18 relativas às plataformas de proteção. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais**... Salvador, 2000, CD-ROM, 8p.

SAURIN, T. A., FORMOSO, C. T., GUIMARÃES, L. B. M. Integrating safety into production planning and control process. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., Singapore, 2001. **Proceedings** ... Singapore, 2001, 11p. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/>>.

SAURIN, T. A, FORMOSO, C. T., GUIMARÃES, L; B. M., SOARES, A C. Safety and production: an integrated planning and control model. In: CONFERENCE OF THE

INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002, 14p.

SCHALY, I. P. **Verificação da aplicabilidade da Linha de Balanço para a programação dos pavimentos repetidos de edifícios altos**. 1994. 142p. Dissertação apresentada (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis. Dissertação apresentada em sua forma preliminar e posteriormente não corrigida – não disponível.

SCHMENNER, R. W., SWINK, M. L. Conceptual note: on theory in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 17, p. 97-113, 1998.

SCHMITT, C., M. (coordenação). Catálogo de informações sobre serviços em obras de edificações: Parte I – Dos serviços – Detalhamento para fins de discriminações técnicas e orçamento discriminado de obras. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre, 200?.

SENIOR, B. A, HALPIN, D. W. Simplified simulation system for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 1, January/February 1998.

SERPELL, A. **Conceptos de constructibilidad**. In: Administración de Operaciones de Construcción. 1ª Edición. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1993. Cap. 3, p.61-81.

SHAPIRA, A., GLASCOCK, J D. Culture of using mobile cranes for building construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 122, n. 4, p. 298-307, December 1996.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1996, 291p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhoria contínua**. Porto Alegre: Bookman, 1996, 380p.

SILVA, M. F. **A Gerenciamento de processos na construção civil: um estudo de caso aplicado no processo de execução de paredes em gesso acartonado**. 2000. 119p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção — PPGEP, Florianópolis.

SIVASUBRAMANIAN, R., SELLADURAI, V., GUNASEKARAN, A. Utilization of bottleneck resources for profitability through a synchronized operation of marketing and manufacturing. *Integrated Manufacturing Systems: The International Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 14, n. 3, p. 238-246, 2003.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais.** São Paulo: Editora Atlas, 1993. 198p.

SLACK, N. e outros. **Administração da Produção.** São Paulo: Editora Atlas, 1996, 726p.

SOARES, A C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras,** 2003, 139p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Porto Alegre.

SOARES, V. M. S., COSENZA, O N., GOMES, C. F. S. Técnicas qualitativas e "soft systems methodology" aliadas ao enfoque sistêmico. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 36, n.3, p. 100-107, Jul./Set. 2001.

SOUTO, R. S. **Aplicação de princípios e conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma etapa construtiva de uma empresa de Construção Civil.** 2000. 221p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre.

**Standard times for building operations and for maintenance operations.** Ede, The Netherlands, 1984. 14p.

STEIN, M. Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling. *International Journal of Project Management*, v. 20, n. 1, p. 75-80, January 2002.

SUHAIL, S. A, NEALE, R. H. CPM/LOB: new methodology to integrate CPM and Line of Balance. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 120, n.3, p. 667-684, Sept. 1994.

TATUM, C. B. Improving constructability during conceptual planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 2, p. 191-207, June 1986.

The Construction Management Committee of the ASCE Construction Division. Constructability and Constructability programs: white paper. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 117, n. 1, p. 67-89, March 1991.

TOMMELEIN, I. D. Pull-driven scheduling for pipe-pool installation: simulation of lean construction technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n.4, p. 279-288, July/August 1998.

TOMELLEIN, I. D., BALLARD, G. Lookahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

TOMMELEIN, I. D., RILEY, D. R., HOWELL, G. A. Parade game: impact of workflow variability on trade performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 5, p. 304-310, September/October 1999.

TSAO, C. Y., TOMMELEIN, I. Comparing and implementing alternative work structures: installation of doorframes. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.

TUJI JÚNIOR, A. **Análise da gestão do fluxo de materiais no ambiente de produção da indústria da construção civil: um estudo de caso aplicado ao processo estrutural.** 1998. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção — PPGEP, Florianópolis.

WINCH, G. M., CARR, B. Benchmarking on-site productivity in France and the UK: a CALIBRE approach. **Construction Management and Economics**, v. 19, p. 577-590, 2001.

WINCH, G. M., CARR, B. Processes, maps and protocols: understanding the shape of the construction process. **Construction Management and Economics**, v. 19, p. 519-531, 2001.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1992, 347p.

WOODGATE, R. W. **Managing the manufacturing process: a pattern for excellence.** A Wiley-Interscience Publication: John Wiley & Sons, INC.1991, 240p.

YAMÍN, R. A, HARMELIMK, D. J. Comparison of linear scheduling model (LSM) and critical path method. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 5, p.374-381, September/October 2001.

YATES, J. K., LOCKLEY, E. E. Documenting and analyzing construction failures. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 1, p. 8-17, February 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Bookman: São Paulo, 2001, 2ª edição, 205p.

ZANFELICE, J. C. Estudos de construtibilidade e a qualidade da construção. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, Florianópolis, 1996. **Anais...** Florianópolis, 1996, p.272-280.



## Anexo A – Exemplos de descontinuidade

Na literatura nacional e internacional encontram-se trabalhos com exemplos de problema em obras, originários de descontinuidades. A existência ou não de programação em obra não é claramente abordada pelos autores.

Os exemplos foram colhidos ao analisar os trabalhos de autores relacionados ao gerenciamento da construção e foram distribuídos conforme a categoria de atividades facilitadoras que mais se relaciona, segundo a visão desta tese. Isto ocorre porque os autores não abordaram diretamente este assunto. Os exemplos estão classificados segundo as categorias e subdivididos dentro de cada uma segundo a área de conhecimento de onde foi retirado. Eles representam situações positivas, com o uso de atividades facilitadoras, e negativas, onde nenhuma providência foi tomada para evitar a interrupção.

### Acesso

- Construção Enxuta: Alves (2000) apresenta o exemplo de uma obra com duas entradas de acesso para veículos. Estas estão em condições inadequadas, pois “em uma delas estava localizado o estoque de areia. Este impedia o acesso de caminhões ao canteiro para descarga de materiais no subsolo, onde se localizava o almoxarifado e uma betoneira. Na outra entrada havia um aclive muito íngreme, com inclinação superior a 10%. Este dificultava a passagem de caminhões carregados, como também o transporte manual ou com auxílio de equipamentos, realizado pelos operários da obra”.

- Construção Enxuta: Segundo Nasir e outros (2003), a construção no centro da cidade traz muitos riscos, com congestionamento de canteiro e nas condições de tráfego. Isto acontece porque a situação requer permissão e aprovação para uso das ruas nos deslocamentos de equipamentos e materiais. Estes tipos de situações causam muitas paradas ou solicitações judiciais para redução de distúrbios criados pela construção.

- Construção Enxuta: Conforme Schroeder (1993) citado por Carvalho (1998), “quando o *layout* do canteiro estabelece restrições para as decisões sobre os sistemas de movimentação e armazenamento dos recursos, sua determinação deve considerar quais recursos serão

utilizados e, principalmente, em que ordem, ao avaliar a sua entrada e tempo de armazenamento na obra”.

- Gerenciamento da Construção: O acesso temporário e a estocagem de material são comprometidos nas construções de múltiplos pavimentos, quando estas localizam-se em canteiros restritos no centro da cidade. Este problema poderia ser resolvido com o controle, por parte de autoridades locais, do espaço nas ruas e do trânsito. Assim, as operações em canteiro, que envolvem estocagem com elevações e içamentos, devem ser desenvolvidas e ajustadas (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).

- Construção Enxuta: Os autores apresentam o estudo das tolerâncias dimensionais no processo de execução de parede em gesso acartonado, na interface entre placas e caixas elétricas embutidas nela, que traz problemas de acesso. No caso, dificulta-se o acesso dos operários às peças que serão manipuladas. As estruturas de trabalho não somente reúnem as restrições do sistema de tolerâncias geométricas, mas também devem remover o seu desperdício (MILBERG e TOMMELEIN, 2003).

- Construtibilidade: O'Connor, Rusch e Schulz (1987), bem como Fischer e Tatum (1997), lembram que a construtibilidade está relacionada com a acessibilidade da mão-de-obra, dos materiais e equipamentos em canteiro e com modificações no projeto, para facilitar a construção em condições de tempo adversas, por exemplo, locais sujeitos a chuvas constantes.

- Análise de Restrição: Li, Z., Anson, M. e Li, G. (2001), por sua vez, mostram a restrição de espaço, do *layout* do local de trabalho e sua interferência com outros processos. Ela pode ser uma restrição, na medida que dificulta o acesso da mão-de-obra e dos materiais à estação de trabalho, o que leva a quebras no fluxo.

- Construção Enxuta: A autora apresenta exemplo da localização do plantão de vendas e do escritório. Estes dificultam os fluxos de material e da mão-de-obra (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: No canteiro de obras, o processo de piso da garagem em basalto apresentava problema de acesso. No caso, o operário tinha que realizar o transporte manual do material. Isto era feito ao subir uma pequena escada, para vencer um desnível de 60 cm, e, por fim, depositar o material num carrinho. Além disso, neste mesmo canteiro, a argamassa era transportada numa pá do posto de produção até o carrinho (ALVES, 2000).

## **Projeto**

- Construção Enxuta: Interferências do cliente não previstas em projeto dificultaram a circulação dentro do canteiro e impediram a realização de trabalhos de paisagismo. Isto aconteceu porque este exigiu que a impermeabilização fosse testada antes de enterrá-la (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: Ainda, interferências do cliente não prevista em projeto causaram conflitos no processo de vedação interna em gesso acartonado. Isto provocou a mobilização e desmobilização das equipes. Tudo isto ocorreu porque o cliente era o responsável pelo fornecimento das tubulações e atrasou a entrega do material por várias semanas (ALVES, 2000).

- Gerenciamento da Construção: Nasir e outros (2003) estudam os riscos na programação de obra. Afirmam que as mudanças de projeto são um risco, principalmente para projetos de construção. Desenhos inovativos, escopo indefinido e mudanças freqüentes afetam alguns projetos. Assim o agrupamento do trabalho e o pré-planejamento são importantes fatores que facilitam um projeto.

- Construção Enxuta: No processo de piso de granito, as peças têm muitas atividades de corte, por causa do projeto de paginação; se este fosse otimizado, isto resultaria na minimização de atividades não produtivas (ALVES, 2000).

- Gerenciamento da Construção: O trabalho na cobertura, no estudo de Gonzalez (2002), foi prejudicado nos locais de apoio dos jaús.

- Construção Enxuta: No estudo de Soares (2003) os problemas de interrupções ocorreram devido à falta ou alteração de projeto, projeto com qualidade deficiente ou existência de incompatibilidades (estrutura metálica incompatível com o projeto arquitetônico), por exemplo.

## **Preparação do trabalho**

- Gerenciamento da Construção: Marchiori (1998) coloca o exemplo das atividades de restauração das fôrmas. Durante seu processo de montagem e desmontagem ocorreram descontinuidades.

- Construção Enxuta: Quando da elevação da alvenaria, a argamassa de assentamento sofria duplo manuseio, com estoque intermediário do material no pavimento. Esta era repassada para uma argamasseira e levada ao posto de trabalho. O mesmo ocorreu para o processo de revestimento cerâmico (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: As descontinuidades são devidas, por exemplo, à compra de materiais de pequeno valor monetário, como lâmpadas ou extensões elétricas, para a iluminação de local de trabalho sem luz natural, no dia a dia de obra (BERNARDES, 2001).

- Construção Enxuta: Um exemplo de condições de trabalho é descrito por Kestle e London (2002). Os autores apresentam como remoção de restrição a construção em canteiros especiais, remotos. Isto acontece porque estes são realizados em regiões isoladas como florestas, montanhas, desertos, por exemplo, e tornam-se locais de difícil acesso, em ambiente restritivo. Neste caso, existem limitações próprias da obra, que podem ser classificadas como variáveis condicionantes.

- Construção Enxuta: Ballard (2000) apresenta um exemplo de drenagem, no qual existe um inchamento de materiais, devido às condições climáticas (restrição natural). Assim, o autor destaca a necessidade de sistema de drenagem nos canteiros. Neste deve-se conhecer o volume máximo (capacidade) em uma determinada cidade, para proteger o canteiro, a partir da contribuição que o sistema de drenagem da obra deve representar para o da cidade.

- Construção Enxuta: San Martin e Formoso (1998) tratam das condições de trabalho quanto ao acesso de componentes pré-fabricados do local de produção ao de aplicação, com relação aos equipamentos necessários para o transporte, às operações envolvidas e à proteção devida à segurança do trabalho.

- Análise de Restrição: As condições de solo apresentadas por Dawood (1998) são referenciadas também como restrição ao planejamento da obra por O'Brien e Fischer (2000). Os autores relacionam este problema de restrição de produção aos custos finais e a problemas na programação, pelos fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra.

- Gerenciamento da Construção: Operações úmidas envolvendo drenagens deveriam ser localizadas onde a drenagem seja pouco requerida por outras atividades ou não tenha efeitos adversos nestas ou em propriedades vizinhas, conforme Oglesby, Parker e Howell (1989).

- Gerenciamento da Construção: Cruz (2002), em sua tese, analisa o processo produtivo de alvenaria em seis empreendimentos em Belém/Pará. Neste trabalho, ele avalia o tempo de ociosidade dos operários (oficiais e serventes). Este corresponde às interrupções nos processos de produção. Dentre os motivos mais freqüentes, cerca de 80% são devidos a falhas nas ações gerenciais, como esperas por superiores, falta de materiais, local de trabalho sujo, espera pela liberação do guincho e chuva.

- Construção Enxuta: Alves (2000) apresenta exemplo positivo, ao utilizar a localização da bancada de corte. No caso, as peças de piso em granito apresentam duplo manuseio, para conferir se precisam ser cortadas antes do assentamento. Assim, a bancada é localizada na sacada, pois não impede deslocamentos de outros, fica próxima do local de trabalho e não tem problemas com iluminação e ventilação. Porém, sua altura não ergonômica traz danos ao operário.

- Construção Enxuta: Como exemplo de armazenagem tem-se a preocupação da empresa investigada com o pedido dos materiais necessários. Porém, com sua posterior desconsideração esquecia-se de onde iria armazená-los. Isto trouxe problemas de fluxo de materiais (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: As discontinuidades, neste exemplo, são devidas a atrasos na entrega de material ou quando este não correspondia ao que foi solicitado. Estes fatores são considerados em termos de quantidades e especificações (BERNARDES, 2001).

- Construção Enxuta: Bernardes (2001) apresenta exemplo de problemas de interferência na continuidade das operações em canteiro. Estes ocorreram devido às condições ambientais, tecnológicas e contratuais das obras.

- Construção Enxuta: Para eliminar a restrição de chuvas, na tese de Bernardes (2001), o engenheiro preparava pacotes de trabalhos alternativos para os dias de previsão. Assim, caso chovesse os operários iriam executar uma outra tarefa previamente definida. Caso negativo, eles continuavam o processo que estavam desempenhando.

- Construção Enxuta: Conforme Bernardes (2001), uma justificativa para falta de material é que aqueles de baixo custo são comprados em cima da hora e muitas lojas se recusam a entregar na obra materiais em pequenas quantidades. Neste caso, um funcionário tem que ir até a loja para trazê-lo, atrasando os processos.

- Construção Enxuta: Outro problema com materiais e equipamentos é o uso do vibrador por mais de uma obra. Neste caso, é necessário combinar em qual dia vai ser a concretagem da laje (BERNARDES, 2001).

- Gerenciamento da Construção: Na dissertação de Gonzalez (2002), a execução de reboco externo foi dificultada pelas condições climáticas e por falhas no trabalho, devido à localização do elevador de obra. Este impedia a conclusão dos processos neste local. A solução para o primeiro problema foi colocar uma estrutura com lona plástica, para proteger a região do jaú. Isto funcionou como uma cobertura de proteção. Para o segundo problema, a deslocou-se o elevador de obra com relação ao prédio. No caso este era acessado por plataformas móveis. Isto permitia o trabalho do reboco nesta região.

- Gerenciamento da Construção: Ainda com relação ao mesmo exemplo, a chuva impediu o desenvolvimento do reboco externo. Isto ocasionou retrabalho porque as paredes internas dos apartamentos estavam molhadas. No caso, a tubulação para escoamento de água da cobertura não foi executada. Tal fato impedia a execução dos processos internos e na cobertura. A solução foi vedar os furos na laje de cobertura e direcionar a água para tubulação adequada (GONZALEZ, 2002).

- Gerenciamento da Construção: O atraso na chegada de janelas na obra provocou retrabalho, o que comprometeu a pintura externa. Além disso, a pintura do térreo somente foi finalizada com a conclusão de aterro, fossa-filtro, tubulação e jardinagem, devido à sujeira que estas atividades externas causavam na base das paredes (GONZALEZ, 2002).

- Gerenciamento da Construção: A falta de tinta adequada provocou o deslocamento dos pintores do local de trabalho para outro, até a chegada do material na obra (GONZALEZ, 2002).

- Construção Enxuta: Como exemplos de interrupções devido a não remoção da restrição na preparação do trabalho, a dissertação de Soares (2003) apresenta o estudo em uma empresa onde foi aplicado o modelo de Bernardes (2001). Assim, os problemas relacionados

ao não cumprimento dos planos, considerados nesta tese como interrupções nos processos de produção, foram:

- a) Falta no trabalho - quando não foi possível executar um pacote de trabalho, porque houve ausência de colaborador(es) integrante(s) da equipe;
- b) Condições adversas do tempo devidas à chuva - isto impediu a realização de alguns pacotes de trabalho. Estes deveriam ocorrer durante e após a chuva. Um exemplo é o caso da cobertura metálica, por questões de segurança o telhado precisava estar seco para oferecer condições de trabalho. Outro problema foi o vento. Este impediu que alguns pilares da estrutura metálica fossem montados;
- c) Execução – a interrupção ocorreu devido à problema de coordenação dos trabalhos pelos encarregados das equipes e ao fato da produtividade dos funcionários ser baixa;
- d) Atraso na tarefa antecedente – isto aconteceu porque o pacote anterior não foi realizado ou foi realizado fora do prazo planejado;
- e) Recursos da empresa – isto ocorreu devido à falta de materiais, ferramentas ou equipamentos, cujo fornecimento era de responsabilidade da empresa construtora;
- f) Recursos dos fornecedores - desta vez a falta de materiais, ferramentas ou equipamentos tinha como responsáveis os fornecedores (de material ou mão-de-obra);
- g) Planejamento – isto ocorreu quando o pacote não foi concluído, porque aconteceu modificação dos planos, superestimação da produtividade das equipes de trabalho, má especificação do pacote ou não cumprimento dos pré-requisitos do plano.

### **Conferência do trabalho**

Nesta categoria não foram identificados exemplos na literatura, somente nos estudos de campo. Tal fato se deve em parte porque este tipo de exemplo normalmente é investigado diretamente no canteiro e com uma finalidade específica. Neste caso, necessita-se de observação direta.

**Conflito espacial**

- Construção Enxuta: Interferências entre o processo de colocação de gesso e os de impermeabilização/assentamento de piso foram ocasionadas por atrasos no primeiro (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: O trabalho concentrado em uma das fachadas da edificação dificultou o fluxo de materiais e mão-de-obra. Isto congestionou o canteiro e causou interferências, longas distâncias de transporte e desorganização dos locais de trabalho. Destaca-se que o trabalho foi concentrado, para liberar o paisagismo, e que o canteiro não era restrito (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: O conflito ocorreu quando uma equipe não conseguia realizar seu pacote de trabalho. Isto aconteceu porque outra estava ocupando o mesmo ambiente ou por falta de espaço para executar a tarefa (SOARES, 2003).

- Construção Enxuta: Bernardes (2004) apresenta exemplo de conflito entre equipes de trabalho. Isto ocorreu porque cerca de 1/5 dos pacotes de trabalho de processos repetitivos estava fora de seqüência, por causa de não vinculação entre os planos de longo e curto prazo.

- Construção Enxuta: No processo de assentamento de piso ocorreu trabalho fora de seqüência. Isto não privilegiou o acabamento do pavimento ou a execução de ambientes similares. Esta seqüência foi influenciada pelo processo de impermeabilização (execução, teste e aprovação) (conflito espacial). Além disso, ocorriam interferências entre processos (conflito espacial) pela necessidade de retorno da equipe mais de uma vez ao local de trabalho, para a sua conclusão (ALVES, 2000).

- Construção Enxuta: A autora descreve que muitos trabalhos tinham sido planejados para um mesmo período de execução num mesmo local. Isto causou conflito no momento da execução. Os processos foram elevação da estrutura, reservatório superior, execução do telhado e elevação da alvenaria, além dos de revestimento externo com granito e execução da fachada sul (ALVES, 2000).

- Gerenciamento da Construção: O fluxo de equipamentos, materiais e pessoal deveria ser determinado para evitar possíveis congestionamentos e áreas de conflito, durante todas as fases do empreendimento (OGLESBY, PARKER e HOWELL, 1989).



- Construção Enxuta: Ballard (1999a) mostra o conflito espacial quando fez-se a construção de vias de acesso em um empreendimento. Neste caso, as normas de tráfego não foram consideradas em sua totalidade. Isto resultou em sobreposição de processos para a conclusão da obra.

- Construção Enxuta: Riley e Sanvido (1997) afirmam que o uso de polivalência da mão-de-obra reduz a quantidade de equipes de trabalho em determinado local. Isto ocorre pelo fato dos operários poderem desempenhar atividades diferentes num mesmo ambiente. Tal fato minimiza o congestionamento do espaço de trabalho. Isto pode ser resolvido com o balanceamento da capacidade de produção, para que os postos de trabalho tenham necessidade de recursos semelhantes.

- Gerenciamento da Construção: No estudo de Gonzalez (2002), a execução dos processos internos, como o piso cerâmico, foi prejudicada porque o abastecimento de argamassa na fachada foi feito por dentro do apartamento. A solução foi concentrá-lo somente no elevador de carga, através de uma plataforma que dá acesso a este.

- Gerenciamento da Construção: Neste mesmo estudo, a execução do reboco de teto antes da elevação da alvenaria foi feita para reduzir os passos de mobilização de andaimes. Isto evitou a descontinuidade no processo (GONZALEZ, 2002).

### **Seqüenciamento**

- Gerenciamento da Construção: Marchiori (1998) apresenta o exemplo de inversão de seqüência de produção. Anteriormente tinha-se alvenaria, revestimento com argamassa e gesso de teto, depois passou a ser gesso de teto, alvenaria e revestimento com argamassa. Com esta inversão, os gesseiros voltavam ao local de trabalho após a realização da alvenaria e/ou revestimento com argamassa, para fazer retoques.

- Gerenciamento da Construção: As várias possibilidades de seqüenciamento dos processos provocaram um grande número de deslocamentos entre os locais de trabalho, no estudo de Marchiori (1998).

- Construtibilidade: Serpell (1993) exemplifica que a seqüência de construção deve ser tal que a forma como a obra foi concebida não impeça a instalação de suas partes e não restrinja operações por bloqueio do local de execução.

- Construção Enxuta: Alves e Formoso (2000a) apresentam um processo com falta de continuidade. No caso, os operários que trabalhavam com assentamento de cerâmica, faziam várias visitas ao posto de trabalho. Isto resultou num prazo maior para a conclusão do processo, no aumento de variabilidade do trabalho e das atividades que não agregam valor, bem como na diminuição do efeito aprendizagem. A principal causa do problema foi o não seqüenciamento dos processos precedentes, em destaque o de impermeabilização.

- Gerenciamento da Construção: Harris e Ioannou (1998) apresentam o seqüenciamento na programação do fluxo de recursos, para que este seja contínuo de uma unidade de repetição a outra. Neste caso, observam-se tanto as restrições físicas quanto as técnicas.

- Gerenciamento da Construção: Deve-se ter respeito ao seqüenciamento nas condições de canteiro, para o trabalho de empreiteiros. Isto é realizado ao se observar como remover trabalhadores para outros canteiros que podem absorver o trabalho adicional. Tal fato evita início do empreendimento até que as condições estejam adequadas, reduz tamanho de equipes para permitir que os trabalhadores sejam produtivos, realiza coordenação do trabalho e programação, não começa o trabalho até que o projeto esteja pronto e que este possa ser desempenhado sem interrupções (O'BRIEN e FISCHER, 2000).

- Análise de Restrição: Finke (1998) bem como Tommelein, Riley e Howell (1999) apresentam uma mudança de prioridade. No caso, esta leva a fluxos de produção não confiáveis, interrompendo-os devido à falta ou interferência física entre os materiais, congestionamento do local de trabalho e informações que chegam com atraso.

- Construção Enxuta: Um exemplo de inversão de seqüenciamento foi apresentado por Heineck e outros (2002a, 2002b). Os autores mostram exemplos em que algumas atividades foram antecipadas, para que a concretagem da laje e o contrapiso ocorressem de forma seqüencial. Assim, após adensamento do concreto e certo ganho de resistência era aplicada a argamassa de contrapiso. Esta era sarrafeada e eram deixados nela os locais de marcação das paredes. Desta forma, quando as vedações verticais fossem iniciadas, sua marcação já estava concluída e o acesso ao local de trabalho já estava com o piso regularizado.

- Construção Enxuta: Ao analisar os fluxos físicos, para reduzir conflitos de equipes no mesmo local de trabalho, está tratando-se das categorias de seqüenciamento e conflito espacial. Em geral, identifica-se um seqüenciamento adequado dos pacotes para reduzir

excesso de movimentação de pessoas e transporte de material, como foi observado na dissertação de Alves (2000).

### **Proteção dos operários**

- Gerenciamento da Construção: Essa categoria é representada por necessidades de proteções que representam restrição ao processo, como placas de segurança, caminhos seguros, extintores de incêndio e corrimãos (SAURIN e outros, 2002).

- Gerenciamento da Construção: Exemplo de proteção é apresentado por Saurin e Formoso (2000), através de preocupação com o gerenciamento das obras que levam a construção de proteções em canteiro, como a colocação dos andaimes suspensos para o processo de revestimento externo. Considera-se os trechos de montagem, sua instalação, bem como a retirada da plataforma principal. Nesta situação, verifica-se o momento e a colocação da proteção, mas também as medidas de minimização do risco de acidentes. Por exemplo, é apresentado o isolamento do local, para impedir a circulação de pessoas, e o treinamento da mão-de-obra, para manuseio e uso das proteções.

- Gerenciamento da Construção: Ferguson (1986) apresenta o exemplo de proteger o local de trabalho de riscos de acidentes para os transeuntes, como a montagem de grua que é executada fora do horário comercial, para evitar a interrupção do fluxo de pessoas nas ruas.

### **Proteção dos processos**

- Gerenciamento da Construção: O rejuntamento do piso foi feito muito tempo depois de seu assentamento. Isto gerou retrabalho pela limpeza das juntas (GONZALEZ, 2002).

- Gerenciamento da Construção: Gonzalez (2002) apresenta o exemplo onde o uso de cavaletes de madeira, como suporte para bancadas de corte, prejudicou o piso, quebrando-o isto aconteceu porque sua base não foi protegida (GONZALEZ, 2002).

## Apêndice A - Relação dos processos observados nos estudos de campo realizados

O campo em negrito representa os processos que foram observados nos referidos estudos exploratórios e os números significam os tipos diferentes de processos para as obras pesquisadas. Na coluna referente a local ou parte, o campo foi preenchido quando correspondia a um local especial ou que caracterizava de forma mais adequada o processo.

Etapas da obra	Local ou partes	Estudos de campo					
		1	2	3	4	5	6
<b>Instalações provisórias</b>							
Locação de obra					1		
<b>Movimentos de terra</b>							
Escavação	Piscina, reservatório inferior						2
Compactação de aterro		1			1		
<b>Fundações e elementos de construção</b>							
Concretagem de sapatas		1					
Concretagem do baldrame		1					
Vigas de cintamento		1					
Cravação de estacas pré-moldadas em concreto					1		
Montagem de fôrma	Sapata, baldrame	2					
Colocação da armação do baldrame		1					
<b>Estrutura</b>							
Marcação dos eixos dos pilares		1					
Montagem de fôrmas	Pilares, vigas, lajes, reservatório superior ou inferior	2	6	1	1		1
Impermeabilização	À frio, à quente, de telhado, de piscina, de varanda			2	2	2	2
Escada				1			
Colocação de armadura	Reservatório superior ou inferior, pilares, vigas, lajes	2	7	1	1		1
Concretagem	Pilares, vigas, lajes, reservatório superior ou inferior	3	7	1	1		1
Desfôrma	Laje			1			
<b>Elementos divisórios</b>							
Alvenaria de tijolo	Elevação, marcação, <i>shafts</i>	2	2	4	1	1	1
Alvenaria portante	Elevação, marcação		2	2	1		
Gesso acartonado					1		
Placas de concreto armado	<i>Shafts</i>						2
Enchimento de contraverga	Varanda						1

Continuação:

Etapas da obra	Local ou partes	Estudos de campo					
		1	2	3	4	5	6
<b>Esquadrias</b>							
Colocação de portas	Forra (batente), portas			2	1	2	1
Colocação de esquadrias	Contramarco e esquadria de alumínio, esquadria de ferro			3	1	3	2
Pintura de porta						1	
<b>Acabamentos de peitoris e soleiras</b>							
Colocação de peitoril							1
Colocação de soleira	Soleira e filete						1
<b>Acabamento dos elementos divisórios</b>							
Chapisco na fachada							1
Emboço de parede	Interno ou externo						2
Reboco de parede	Interno ou externo			2	2	2	4
Execução de azulejo				2	1	3	1
Execução de revestimento externo	Pastilha ou cerâmica				1	2	1
Colocação de piso	Cerâmico, granito, mármore ou porcelanato			2	4	5	2
Pintura	Interna ou externa			3	3	2	
Rejunte	Interno ou externo			1	1	2	
<b>Acabamento de tetos</b>							
Reboco de teto				2	1		1
Pintura de teto					1		
Colocação de sanca						1	
Execução de lambril						1	
Execução de forro de gesso						1	
Execução de forro em PVC				1		1	
<b>Acabamento de pisos</b>							
Contrapiso				2	1	1	1
Colocação de rodapés e vistas				1		1	
<b>Cobertura</b>							
Cobertura de telhado				1	1		
Madeiramento de telhado				1	1		
Forro de beiral				1			
<b>Instalações de esgoto pluvial</b>							
Execução de calha na cobertura				1			
<b>Instalações elétricas</b>							
Eletrodutos		1		1	1		
Quadros elétricos				1			1
Caixas elétricas				1			1
Fiação				1	1	1	
<b>Instalações de pára-raios</b>							
Instalação de pára-raio				1			

Continuação:

Etapas da obra	Local ou partes	Estudos de campo					
		1	2	3	4	5	6
<b>Instalações hidráulicas (consumo e reserva de incêndio)</b>							
Prumadas hidráulicas	De água quente ou de água fria	1			2		
Instalação de incêndio	No barrilete ou no pavimento			3			
Colocação de bancada ou pia de coluna	Em parede de alvenaria ou em gesso acartonado				2	2	2
Colocação de bacia sanitária					2	1	
Colocação de metais sanitários					1		
Colocação de tanque de lavanderia					1		
<b>Instalações de esgoto sanitário</b>							
Prumadas sanitárias	No pavimento, no apartamento ou no térreo	1		3	1		
<b>Instalações de gás</b>							
Instalação de gás					1		

## Apêndice B - Planilha dos exemplos de interrupções nos processos produtivos

Na coluna “Fonte”, (n) representa o estudo de campo realizado, com a identificação do tipo de estrutura.

Para demonstração das interrupções nos processos do estudo de campo, selecionou-se cerca de três exemplos para cada um dos casos realizados. Foram levantados 217 exemplos de motivos de paradas. Estes motivos não têm uma conotação positiva ou negativa da situação que causou interrupção.

A numeração da primeira coluna corresponde a identificação do exemplo no banco de dados. A obra analisada encontra-se determinada na coluna fonte.



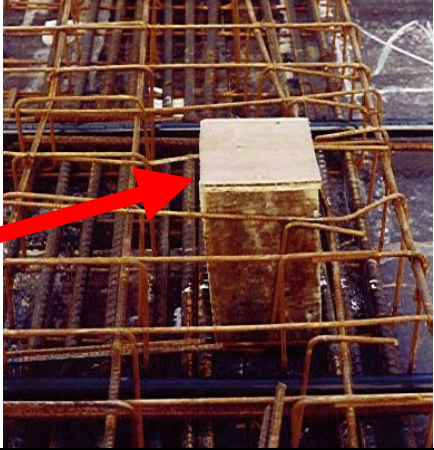
Nº	Exemplo	Causas	Fonte	Está relacionada com
1	Parada em processos como, por exemplo, reboco interno, execução de cal fina, pintura e colocação de piso	Paredes úmidas, devido à chuva e à não impermeabilização da laje de cobertura; interferências na continuação dos processos	(3) Obra em alvenaria estrutural	Dependência indireta Interferência entre processos Condições climáticas
10	Portas de madeira e esquadrias metálicas com fechamento danificado	Empenamento de peças durante o processo de armazenagem	(3) Obra em alvenaria estrutural	Armazenamento inadequado Problemas no assentamento Atrasos nos processos subseqüentes
11	Rejunte falho em pisos, azulejos e soleiras	Excesso de argamassa nas juntas, troca de peças por quebra, erro executivo	(3) Obra em alvenaria estrutural	Qualidade de assentamento (verificar processo anterior) Retrabalho (deslocamento de recursos)
14	Necessidade de sarrafos de madeira e pregos para travar painéis de fôrma	Apesar do projeto de fôrma adotar painéis com encaixes sem prego, sua execução apresentou falhas	(1) Obra em concreto armado e vedação em bloco cerâmicos	Aprendizagem do processo Necessita de recursos extras (operários, tempo e materiais)
15	Primeira montagem de fôrma atrasada	Armazenamento inadequado dos painéis, dificultando a montagem por peça (pilar, laje e viga)	(1) Obra em concreto armado e vedação em bloco cerâmicos	Armazenagem sem ordem prioritária (disposição dos painéis) Fornecimento de material
20	Colocação de tábuas nos gabaritos de locação de obra, em dois níveis diferentes para evitar falhas	Para não falsear a marcação dos eixos da sapata (devido ao vento) e para permitir a marcação de vários eixos ao mesmo tempo	(1) Obra em concreto armado e vedação em bloco cerâmicos	Facilidade de transpor o idealizado em projeto para o ambiente real Otimização do uso do gabarito Condições ambientais
28	Drenagem para escavação e construção das vigas baldrame	Lençol freático próximo, construção na praia	(2) Obra em concreto armado	Condições de solo e climática Uso de equipamentos

<b>Nº</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Causas</b>	<b>Fonte</b>	<b>Está relacionada com</b>
30	Proteção de encontro de vigas de respaldo e forro de lajes	Usada para evitar a infiltração de concreto, manchas nas paredes (que recebem acabamento direto em sua superfície)	(2) Três obras em alvenaria estrutural	Interferência do processo Limpeza Deslocamento de operários
37	Na existência de construções próximas, colocar telas para evitar respingo de concreto na vizinhança	Atividades adicionais e verificação do local de fixação das telas	(2) Obra em estrutura convencional	Proteção de processos ou construções Preparação do trabalho Deslocamento de operários
44	Interrupção no fluxo de materiais e operários no local de trabalho, quando este é passagem para o desenvolvimento de outros processos, em suas imediações	Necessidade de refazer o piso por ter sido danificado pelo andaime	(4) Obra em estrutura convencional	Interrupção do fluxo de recursos Proteção de superfície de sustentação Deslocamento de recursos
56	Mapeamento da área a ser compactada, que é separada por profundidades semelhantes	Para levantar a quantidade real de trabalho, não considerando apenas uma das profundidades, o que subestima o trabalho	(4) Obra em estrutura convencional	Preparação do trabalho (critérios de seleção)
58	Definição do uso de soleira ou não, antes de iniciar o contrapiso	Contrapiso executado sem observar desníveis com áreas úmidas ou paginação de piso	(4) Obra em estrutura convencional	Programação do processo Conteúdo do processo Retrabalho Diferenças de níveis Uso de gabaritos
67	O reboco e o emassamento de parede nos apartamentos, são prejudicados pela infiltração de água	Laje de cobertura não impermeabilizada, prejudicada pelas chuvas	(5) Obra em estrutura convencional	Interferência entre processos Dependência indireta Interrupção do trabalho Condições climáticas Espaço de trabalho
69	Espaço disputado na cobertura, para os trabalhos na piscina e a estrutura de fixação dos suportes do jaú	Danos na fachada, retarda o acabamento na platibanda e prejudica os trabalhos na cobertura	(5) Obra em estrutura convencional	Ambiente de trabalho ocupado Atraso nos processos devido à precedência Acesso
70	Danos no piso do <i>hall</i> , com detalhes em granito, pela movimentação de pessoas e materiais	Local de passagem, inversão de seqüências construtivas e não proteção do piso	(5) Obra em estrutura convencional	Proteção do processo já executado Circulação de pessoas Preparação do trabalho Inversão dos processos



<b>Nº</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Causas</b>	<b>Fonte</b>	<b>Está relacionada com</b>
77	Iluminação e ventilação adequadas em locais de difícil acesso ou com uso de equipamentos, que possam ser prejudiciais à saúde (ruído, cimento ou odores fortes)	Ambientes escuros e fechados, como trabalho no barrilete, reservatório inferior, casa de máquina, caixas d'água interna e poço do elevador	(5) Obra em estrutura convencional	Condições ambientais (iluminação e ventilação) Acesso Proteção dos operários
82	Reentrâncias na fachada que dificultam a montagem de andaime, para o assentamento de peças cerâmicas	Dificuldade na execução do processo, com uso de andaimes em condições inseguras	(5) Obra em estrutura convencional	Local de trabalho restrito Proteção do operário Preparação do trabalho demorada
95	Assentamento de peitoril em duas etapas	Liberação do reboco interno independente do externo, facilitando o acabamento	(6) Pré-laje e pré- viga, obra 1	Interdependência entre revestimento externo e interno
104	Execução de caminho de concretagem para as sapatas	Caminho para a passagem do concreto, atravessando outros blocos em construção	(6) Pré-laje e parede painel, obra 3	Acesso para deslocamentos no canteiro <i>Layout</i> de canteiro
111	Uso de andaimes em locais com piso já aplicado	Proteger o piso de danos provocados pelo andaime	(6) Pré-laje e pré- viga, obra 1	Proteção do processo anterior
132	Caixa de descarga acoplada, entrando em choque com o detalhamento de granito da parede do banheiro	Somente quando da construção do apartamento modelo é que se descobriu a incompatibilidade entre a caixa sanitária e o detalhe de paginação da parede	(6) Pré-laje e pré- viga, obra 2	Detalhamento de projeto Retrabalho
134	A movimentação de concreto provocava respingo em carros e construções vizinhas, necessitando o deslocamentos de operários para sua limpeza	Vento forte na região associado a concretagem da 14ª laje	(6) Pré-laje e pré- viga, obra 2	Interrupção do processo para solucionar problemas por interferência na vizinhança da obra Preparação do trabalho para correção do problema Mobilização de recursos
165	Uso de equipamentos de proteção, para trabalho sujeito a ruídos, cortes, em locais externos ou próximos a aberturas	Necessidade de preparação do local de trabalho e do operário com os equipamentos de proteção	(6) Pré-laje e pré- viga, obra 1	Segurança do trabalho Preparação do trabalho Deslocamento de recursos



## Apêndice C – Exemplos de atividades facilitadoras para os estudos exploratórios

<b>Estudo de campo 1</b>	
<p><b>Categoria:</b> Acesso</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Adotar estratégia para concretar pilares muito altos (pavimento de transição) com montagem de andaimes</p>	
<p><b>Categoria:</b> Preparação do trabalho</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Remoção de restrição</p> <p><b>Exemplo:</b> Usar equipamento de drenagem para retirar água da chuva quando da construção das sapatas. Mesmo havendo drenagem preliminar sempre é necessário remover a água que fica no fundo do canal</p>	
<b>Estudo de campo 2</b>	
<p><b>Categoria:</b> Conflito espacial</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Evitar o conflito entre viga invertida colocada na laje e caixas elétricas, com a coordenação do projeto</p>	

<b>Estudo de campo 2 - continuação</b>	
<p><b>Categoria:</b> Conflito espacial</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Montar vigas acima de seu local de aplicação devido a grande necessidade de ferragem, comprometendo a amarração. Esta é uma dificuldade da obra, provocada por interferências com a armação da outra viga</p>	
<p><b>Categoria:</b> Proteção dos processos</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Remoção de restrição</p> <p><b>Exemplo:</b> Colocar telas para proteger as construções vizinhas</p>	
<p><b>Categoria:</b> Preparação do trabalho</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Proteger encontro de painéis de forro com fita adesiva para evitar infiltração de concreto, como também no encontro com viga de respaldo</p>	
<p><b>Categoria:</b> Preparação do trabalho</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Substituir fôrmas para os locais de caixas elétricas na laje por blocos com caixa embutida, evitando escoramento do local</p>	

<p><b>Estudo de campo 3</b></p>	
<p><b>Categoria:</b> Acesso</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Transportar material pelo poço do elevador. Leva-se todos os materiais volumosos antes de iniciar a fase de acabamento. Após isto o guincho foi desmontado e colocado no exterior da obra, para o transporte do madeiramento do telhado, telhas e retirada de entulhos</p>	
<p><b>Estudo de campo 5</b></p>	
<p><b>Categoria:</b> Proteção dos processos</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Proteger piso do hall dos deslocamentos dos operários em direção aos apartamentos. Assim como, o piso dos apartamentos onde o elevador de obra está localizado</p>	
<p><b>Estudo de campo 6</b></p>	
<p><b>Categoria:</b> Conferência do trabalho</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Antecipação</p> <p><b>Exemplo:</b> Testar instalações a serem embutidas nos <i>shafts</i> pré-moldados</p>	



<b>Estudo de campo 6 - continuação</b>	
<p><b>Categoria:</b> Preparação do trabalho</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Remoção de restrição</p> <p><b>Exemplo:</b> Usar tubo flexível para o transporte vertical da argamassa na fachada. Isto concentra a produção em um pavimento e permite a execução de outros serviços nos apartamentos de acesso. O tubo é formado de um funil apoiado na platibanda e um duto flexível</p>	
<p><b>Categoria:</b> Proteção dos processos</p> <p><b>Tipo da atividade facilitadora:</b> Remoção de restrição</p> <p><b>Exemplo:</b> Usar gabarito de proteção nos vãos de janela para evitar respingos de trabalhos simultâneos na fachada e no interior do apartamento. O gabarito deve ser preenchido com tela ou papelão</p>	

## **Apêndice D – Lista de verificação das interrupções por processos**

No estudo de caso realizado em Aracaju/Sergipe, as atividades facilitadoras incorporadas ao processo, embora não formalizadas, são grafadas na cor verde e as somente identificadas na cor vermelha.

### Assentamento de gabarito para porta pronta:

- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Transportar gabarito de porta pronta (vermelho).
- Armazenar gabarito de forma adequada para evitar deformações (vermelho).

### Assentamento de mestras para massa única e emboço:

- Disponibilizar equipamentos de segurança (verde).
- Fornecer linhas guias marcadas na laje logo após a concretagem (verde).
- Preparar peças de mestras (pedaços de blocos cerâmicos) (vermelho).
- Mestrar linhas guias marcadas na laje logo após a concretagem (verde).
- Preparar argamassa (verde).
- Transportar argamassa (vermelho).

### Assentamento de peitoril/chapim:

- Cuidar com danos ao processo já realizado quando for retirar o guarda-corpo (vermelho).
- Liberar ambiente interno do externo (verde).
- Programar sentido de aplicação do peitoril seccionado (verde).
- Proteger peitoril já assentado (vermelho).
- Armazenar peça de forma adequada para evitar danos (vermelho).
- Verificar mestras internas e externas (verde).

### Assentamento de revestimento cerâmico de parede interna:

- Verificar qualidade do material fornecido (vermelho).
- Verificar os cantos da parede com esquadro (vermelho).
- Bater nível no ambiente (vermelho).
- Verificar trinchas e juntas (vermelho).

- Ensaiai assentamento cerâmico (vermelho).
- Verificar o nível da primeira fiada do ambiente (verde).
- Verificar necessidade de recorte de peças (vermelho).
- Preparar bancada de corte (vermelho).
- Localizar bancada de corte em ambiente iluminado, ventilado e que não atrapalhe a circulação de pessoas (vermelho).
- Fornecer abastecimento elétrico (verde).
- Preparar e transportar argamassa (verde).

#### Colocação e acompanhamento do chumbamento das caixas elétricas:

- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Preparar e transportar argamassa (verde).
- Posicionar caixas elétricas no canto de peça cerâmica para evitar cortes excessivos, em paredes revestidas com cerâmica (verde).
- Posicionar caixas sacadas 1 cm da parede (verde).

#### Colocação dos kits de água:

- Preparar bancos, quando necessário (vermelho).
- Preparar escoramento para chumbar as colunas embutidas nos *shafts* (vermelho).
- Preparar e transportar concreto para chumbamento (vermelho).
- Usar furadeira para corrigir furos na laje (vermelho).
- Fornecer abastecimento elétrico (verde).

#### Colocação de quadro elétrico:

- Armazenar peças para evitar danos (azul).
- Preparar e transportar argamassa (verde).

#### Elevação da alvenaria externa com blocos cerâmicos:

- Liberar fachada de elevadores provisórios (vermelho/verde).
- Fornecer materiais, ferramentas, equipamentos e EPI's (verde).
- Preparar e transportar argamassa (verde).
- Consultar projeto de paginação (vermelho).

Emboço e/ou reboco externo:

- Consultar projeto de fachada (verde).
- Verificar condições do jáu (vermelho).
- Preparar argamassa (verde).
- Disponibilizar equipamentos de segurança (verde).
- Verificar aberturas para fixação de caixas de ar condicionado (vermelho).
- Verificar planicidade (vermelho).
- Verificar necessidade de requadros (vermelho).
- Verificar manuseio das proteções ao trabalhar em aberturas (vermelho).

Gesso de teto (este procedimento não está padronizado ainda):

- Verificar desenvolvimento de outros processos no ambiente ou se precisa desse como meio de acesso (vermelho). Isto acontece porque a montagem de andaimes para a execução do gesso impede o trânsito de pessoas e materiais no local.
- Verificar se o local é de deslocamentos de pessoas e materiais, para desviar o fluxo (vermelho).
- Preparar e montar andaimes/bancos (vermelho).
- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Verificar pontos de fixação de guarda-corpo provisório, tubo chama-lixo e elevador de obra, que impede a execução do processo nesses locais (vermelho).
- Trabalhar próximo a aberturas externas com guarda-corpo de proteção (verde).
- Verificar iluminação no ambiente (vermelho).
- Providenciar outros caminhos de acesso aos pavimentos (quando se trabalha na escada) (verde).

Limpeza e rejunte de fachada:

- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).

Pintura de fachada textura (*permalit*) (este procedimento não está padronizado ainda):

- Aplicar fita adesiva para diferenciar áreas (fazer cortes) (verde).
- Evitar sobrepor camadas (vermelho).



- Verificar fixação do jaú (vermelho).
- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Retirar fita adesiva (vermelho).
- Limpar o jaú ao término de cada dia de trabalho (verde).
- Preparar as telas de proteção (verde).
- Definir caminho de transporte por dentro dos apartamentos (verde).
- Usar cinto de segurança pára-quedista ligado ao trava queda (verde).
- Fornecer projeto de suporte de jaú afastado da platibanda (verde).

#### Regularização de piso para o assentamento de cerâmica:

- Proteger cantos de peças de danos (vermelho).
- Verificar qualidade do produto aplicado (vermelho).
- Proteger piso para o apoio de equipamentos/materiais, em locais de depósito intermediário de material e uso do misturador (vermelho).
- Verificar escoramentos ou fixação de outros elementos provisórios (vermelho).
- Preparar e transportar argamassa (verde).
- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Isolar locais das soleiras (vermelho).
- Preparar peças da mestra (pedaços de blocos cerâmicos) (vermelho).
- Fazer plano de execução (vermelho).
- Limpar laje (vermelho).

#### Regularização para revestimento cerâmico interno em parede emboço:

- Preparar e transportar argamassa (verde).
- Fornecer materiais, ferramentas e EPI's (verde).
- Proteger acabamentos de danos (vermelho).
- Verificar caimento em área úmida (vermelho).

#### Revestimento cerâmico de fachada:

- Fazer fixação de jaú em ganchos na laje (verde).
- Fornecer cerâmica no prazo e no lote especificado (diferenciação na coloração) (vermelho).
- Colocar cavalete de fixação do jaú afastado da platibanda (verde).

- Armazenar masseira no jaú (verde).
- Conferir a colocação do material (verde).
- Cuidar com danos ao processo já realizado quando for retirar o guarda-corpo (vermelho).
- Fornecer abastecimento elétrico (vermelho).
- Localizar bancada de corte em local iluminado, ventilado e que não impeça a movimentação de pessoas (vermelho).











Revestimento com massa única em parede:

- Fornecer materiais, ferramentas, equipamentos e EPI's (verde).
- Preparar argamassa (verde).
- Cuidar com a segurança da mão-de-obra ao trabalhar em região onde foi retirado o guarda-corpo (vermelho).
- Transportar e preparar banco ou andaime (vermelho).
- Executar requadros verticais e horizontais quando precisar (vermelho).
- Verificar prumo, nível e esquadro (vermelho).
- Verificar chumbamento e posição de caixas elétricas em área seca (vermelho).
- Verificar interfaces com instalação de iluminação elétrica provisória (vermelho).
- Verificar necessidade de trabalho próximo a aberturas externas (vermelho).

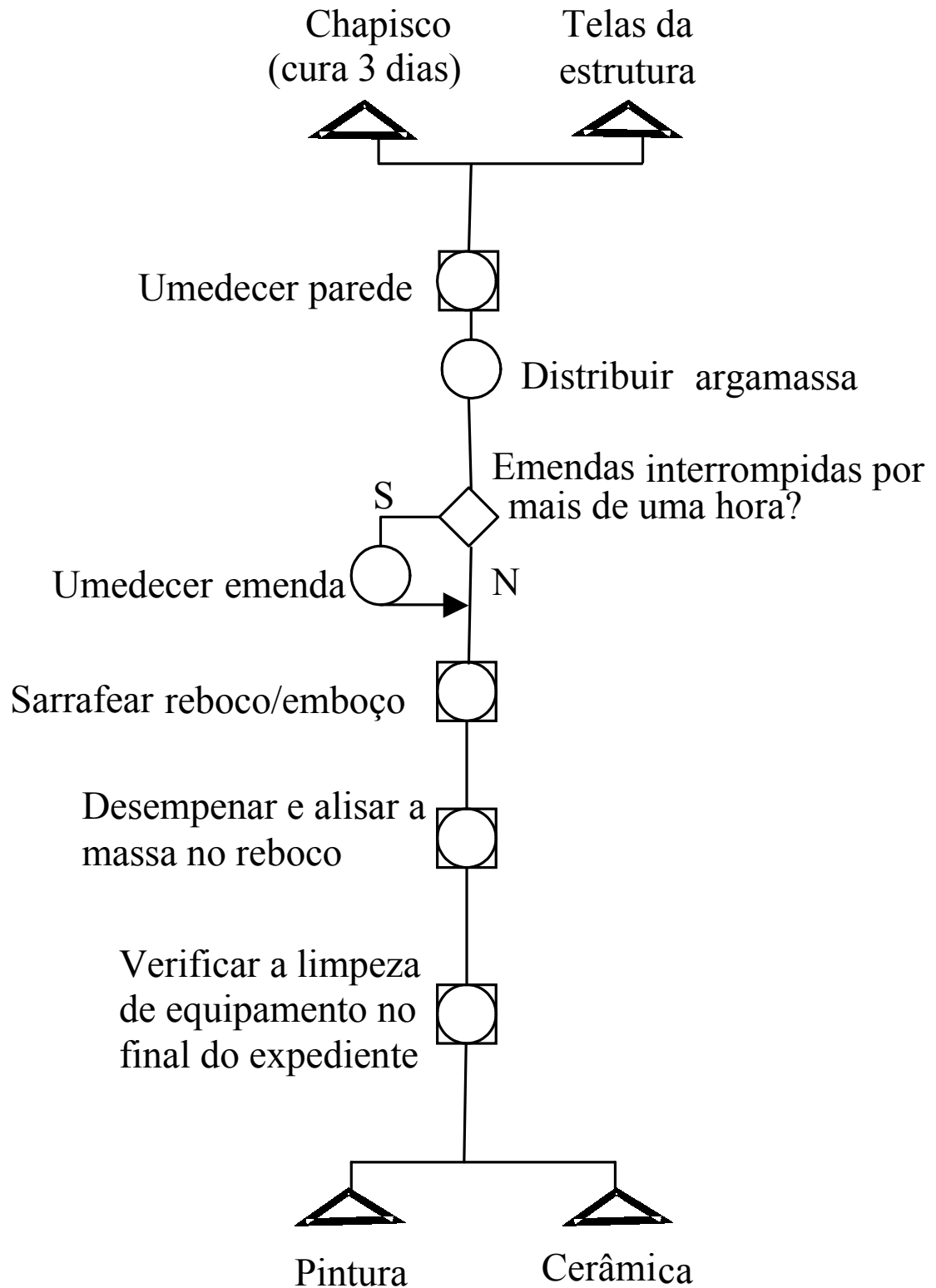
## APÊNDICE E – REDES OPERACIONAIS COM AS ATIVIDADES FACILITADORAS PARA O ESTUDO DE CASO MÚLTIPLOS

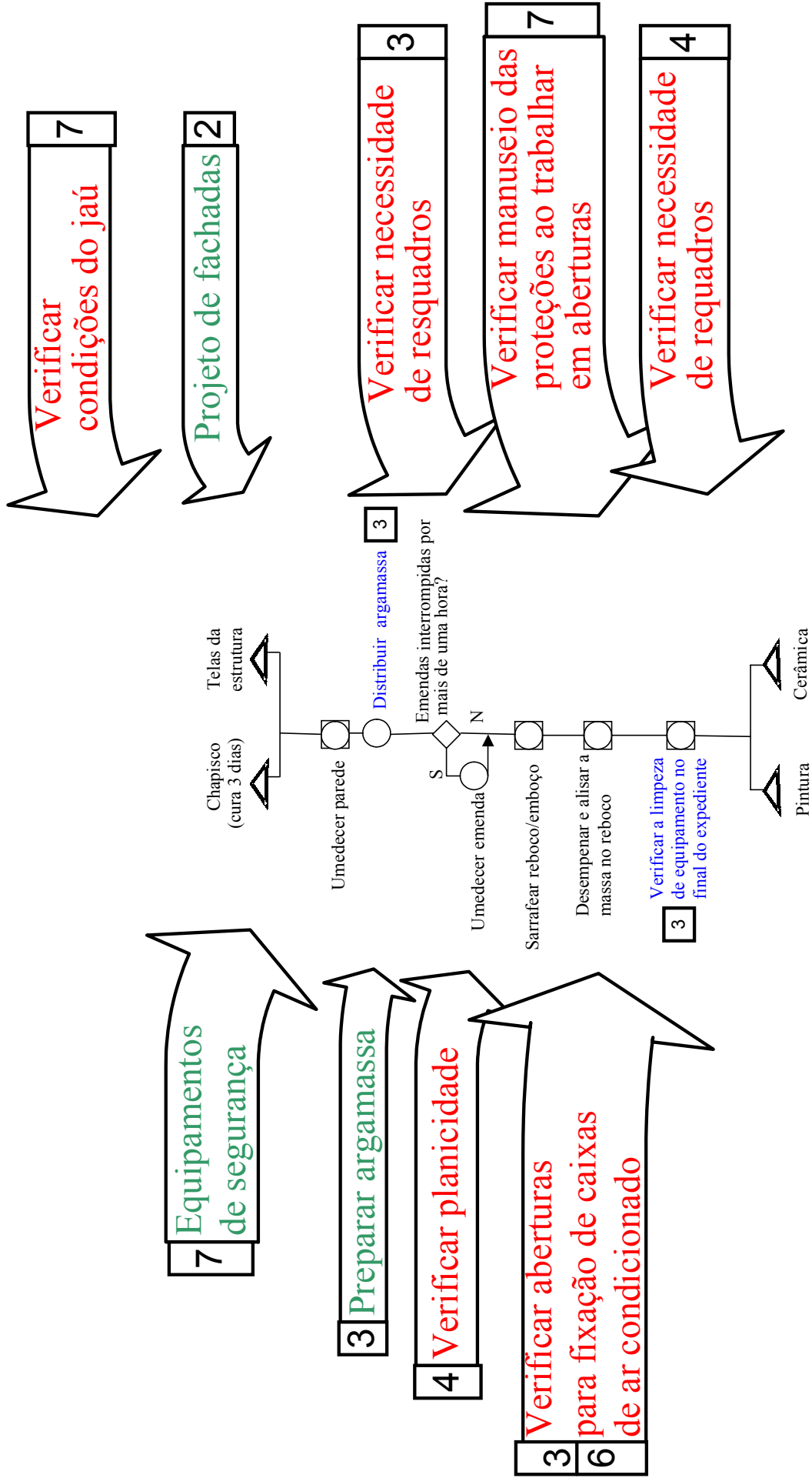
Neste apêndice apresentam-se exemplos dos processos produtivos pesquisados. Inicialmente mostra-se a rede operacional. Em seguida, visualiza-as com as atividades facilitadoras identificadas.

Nestes exemplos adotou-se a seguinte simbologia:

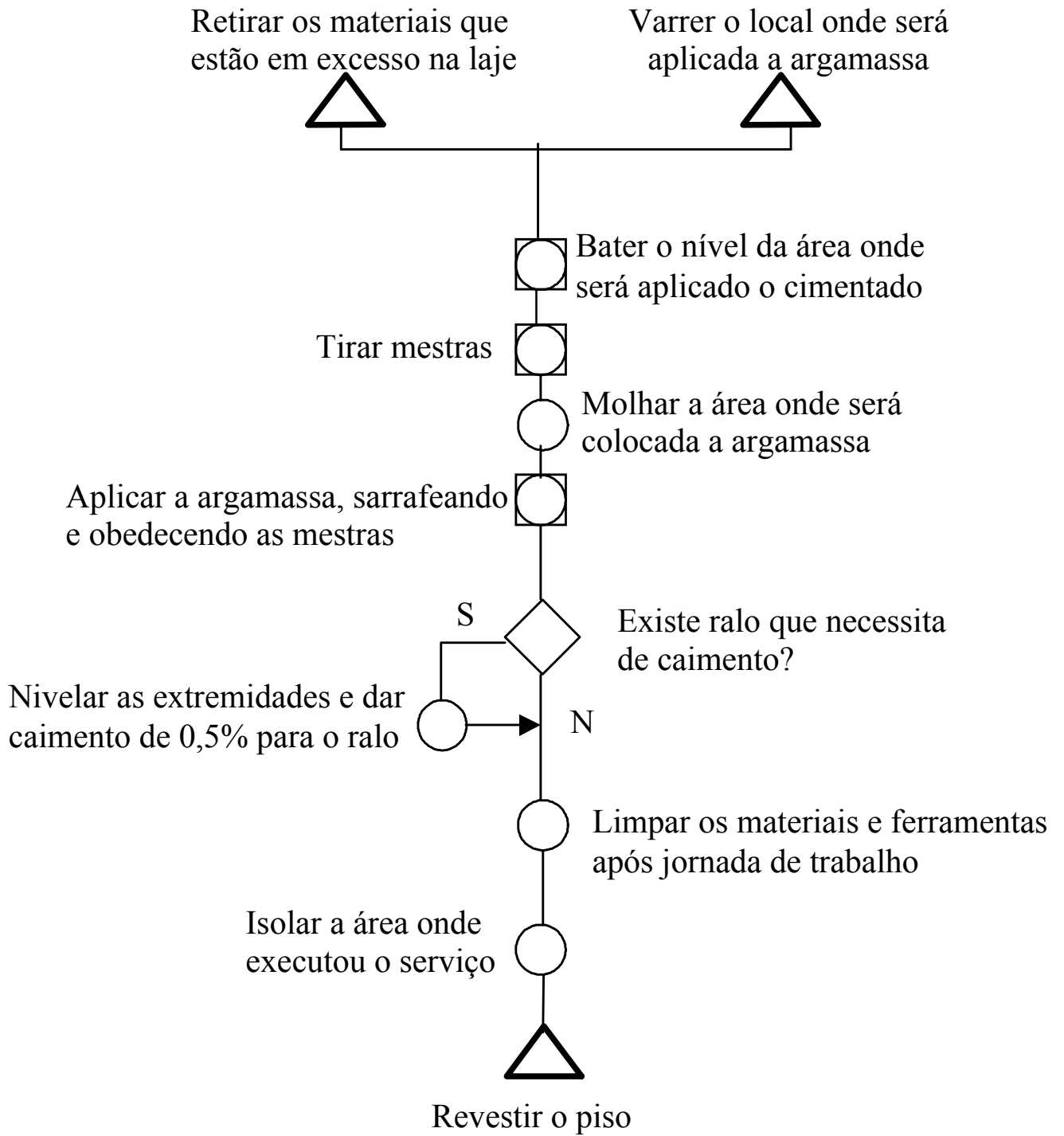
<u>Atividades de produção</u>	<u>Atividades facilitadoras</u>
 Execução	 Atividade facilitadora
 Decisão	 Número da categoria da atividade facilitadora
 Armazenagem ou estoque	<span style="color: blue;">Azul</span> Atividade facilitadora incorporada e formalizada
 Espera	<span style="color: green;">Verde</span> Atividade facilitadora incorporada e não formalizada
 Inspeção	<span style="color: red;">Vermelho</span> Atividade facilitadora identificada
 Insumos	
 Execução seguida de inspeção	
 Fluxo de informação	

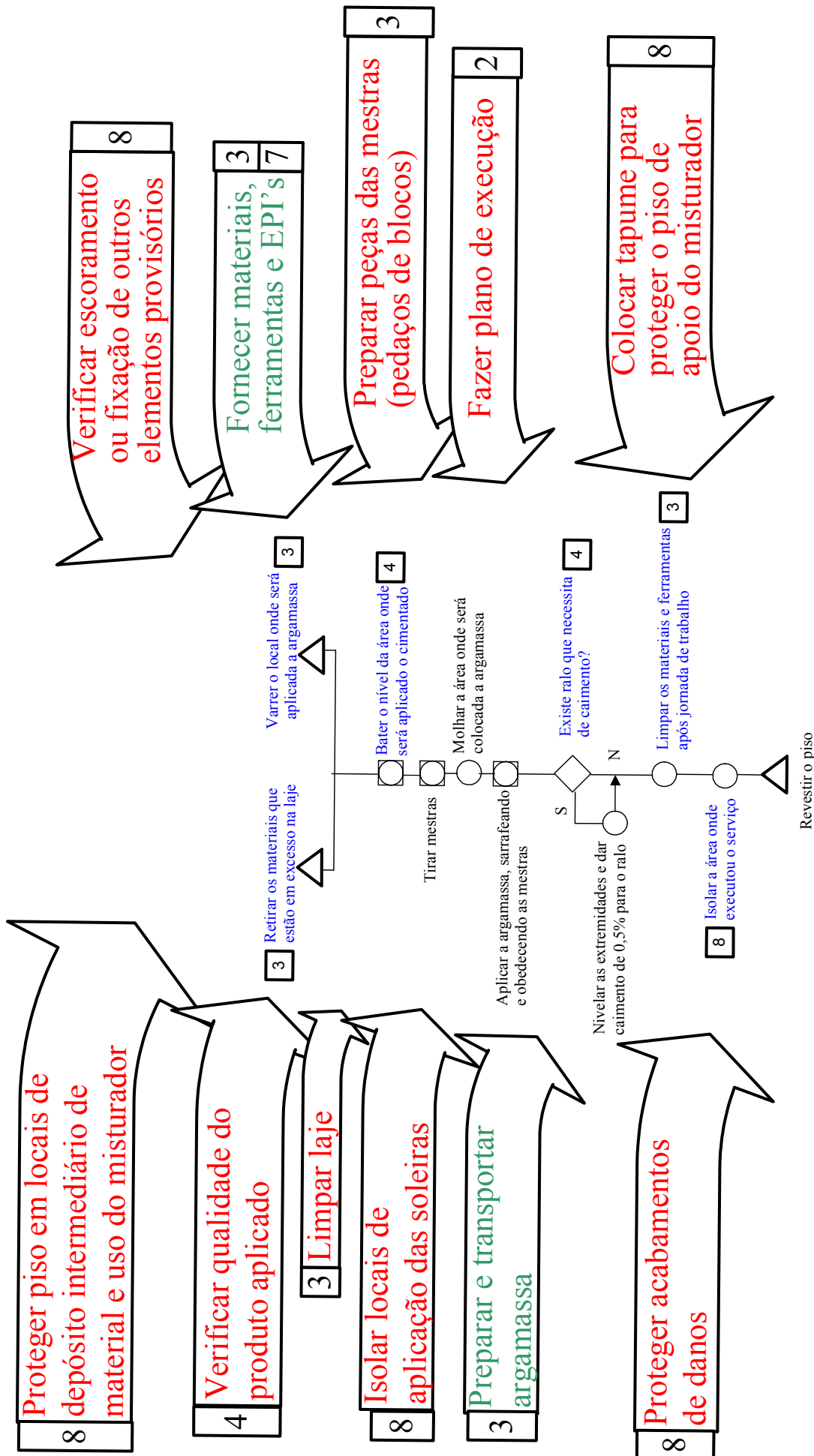
Embolo e/ou reboco externo



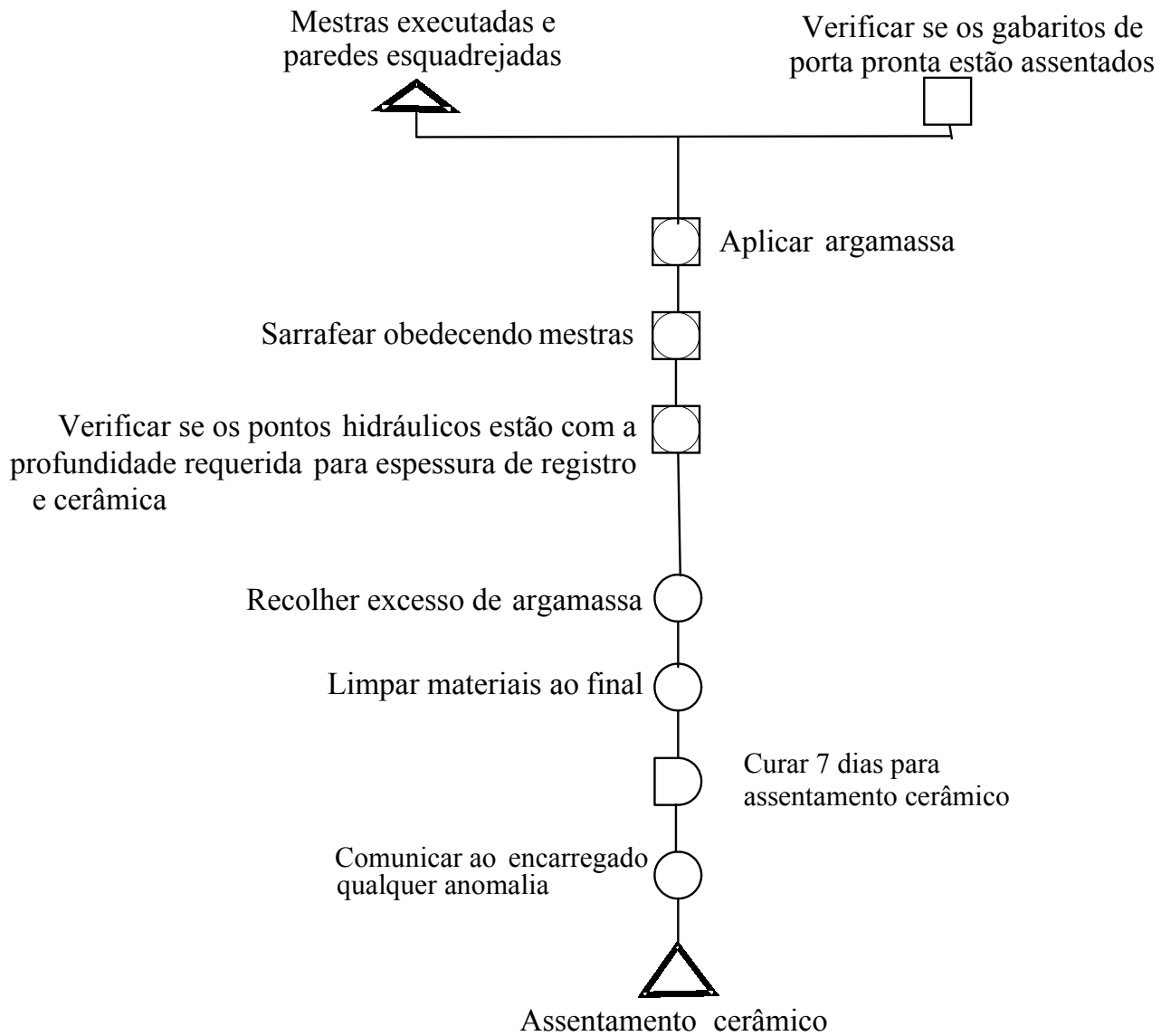


Regularização de piso para o assentamento de cerâmica

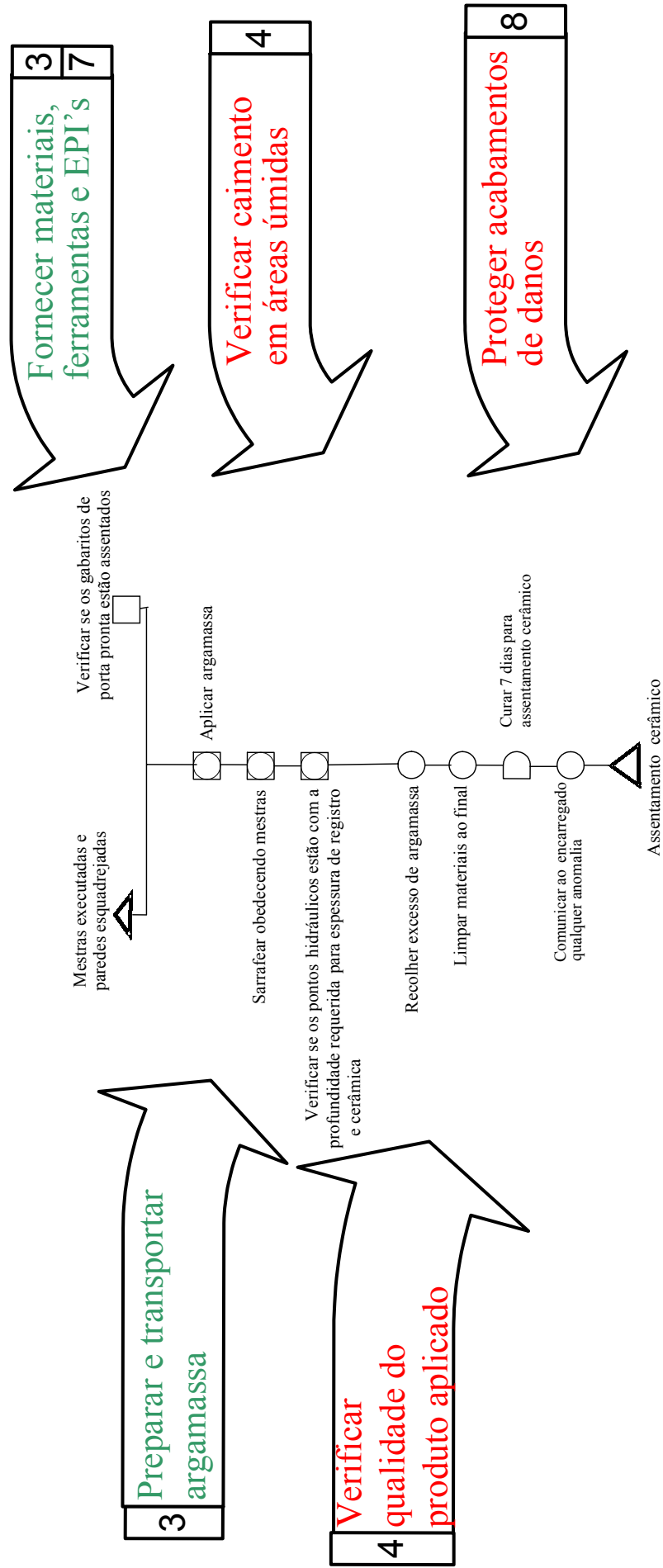




Regularização para revestimento cerâmico interno em parede emboço







Revestimento cerâmico de fachada

