

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - CPGEC / UFRGS

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO
PARA A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SOB O PONTO
DE VISTA DA GESTÃO DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO**

ALBERTO PEIXOTO SAN MARTIN

Orientador:

CARLOS TORRES FORMOSO, Ph.D.

Porto Alegre, Agosto de 1999.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo orientador, pela banca examinadora e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Prof. Carlos Torres Formoso, Ph.D.
Orientador**

**Prof. Francisco Gastal, Ph.D.
Coordenador do PPGEC/UFRGS**

Banca Examinadora:

**Dra. Maria Angélica Covelo Silva
Doutora pela Universidade de São Paulo, Brasil**

**Prof. Antônio Domingos Padula
Doutor pela Universidade de Grenoble, França**

**Prof. Paulo Ghinato
Doutor pela Universidade de Kobe, Japão**

Porto Alegre, Agosto de 1999.

Dedico esse trabalho aos próximos que amo e a todas as pessoas que trabalham com o ensino e com a ciência.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Carlos Torres Formoso pela amizade, pelo ensino, pelo exemplo e pela orientação;

À CAPES pela concessão de uma bolsa de Mestrado durante dois anos;

Aos professores Maria de Fátima Souza e Silva, Aldo Boggio, Luíz Afonso dos Santos Senna e Fernando Dutra Michel e ao Eng^o Víctor Hugo Revero Palácios pelo incentivo à pesquisa;

Aos professores e pesquisadores Aguinaldo dos Santos, Eduardo Luiz Isatto, Ercília Hirota, José de Paula Barros Neto, Luíz Fernando Heinneck, James Powell, John Hinks, Lauri Koskela, Gregory Howell e Glenn Ballard pelos conselhos, esclarecimentos e participações em *brainstormings* a respeito do desenvolvimento desse trabalho;

Aos professores e pesquisadores Maria Angélica Covelo Silva, Ubiraci Espinelli, Mércia Botura de Barros, Hélio Greven, Miguel Aloísio Sattler e ao Engenheiro Francisco Albano Petersen de Souza por suas colaborações como interlocutores em entrevistas por mim realizadas;

Aos meus colegas de turma pelo companheirismo, compreensão e solidariedade;

Aos demais professores, colegas e amigos que também trabalharam e continuam trabalhando no NORIE;

À Roberto Ferreira Comercial e Construtora Ltda., pela sua disposição e apoio no estudo piloto e no estudo de caso realizados nessa pesquisa;

Aos meus pais e irmãos que me ensinaram ter responsabilidade e sempre cumprir com os meus objetivos;

E, em especial, à Luciane Medina, minha companheira que me confortou e me apoiou durante o desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	GERENCIANDO A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL	1
1.2	TEMA DA PESQUISA	4
1.3	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	8
1.4	OBJETIVOS E HIPÓTESES DA PESQUISA.....	9
1.4.1	<i>Objetivo Principal</i>	9
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	10
1.4.3	<i>Hipótese de Trabalho</i>	10
1.5	MÉTODOS DA PESQUISA E SUAS PRINCIPAIS ETAPAS	10
1.6	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	11
1.7	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	12
2	A ADMINISTRAÇÃO DE OPERAÇÕES E A GESTÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL	13
2.1	A ADMINISTRAÇÃO DE OPERAÇÕES	13
2.2	A GESTÃO DE PROCESSOS E A ANÁLISE DO VALOR.....	15
2.3	A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	20
2.4	SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO	25
2.5	A PRODUÇÃO ENXUTA E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO DE PROCESSOS	29
2.5.1	<i>A Construção Enxuta como Teoria para a Construção</i>	31
2.5.2	<i>Princípios e Métodos da Construção Enxuta</i>	32
2.5.3	<i>Conceitos da Gestão de Processos no Paradigma da Produção e Construção Enxuta</i>	34
2.6	CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES.....	36
3	GERENCIAMENTO DE TECNOLOGIAS APLICADO À CONSTRUÇÃO	38
3.1	DEFINIÇÕES.....	38
3.2	A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA IMPORTÂNCIA.....	40
3.3	O GERENCIAMENTO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	44
3.4	SELEÇÃO TECNOLÓGICA	47
3.5	CONDICIONANTES DA INOVAÇÃO E SELEÇÃO TECNOLÓGICA	50
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
4	DESCRIÇÃO DAS FASES, FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA PESQUISA	54
4.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	54
4.2	A PRIMEIRA FASE: INVESTIGAÇÃO	57
4.3	A SEGUNDA FASE: ESTUDO PILOTO	61
4.3.1	<i>As Técnicas e Ferramentas Discutidas nas Reuniões de Grupo</i>	62
4.3.2	<i>O Estudo Piloto</i>	68
4.4	A TERCEIRA FASE: FORMULAÇÃO DO MÉTODO E ESTUDO DE CASO	71
5	RESULTADOS E CONCLUSÕES DAS DUAS PRIMEIRAS FASES DA PESQUISA.....	73
5.1	RESULTADOS DA PRIMEIRA FASE DA PESQUISA	73
5.1.1	<i>Contribuições da Bibliografia e Reuniões de Grupo</i>	74
5.1.2	<i>Contribuições das Entrevistas com Especialistas</i>	75
5.1.3	<i>As Necessidades de Desempenho Consideradas</i>	77
5.1.4	<i>Considerações Sobre os Princípios da Construção Enxuta Adotados</i>	79
5.1.5	<i>Considerações Sobre as Demais Características da Qualidade Adotadas</i>	81
5.1.6	<i>Os Requisitos de Desempenho Elaborados</i>	83
5.2	RESULTADOS DA SEGUNDA FASE DA PESQUISA	84
5.2.1	<i>Conclusões do Estudo Piloto</i>	84
5.2.2	<i>O Diagrama Adaptado de Precedências Estabelecido</i>	87
6	OS INDICADORES DE DESEMPENHO E O MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTOS.....	90
6.1	OS INDICADORES DE DESEMPENHO DESENVOLVIDOS	90
6.1.1	<i>Indicador de Eficiência do Desenho dos Processos (EDP)</i>	92
6.1.2	<i>Indicador de Flexibilidade de Robustez (IFR)</i>	94
6.1.3	<i>Grau de interdependência de Processos (GIP)</i>	95

6.1.4	<i>Grau de Habilidade Exigido da Mão de Obra (GHMO)</i>	96
6.1.5	<i>Grau de Dependência por Materiais Específicos (GDM)</i>	97
6.1.6	<i>Indicador de Variedade de Materiais (IVM)</i>	99
6.1.7	<i>Grau de Padronização e Agregação de Valor de Elementos Construtivos (GPAE)</i>	100
6.1.8	<i>Grau de Padronização de Operações (GPO)</i>	101
6.1.9	<i>Grau de Separação Física de Processos (GSP)</i>	102
6.1.10	<i>Peso dos Elementos Construtivos (PEC)</i>	103
6.2	A CONSTITUIÇÃO FINAL DO MÉTODO DESENVOLVIDO.....	103
6.3	LIMITAÇÕES E CONDICIONANTES DO MÉTODO DESENVOLVIDO.....	106
6.4	A INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES ELABORADOS	107
7	ESTUDO DE CASO: A APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	109
7.1	A ENTREVISTA INICIAL E AS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO ANALISADAS	109
7.2	COLETA DE DADOS NOS CANTEIROS	111
7.3	OS RESULTADOS DOS INDICADORES APLICADOS	115
7.4	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	118
7.5	CONCLUSÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO REALIZADO	123
8	CONCLUSÕES FINAIS.....	124
8.1	DISCUSSÃO DA HIPÓTESE DE TRABALHO	124
8.2	ANÁLISE DO ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS	125
8.3	COMENTÁRIOS FINAIS.....	125
8.4	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	126
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
	ANEXOS	133
	ANEXO I: DETALHE DO ESTUDO PILOTO REALIZADO	133
	<i>Descrição das Planilhas de Coleta de Dados Utilizadas no Estudo Piloto</i>	<i>133</i>
	<i>Exemplo de Aplicação da estrutura V das análises V-A-T no Estudo Piloto</i>	<i>133</i>
	<i>Exemplo de Aplicação do Fluxograma no Estudo Piloto.....</i>	<i>133</i>
	<i>Exemplo de Aplicação do Diagrama de Precedências no Estudo Piloto.....</i>	<i>134</i>
	<i>Exemplo de Aplicação do Diagrama de Processos no Estudo Piloto</i>	<i>134</i>
	ANEXO II: DETALHES DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO REALIZADO	135
	<i>Os Tópicos da Entrevista Inicial da Tecnologia A no Estudo de Caso</i>	<i>135</i>
	<i>Exemplo da Tabela P1 para a Tecnologia A.....</i>	<i>137</i>
	<i>Exemplo da Tabela P2 da Tecnologia A</i>	<i>138</i>
	<i>Exemplo de Mapeamento com o Diagrama Adaptado de Precedências - Tecnologia A</i>	<i>139</i>
	<i>Exemplo da Tabela P4.....</i>	<i>140</i>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: FOCO DA PESQUISA E PRISMAS DE AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO.....	6
FIGURA 1.2: OBJETO DE AVALIAÇÃO DO MÉTODO DESENVOLVIDO NA PESQUISA.	7
FIGURA 2.1: MODELO GERAL DA ADMINISTRAÇÃO DE OPERAÇÕES.	14
FIGURA 2.2: COMPOSIÇÃO DOS FLUXOS DE PRODUÇÃO SEGUNDO A PRODUÇÃO ENXUTA.....	31
FIGURA 2.3: RELAÇÃO ENTRE SERVIÇO, ATIVIDADE, PROCESSO E OPERAÇÃO.	35
FIGURA 3.1: O CICLO VICIOSO DA FALTA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.	41
FIGURA 3.2: PROCESSO DE INOVAÇÃO E GERENCIAMENTO TECNOLÓGICO	46
FIGURA 3.3: ASPECTOS ESTRATÉGICOS DETERMINANTES DA TECNOLOGIA APROPRIADA DE PRODUÇÃO.....	51
FIGURA 4.1: RESUMO DAS FASES E ETAPAS DA PESQUISA REALIZADA.....	57
FIGURA 4.2: NOTAÇÃO GRÁFICA PARA A CONFECÇÃO DE FLUXOGRAMAS EM OPERAÇÕES DE SERVIÇOS.....	62
FIGURA 4.3: EXEMPLO DE FLUXOGRAMA COM ÊNFASE NO ASPECTO FUNCIONAL.	63
FIGURA 4.4: EXEMPLO DE DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIAS.....	65
FIGURA 4.5: ESTRUTURAS GENÉRICAS DE DIAGRAMAS V-A-T DO FLUXO DE PRODUTOS	66
FIGURA 5.1: EXEMPLO HIPOTÉTICO DO DIAGRAMA ADAPTADO DE PRECEDÊNCIAS.....	89
FIGURA 7.1: DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIAS DOS PROCESSOS INTRÍNSECOS E CONSTANTES DA TECNOLOGIA A. ...	112
FIGURA 7.2: DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIAS DOS PROCESSOS INTRÍNSECOS E CONSTANTES DA TECNOLOGIA B. ...	113
FIGURA 7.3: GRÁFICO COMPARATIVO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES QUANTITATIVOS.....	118

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 2.1: SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA O MAPEAMENTO DE PROCESSOS.....	17
QUADRO 2.2: SÍMBOLOS GRÁFICOS COMPLEMENTARES PARA O MAPEAMENTO DE PROCESSOS.	18
QUADRO 2.3: PRINCIPAIS DECISÕES ESTRATÉGICAS EM RELAÇÃO À FUNÇÃO PRODUÇÃO DE EMPRESAS CONSTRUTORAS DE PEQUENO PORTE DE PORTO ALEGRE – RS	25
QUADRO 2.4: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO JIT, MRP E OPT	26
TABELA 3.1: PERCENTUAL DE INOVAÇÕES NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL HOLANDESA.	43
QUADRO 4.1: RESUMO DAS QUESTÕES DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM ESPECIALISTAS.....	59
QUADRO 4.2: PERFIL E PRINCIPAIS RESPOSTAS DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS.	59
QUADRO 4.3: EXEMPLO DE DIAGRAMA DE OPERAÇÕES.....	64
QUADRO 4.4: VANTAGENS, DESVANTAGENS E FORMA DE UTILIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS E TÉCNICAS DE MAPEAMENTO E ANÁLISE DE PROCESSOS ESTUDADAS.	68
QUADRO 5.1: NECESSIDADE DE DESEMPENHO EM GESTÃO DE PROCESSOS DISCUTIDAS.	74
QUADRO 5.2: RESUMO DAS NECESSIDADES DE DESEMPENHO IDENTIFICADAS NAS ENTREVISTAS.	76
QUADRO 5.3: NECESSIDADES DE DESEMPENHO EM GESTÃO DE PROCESSOS PROVENIENTES DAS ENTREVISTAS.....	77
QUADRO 5.4: NECESSIDADES DE DESEMPENHO EM GESTÃO DE PROCESSOS DESCARTADAS	78
QUADRO 5.5: AS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DE TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA GESTÃO DE PROCESSOS CONSIDERADAS	78
QUADRO 5.6: OS REQUISITOS DE DESEMPENHO EM GESTÃO DE PROCESSOS ELABORADOS.	83
QUADRO 5.7: CRITÉRIOS DE CONFECÇÃO DO DIAGRAMA ADAPTADO DE PRECEDÊNCIAS.....	87
QUADRO 6.1: OS INDICADORES DE DESEMPENHO DO MÉTODO PROPOSTO.....	91
QUADRO 6.2: AS RELAÇÕES ENTRE OS INDICADORES E OS REQUISITOS DE DESEMPENHO.....	91
QUADRO 6.3: TABELA P6 PARA A INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES.....	108
QUADRO 7.1: RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO AVALIADAS.	110
QUADRO 7.2: OS PROCESSOS INTRÍNSECOS DIFERENTES DAS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO A E B.	114
TABELA 7.1: RESUMO DOS DADOS OBTIDOS DO DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA PARA AS TECNOLOGIAS A E B.....	115
TABELA 7.2: RESUMO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES PARA AS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO A E B.	116
QUADRO 7.3: TABELA P6 - INTERPRETAÇÃO COMPARATIVA DAS TECNOLOGIAS A E B.....	119

ABREVIATURAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento.
BNH	Banco Nacional da Habitação.
BRE	<i>Building Resesarch Establishment</i> , Inglaterra.
BRS	<i>Building Research Station</i> , Inglaterra.
CSTB	<i>Centre Scientifique et Technique du Batiment</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i> .
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> .
JIT	<i>Just in Time</i>
MRP	<i>Materials Requiremennts Planning</i> .
MRP 2	<i>Manufacturing Resources Planning</i> .
OPT	<i>Optimized Productionn Technology</i> .
PDCA	Planejar, Fazer, Checar e Agir.
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SFH	Sistema Financeiro da Habitação.
TPM	Manutenção Produtiva Total.
TQM	Administração da Qualidade Total.

RESUMO

A seleção tecnológica é um fator chave de sucesso para empresas construtoras envolvidas com o mercado de habitações de baixo custo. Entretanto, há uma certa carência de métodos para a avaliação antecipada da influência de diferentes tecnologias sobre a gestão da função produção, tanto em nível operacional quanto em nível estratégico.

Essa pesquisa consiste no desenvolvimento de um método para avaliar tecnologias de edificação voltadas à construção de habitações de baixo custo do ponto de vista da gestão da produção. Foram necessários aproximadamente oito meses, sendo que a pesquisa foi dividida em três fases distintas: uma revisão bibliográfica; entrevistas com especialistas em gerenciamento em construção; e um estudo de caso. A revisão bibliográfica endossou os conceitos e os princípios da construção enxuta, haja visto que essa foi a principal estrutura teórica adotada no desenvolvimento dos trabalhos. As entrevistas, por sua vez, forneceram algumas idéias importantes para a elaboração dos principais requisitos de desempenho para tecnologias de edificação em termos de gestão de processos.

O método desenvolvido foi testado em um estudo de caso, em que uma tecnologia de edificação utilizada por uma pequena empresa construtora foi avaliada. Foram estabelecidos uma série de procedimentos para auxiliar a coleta de dados referentes à tecnologia, e, finalmente, dez indicadores de desempenho foram propostos para possibilitar a comparação entre tecnologias de edificação alternativas.

ABSTRACT

Technology selection is a key success factor for the construction companies involved in the low cost housing market. However, there is a lack of effective methods for evaluating beforehand the influence of such technologies in production management, both at the operational and at the strategic levels.

This research consists of the development of a method to evaluate building technologies designed for low cost house building projects from the process management point of view. The study took about eight months, and was divided in three phases: a literature review, interviews with construction management experts, and a case study. The literature review emphasised lean construction concepts and principles, since this was the main theoretical framework adopted in the study. The interviews provided some important insights on the main requirements of building technologies in terms of process management.

The method was tested in a case study, in which the building technology developed by a small sized house building company was evaluated. A number of procedures have been developed for supporting data collection, and ten performance indicators have been proposed for comparing alternative building technologies.

1 INTRODUÇÃO

1.1 GERENCIANDO A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL

Gerenciar construções no Brasil, ao longo dos últimos anos, tem sido uma atividade em contínua evolução. De projetar arquitetonicamente uma edificação, orçar, fazer um cronograma de barras, comprar materiais, executar a obra, vender e controlar o fluxo de caixa, como usualmente era encarado esse aspecto, até a situação presente, muitos avanços na pesquisa já foram registrados. A internalização desses avanços por parte das empresas construtoras, entretanto, é deficiente na maioria das vezes, o que tem dado margem a novas discussões, de caráter mais profundo, sobre a natureza da construção e à busca de um modelo gerencial mais adequado à mesma.

Muito discutiu-se sobre as razões pelas quais avanços em métodos de trabalho e tecnologias tem sido quase sempre efêmeros e pouco eficazes no subsetor edificações, entendido aqui como um dos três principais ramos da construção civil (os outros dois são a construção pesada e a montagem industrial). Já se caracterizou a construção habitacional como tecnologicamente atrasada, conforme salientou Vargas (1979), sendo apontadas como principais causas desse atraso as suas peculiaridades, tais como a base fundiária das transações, em que a especulação sobre o solo possibilita grandes compensações financeiras de ineficiências da produção; o longo período de rotação de capital, que gera insegurança quanto a investimentos por parte das empresas em novas tecnologias; e a instabilidade do mercado habitacional no Brasil (Farah, 1988b). Esse atraso, por sua vez, também é determinado pela organização do trabalho existente nos canteiros de obras, que mescla aspectos tanto do taylorismo e fordismo como do artesanato, em que o operário possui, nesse último, o saber-fazer e autonomia própria (Vargas, 1979; Farah, 1988b e Cardoso, 1993), tornando o gerenciamento da produção mais suscetível à variabilidade.

Além disso, a construção apresenta ainda peculiaridades que historicamente dificultaram o gerenciamento em construção espelhado no gerenciamento de indústrias seriadas. Entre elas, pode-se destacar: (a) a confecção do produto edificação é geralmente feita no seu local de utilização final, e os materiais e demais insumos do processo construtivo devem necessariamente ser confeccionados no canteiro de obras ou transportados ao mesmo, caracterizando uma produção concentrada (Helene & Souza, 1988); (b) o mercado da construção é extremamente fragmentado (Villacreses, 1994), sendo essa fragmentação, segundo Dorfmann (1988), fruto da natureza artesanal e da estrutura de ofícios (operários especializados em ofícios de elevada habilidade) historicamente prevalecentes no subsetor; (c) há um grande número de intervenientes

no processo produtivo da construção, que influencia direta ou indiretamente a produtividade (Silva, 1986) e o gerenciamento do ciclo produtivo do subsetor; e (d) há também uma taxa elevadíssima de absenteísmo e rotatividade entre os operários que trabalham na construção (SESI, 1991), decorrente, por sua vez, principalmente das incertezas quanto ao ciclo de produção das construtoras ou de ações reativas, ao invés de pró-ativas, dessas últimas. Essas peculiaridades ainda coexistem na construção habitacional e, além delas, pode-se salientar ainda outros fatores contextuais que, ao longo da história do subsetor, também determinaram e continuam determinando o seu desenvolvimento lento, tanto tecnológico quanto gerencial. Pries & Janszen (1995) citam alguns desses fatores em nível internacional:

- A natureza única do produto determinou a inexistência de economias de escala e do efeito aprendizagem nas empresas, o que reprime os investimentos privados em novas tecnologias;
- O subsetor historicamente apresenta fracas proteções a patentes tecnológicas, intimidando a pesquisa e o desenvolvimento interno nas empresas;
- E o Estado, através de Leis e regulamentos técnicos (no Brasil representados principalmente pelo Código de Edificações dos municípios e Normas Técnicas prescritivas), tem exercido papel restritivo à introdução de inovações ao longo do tempo.

Não obstante, outro aspecto também importante nesse contexto é que o gerenciamento de construções habitacionais foi, por muitos anos, preterido pelos administradores de empresas tanto no Brasil quanto no exterior, passando a ser amplamente exercido por profissionais de formação técnica (engenheiros, arquitetos, etc.), os quais não possuem condições apropriadas de imprimir melhorias efetivas no desempenho em termos setoriais. As ações gerenciais, desse modo, geralmente eram voltadas exclusivamente para a aplicação de técnicas adaptadas de outros ramos industriais que se mostravam inaptas ou precariamente efetivas na construção, tais como a confecção de redes PERT/CPM, diagramas de Gantt e de orçamentos discriminados, faltando a esses últimos uma sistemática de coleta e processamento de informações mais adequada a sistemas de produção normalmente encontrados na prática das construtoras. Historicamente, por outro lado, essas ações gerenciais também relegaram a melhoria do gerenciamento a um segundo plano, sendo quase sempre prioritárias – e inclusive incentivadas pelo Estado - as pesquisas de caráter predominantemente técnico, tais como o desenvolvimento de novas tecnologias de edificação e testes de novos materiais (Thomaz, 1988).

Por outro lado, desde o início dos anos noventa, movimentos significativos dentro das empresas construtoras com relação ao gerenciamento em construção, originados do aumento

progressivo da competição, levaram as empresas a buscar novas estratégias corporativas e competitivas, entre as quais o investimento em qualidade e produtividade (Farah, 1993). Destacaram-se, desde então, iniciativas de racionalização da construção, conforme tendências apontadas por Farah (1988b) e Cardoso (1993), assim como a resolução de problemas mais específicos em diversas áreas do gerenciamento, como planejamento, gestão de suprimentos, medição da produtividade, entre outras. Nesse período, a pesquisa em gerenciamento da construção, no Brasil, passava das questões mais amplas (discussão sobre artesanato, mecanização, industrialização, etc.) para questões mais operacionais e mais específicas (planejamento, gestão de suprimentos, medição de produtividade, racionalização, etc.). Aplicavam-se em pesquisas e nas empresas principalmente ferramentas e premissas de gestão segundo a filosofia do TQC (*Total Quality Control*), então recentemente identificada e adotada por outros ramos industriais e tida como a razão do sucesso da indústria japonesa na época.

No exterior, por sua vez, a pesquisa e as preocupações com o gerenciamento em construção, no que diz respeito a alguns aspectos, desabrocharam muito antes, principalmente nos países europeus. Quanto ao estudo da função produção, por exemplo, aspectos como a medição de produtividade, planejamento e outros de mesma especificidade foram objeto de pesquisas realizadas nas décadas de sessenta e setenta principalmente, conforme os trabalhos de Nuttall (Nuttall, 1961 e Nuttall, 1965), Forbes (Forbes, 1969 e Forbes, 1977), Bishop (Bishop, 1968 e Bishop, 1972), todos do BRE/BRS (*Building Research Establishment/Building Research Station*) do Reino Unido, e Fine (Fine, 1977 e Fine, 1979), em trabalhos pela Universidade de *Reading* e de consultoria privada, na Inglaterra. Mais recentemente, a integração da pesquisa em gerenciamento em construção nos locais mais avançados do exterior com modernas filosofias e técnicas de administração tem sido cada vez mais consolidada. Já se realizou o desenvolvimento de pesquisas em inteligência artificial, realidade virtual, programas computacionais integrando planejamento, controle, orçamento, e outras funções; aplicações e desenvolvimentos de vários métodos de análise de tecnologias e de otimização da produção; sistemas automáticos de quantificação de insumos; estudos sobre a qualidade e segurança do trabalho na construção; e muitas outras, o que evidencia um grau bastante maduro em termos de avanço em pesquisa e conhecimento nessa área. Muitos desses aspectos já são abordados em pesquisas nacionais, embora em menor quantidade.

O gerenciamento em construção, entretanto, ainda se mostra pouco eficaz e pouco eficiente na realidade das empresas construtoras. Tanto no Brasil, onde os efeitos práticos de programas de melhoria da qualidade e produtividade e de pesquisas realizadas dentro da linha da gestão da qualidade são recentes (a primeira construtora a receber o certificado da série ISO 9000 no país foi em 1997), como no exterior, a construção continua demonstrando uma certa

dificuldade em atender às suas necessidades de desenvolvimento tecnológico e gerencial. Persiste um certo consenso quanto à necessidade do entendimento comum da natureza da construção nas mais variadas funções das empresas, e o desafio de gerenciar a organização do trabalho e o modelo de produção da construção contínua. Nesse sentido, há algum tempo, algumas pesquisas têm focado o desenvolvimento e o estabelecimento explícito de uma teoria para a construção. Desse esforço surgiu o conceito de construção enxuta, que é derivado da produção enxuta, por sua vez, uma teoria de administração que estabelece um novo paradigma de entendimento das ações, aplicável nas funções das empresas e inclusive nas cadeias produtivas como um todo. Essa última, por sua vez, se constitui num conjunto de conceitos e princípios criados a partir da observação e análise do Sistema Toyota de Produção (sistema de produção da empresa japonesa *Toyota Motors Company*), os quais se prestam, com algumas adaptações, para explicar com maior clareza o ato de construir. Desde 1992, quando surgiram esses novos conceitos, diversas pesquisas em gerenciamento em construção já foram realizadas considerando esse novo paradigma. Há, entretanto, muitos questionamentos ainda sendo trabalhados, inclusive envolvendo a própria denominação dos termos construção enxuta e produção enxuta.

A pesquisa em gerenciamento em construção e a atividade de gerenciar construções volta, assim, a uma questão inicial básica: a identificação e o esclarecimento da natureza da construção, buscando o estabelecimento de uma linguagem de entendimento comum entre todos intervenientes envolvidos. Dessa vez, porém, esse esforço envolve o desenvolvimento formal de uma teoria explicitada e dentro de um paradigma de entendimento da função produção que pode se tornar amplo e flexível o suficiente para abranger sua total complexidade.

1.2 TEMA DA PESQUISA

A pesquisa realizada envolveu diferentes aspectos da administração da produção e do gerenciamento em construção, tendo sempre como principal objeto de observação e análise a tecnologia de edificação, quer seja esta na forma de técnicas construtivas ou na forma de tecnologias de edificação tradicionais ou inovadoras. O tema da pesquisa compreende, assim, a gestão dos processos de produção, a gestão estratégica das operações, o gerenciamento da inovação tecnológica, o gerenciamento da seleção tecnológica e o entendimento da função produção da construção através do paradigma produtivo do Sistema Toyota de Produção e de sua tradução teórica adaptada à construção e denominada, como mencionado anteriormente, de construção enxuta.

A gestão dos processos de produção é bastante difundida na indústria seriada, sendo delegada principalmente à engenharia industrial. Medição de produtividade, inspeção, estudo dos

tempos e movimentos, mapeamento de processos produtivos, simulação e outras tarefas compreendem essa atividade. Na construção, a gestão de processos já envolveu a realização dessas tarefas também. Entretanto, na prática, sempre houve muitas dificuldades com a precisão, principalmente nas tarefas de simulação e mapeamento. O seu estudo, nessa pesquisa, envolve uma base mais ampla de conceitos da administração da produção.

A gestão estratégica das operações representa a ligação da administração da produção com a administração da corporação, estabelecendo conceitos, critérios e ferramentas para a formulação de estratégias de operações e sintonização das mesmas com as estratégias de competição, vendas e outras. O seu estudo também envolveu conceitos da administração da produção.

O gerenciamento da inovação tecnológica e o gerenciamento da seleção tecnológica são atividades incipientes ou quase inexistentes na prática das empresas construtoras. Entretanto, são de vital importância para a competitividade em diversos ramos industriais e de serviços, uma vez que colaboram com o aprimoramento da eficiência e da eficácia da produção e dos produtos no mercado. Na presente pesquisa foram incorporados alguns conceitos relacionados a essas atividades, buscando-se uma integração com os demais conceitos da administração da produção.

Finalmente, os novos conceitos e o novo modelo de produção propostos pelo desenvolvimento da teoria da construção enxuta buscam dar fundamento para o gerenciamento em construção de uma forma geral, envolvendo todos os seus aspectos. Teoria ainda em desenvolvimento e adaptação a partir de abstrações de Womack et al. (1992) sobre sistemas de produção da indústria automobilística, a construção enxuta propõe a existência de cadeias de fluxos compostos de atividades que agregam e que não agregam valor em todas as atividades das empresas e da cadeia produtiva. Ela abandona o paradigma da conversão e da produção em massa no estabelecimento de modelos de produção e considera novas realidades intrínsecas das atividades produtivas em geral, quer sejam elas desempenhadas na função produção, em outras funções da empresa ou nas interfaces entre empresas de um mesmo setor produtivo. Sua base conceitual e seus princípios, juntamente com os conceitos de estratégia de operações, gestão de processos, gerenciamento da inovação, gerenciamento da seleção tecnológica e algumas definições de Shingo (1989) sobre o Sistema Toyota de Produção, balizaram a interpretação, o desenvolvimento e a aplicação de muitos conceitos e ferramentas na pesquisa realizada.

O foco da pesquisa, por sua vez, foram a gestão de processos de produção e a sua relação com as características de tecnologias de edificação, buscando-se analisar e avaliar essas últimas segundo um prisma gerencial e, portanto, diferente do prisma de desempenho técnico (resistência dos materiais, isolamento térmico, isolamento acústico, etc.), historicamente mais pesquisado na área de construção no Brasil. A figura 1.1 ilustra os principais prismas que devem ser considerados na análise de novas tecnologias de edificação e sistemas construtivos, evidenciando o foco da pesquisa realizada.

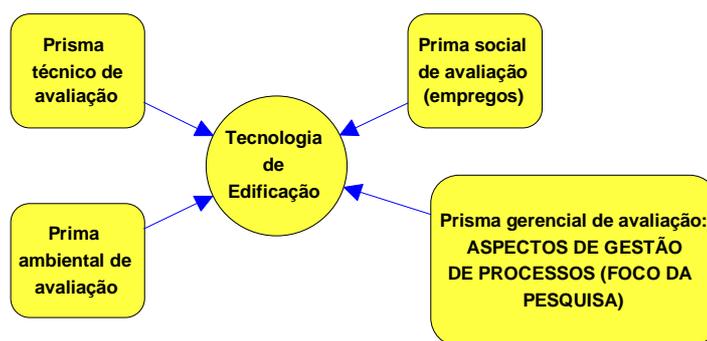


Figura 1.1: Foco da pesquisa e prismas de avaliação de tecnologias de edificação.

Dentre as pesquisas realizadas considerando o prisma gerencial para a avaliação de tecnologias de edificação, pode-se citar o método desenvolvido por Silva (1996), que analisa estrategicamente a seleção tecnológica segundo os custos de manutenção, focando o ponto de vista competitivo das empresas; e o método desenvolvido por Barros (1996), que fornece diretrizes para a implantação de novas tecnologias racionalizadas.

A gestão de processos de produção e sua relação com as características de tecnologias de edificação, por outro lado, representam um foco diferente e específico dentro desse prisma, exigindo a delimitação da avaliação apenas nas conseqüências dos processos intrínsecos e constantes dessas tecnologias na gestão dos processos de produção. Essa delimitação, por sua vez, decorreu do fato de que apenas os processos intrínsecos e constantes das tecnologias de edificação é que são passíveis de uma avaliação independente de fatores como o canteiro de obras, tipo de contrato, tipologia de edificação e outros que não são características das tecnologias de edificação, mas sim de empreendimentos específicos. A pesquisa realizada buscou, desse modo, elaborar um método de avaliação dessas tecnologias de edificação segundo esses processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação ou de sistemas construtivos.

A figura 1.2 ilustra exemplos de focos de análise do prisma gerencial de avaliação de tecnologias de edificação ou sistemas construtivos, enfatizando o objeto de avaliação do método desenvolvido na pesquisa.



Figura 1.2: Objeto de avaliação do método desenvolvido na pesquisa.

Por outro lado, a avaliação e o gerenciamento de tecnologias de edificação deve ainda considerar a formulação e utilização coerente de critérios segundo uma análise de desempenho estruturada nas exigências dos clientes e na formulação de requisitos de desempenho. A pesquisa realizada apoiou-se também, desse modo, na abordagem da avaliação de desempenho, que, segundo Souza (1988), possibilita a abertura do mercado para soluções inovadoras, permitindo a criação de tecnologias de edificação com novos materiais ou com métodos de execução mais simplificados. Essa abordagem é referenciada com maior profundidade no capítulo 4, tendo sido ela utilizada como um referencial de desenvolvimento do método elaborado. Sua utilização, entretanto, requereu a consideração de um contexto específico de pesquisa, e escolheu-se o segmento da construção de habitações de interesse social.

Esse segmento, por sua vez, constitui um problema social histórico no Brasil, que vem sendo agravado pelo crescente incremento da população urbana, cujo estímulo principal, até recente período, foram programas habitacionais de cooperativas e do Estado (Costa & Salgado, 1995). Estima-se que 80% da população brasileira estará vivendo em áreas urbanas no ano 2000, contrastando com os 73% de 1986 (IBGE, 1990).

Em termos históricos, contudo, o governo brasileiro tem tentado amenizar essa problemática. Desde a criação, em 1964, do BNH - Banco Nacional da Habitação - e da instituição do Sistema Financeiro da Habitação (SFH), algumas estratégias foram postas em prática. Inicialmente foram criadas agências públicas, que financiavam a construção de habitações de baixo custo com a utilização de diversos sistemas construtivos alternativos (Daniel, 1995). Depois realizaram-se programas de auto-ajuda, promovendo-se a auto-construção. Finalmente, nos anos oitenta, alocaram-se lotes urbanizados e se reurbanizaram favelas com a participação comunitária (Daniel, 1995). Então, em 1986, o BNH foi extinto, e o financiamento de habitações

de baixo custo ficou limitado a efêmeros financiamentos com recursos principalmente do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento) e da Caixa Econômica Federal (Baron & Martucci, 1995). Desde então tem havido a promoção de programas voltados ao desenvolvimento de novas tecnologias de edificação e sistemas construtivos voltados a esse segmento.

Em geral, as tecnologias de edificação voltadas para a construção de habitações de baixo custo levam em conta, na sua concepção, uma maior simplificação dos acabamentos da edificação, um grau maior de padronização dos elementos da edificação e do projeto e uma escala de produção sensivelmente maior que a de outros segmentos do subsetor edificações. Esse quadro facilita, em parte, a identificação de processos intrínsecos e constantes dessas tecnologias, sendo essa também uma razão para a consideração desse segmento como contexto e parte do tema da pesquisa.

1.3 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O aumento da competitividade tem exigido das empresas a consideração de valores específicos dos clientes e, também, o diferencial proporcionado pela administração eficaz da função produção, fazendo valer a formulação de uma estratégia de operações condizente com a estratégia de competição da empresa e que saliente as forças internas da função produção (Mariotto, 1995). Assim, dentro dessa nova realidade de mercado, as empresas devem conhecer e dominar cada vez melhor os seus processos de produção para continuarem competitivas (Mariotto, 1995). Além disso, a globalização crescente dos mercados e o surgimento constante de novos produtos, novas técnicas e novos sistemas construtivos (Silva, 1996) é uma realidade que endossa a competitividade baseada na função produção das empresas.

Nesse contexto, a seleção tecnológica administrada em todos os níveis (estratégico, tático e operacional) e enfocando aspectos de diferentes prismas de análise, tanto técnicos (resistência ao fogo, desempenho térmico, desempenho acústico, estanqueidade, etc.) quanto gerenciais (custos ao longo da vida útil, processo de implantação da tecnologia, implicações sobre a gestão de processos de produção, etc.), assume vital importância. O gerenciamento da inovação, essencial para a sobrevivência de empresas de qualquer ramo produtivo (Betz, 1987), deve, cada vez mais intensamente, ser internalizado na prática da construção habitacional, gerando, na medida do possível, uma continuidade regular de introdução de novidades que, de um lado, atendam necessidades identificadas ou criadas nos clientes e, de outro, melhorem a eficiência na produção de bens e serviços da empresa.

Atualmente, muitos fatores relacionados à inovação na construção já foram identificados e analisados por algumas pesquisas no Brasil e por diversas no exterior. Dentre as internacionais, pode-se destacar Tatum (1986 e 1988), Rosenfeld (1994), Slaughter (1993), que analisa as origens das inovações no subsetor, e Janszen & Pries (1995), que identificam os fatores do ambiente que influenciam no desenvolvimento tecnológico do setor. No Brasil, pode-se salientar Barros (1996), Silva (1996) e Amorim (1996). Esse último, por exemplo, identifica a inovação na organização da função produção como a mais importante dentre todas.

Por sua vez, a sobreposição da execução de fluxos de processos, operações e informações, intrínsecos de tecnologias de edificação e de sistemas construtivos, no canteiro de obras, prejudica, muitas vezes, a produção como um todo. Esse problema ocorre principalmente sob o ponto de vista da gestão de processos, fazendo com que a produtividade no canteiro seja baixa e dificultando a melhoria dos processos e das operações.

Esses fatos demonstram que se torna cada vez mais fundamental, portanto, a análise, a comparação, a seleção e o desenvolvimento de tecnologias de edificação segundo o foco dos processos de produção. No entanto, há uma certa carência de abordagens desse foco específico no caso da construção habitacional, levando-se em conta ainda os novos conceitos de administração da produção introduzidos pela teoria da construção enxuta.

O problema de pesquisa considerado, desse modo, é a inexistência de um método científico baseado em requisitos e critérios de desempenho para a análise dos efeitos dos sistemas construtivos ou tecnologias de edificação sobre os processos no canteiro de obras. Esse fato justifica, em parte, a falta de consideração desses aspectos por parte dos encarregados pela produção no momento da escolha ou mesmo concepção da tecnologia de produção a ser utilizada.

Outras justificativas para a realização dessa pesquisa residem principalmente na necessidade de definição ou esclarecimento de alguns conceitos específicos relacionados com a gestão de processos, construção enxuta, gerenciamento da inovação e seleção tecnológica no subsetor edificações brasileiro.

1.4 OBJETIVOS E HIPÓTESES DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo Principal

- Desenvolver um método de avaliação que auxilie a seleção tecnológica para a produção de habitações de interesse social tendo como foco a gestão de processos de produção.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as necessidades de desempenho em gestão de processos de produção de tecnologias de edificação voltadas à produção de habitações de interesse social;
- Desenvolver indicadores de desempenho para avaliar os efeitos de tecnologias de edificação ou sistemas construtivos destinados à habitação de interesse social sobre a gestão de processos de produção.

1.4.3 Hipótese de Trabalho

- “Pode-se desenvolver um método de avaliação de tecnologias de edificação ou sistemas construtivos em relação à gestão de processos através da utilização de indicadores de desempenho, considerando-se princípios da construção enxuta e objetivos competitivos da empresa, que seja relativamente simples de se aplicar.”

1.5 MÉTODO DA PESQUISA E SUAS PRINCIPAIS ETAPAS

A pesquisa realizada foi dividida em três fases distintas. A primeira fase foi constituída por uma investigação na bibliografia referente ao tema e por entrevistas realizadas com especialistas em construção, gerenciamento e sistemas construtivos. A segunda fase, por sua vez, compreendeu a aplicação prática de ferramentas de mapeamento e análise de processos, realizada através de um estudo piloto. Finalmente, a terceira fase da pesquisa envolveu a proposição final do método de avaliação de tecnologias de edificação do ponto de vista da gestão de processos e sua validação através de um estudo de caso realizado em três canteiros de obras para avaliar duas tecnologias de edificação.

A estratégia da primeira fase, segundo Yin (1994), pode ser classificada como “pesquisa de investigação”. Esse tipo de pesquisa, de acordo com o mesmo autor, foca eventos contemporâneos sem a necessidade de controlar o comportamento dos mesmos e buscando responder às questões “quem?”, “o que?”, “onde?” e “quanto?”, isto é, possui o objetivo principal de “caracterizar uma verdade existente”. No caso dessa fase, procurou-se caracterizar as necessidades de desempenho de tecnologias de edificação ou de sistemas construtivos segundo a gestão de processos. A estratégia das segunda e terceira fases, por outro lado, pode ser classificada, também segundo Yin (1994), como “pesquisa de estudo de caso”. Essa estratégia é idêntica à anterior, com exceção das questões principais a que ela se dedica a responder. Essas questões são principalmente “como?” e “por quê?”. No caso da segunda fase, foi pesquisado o comportamento das ferramentas de mapeamento e análise de processos, e, no da terceira, o comportamento do método desenvolvido.

Abaixo estão as principais etapas da pesquisa realizada:

➤ Primeira fase:

- a) Revisão bibliográfica sobre conceitos básicos abordados;
- b) Realização de coleta de dados em campo sobre o objeto de estudo da pesquisa (entrevistas com especialistas em gerenciamento em construção e em sistemas construtivos);
- c) Formulação de requisitos de desempenho em gestão de processos para tecnologias construtivas;

➤ Segunda fase:

- d) Análise de ferramentas e técnicas disponíveis para mapeamento dos processos de produção;
- e) Realização de estudo piloto para avaliar a aplicabilidade das técnicas e das ferramentas selecionadas;

➤ Terceira fase:

- f) Desenvolvimento de critérios de desempenho em gestão de processos para sistemas construtivos ou tecnologias de edificação e consolidação do método desenvolvido;
- g) Realização de estudo de caso;
- h) Análise dos resultados do estudo de caso, do atendimento dos objetivos da pesquisa e discussão da hipótese de pesquisa.

1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa restringiu-se principalmente:

- Ao estudo de conceitos, filosofias, paradigmas, modelos, sistemas, técnicas, ferramentas e teorias da administração da produção;
- Ao estudo do gerenciamento da inovação e gerenciamento da seleção tecnológica;
- Ao estudo de conceitos, sistemas, técnicas, ferramentas e métodos de gerenciamento em construção, com ênfase na gestão de processos de produção;

- À realização de algumas entrevistas para a coleta de dados, de um estudo piloto para o teste de ferramentas de mapeamento de processos e de um estudo de caso em duas tecnologias de edificação diferentes; e
- Ao contexto da produção de habitações de interesse social no subsetor edificações da construção civil.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está dividido em 9 seções:

- **Capítulo 1:** apresenta o tema, a justificativa, os objetivos, a hipótese o resumo do método e as limitações da pesquisa realizada;
- **Capítulo 2:** apresenta uma revisão bibliográfica sobre a administração da produção, gestão de processos e construção enxuta, estabelecendo algumas definições;
- **Capítulo 3:** apresenta uma revisão bibliográfica sobre o gerenciamento da inovação tecnológica e a seleção de tecnologias, estabelecendo algumas definições;
- **Capítulo 4:** descreve as etapas, as ferramentas e técnicas da pesquisa realizada;
- **Capítulo 5:** apresenta os resultados das duas primeiras fases da pesquisa;
- **Capítulo 6:** descreve o método desenvolvido para a avaliação de tecnologias de edificação para a habitação de interesse social do ponto de vista da gestão de processos;
- **Capítulo 7:** apresenta e comenta os resultados obtidos no estudo de caso realizado com a aplicação do método de avaliação desenvolvido;
- **Capítulo 8:** apresenta as considerações finais do trabalho, verificando o atendimento dos seus objetivos, a validação do método desenvolvido, a validação das hipóteses da pesquisa e as possibilidades de estudos futuros relacionados ao tema da pesquisa;
- **Referências Bibliográficas:** lista as bibliografias utilizadas nessa dissertação e na pesquisa;
- **Anexos:** contém informações adicionais sobre diferentes etapas da pesquisa.

2 A ADMINISTRAÇÃO DE OPERAÇÕES E A GESTÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL

Esse capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre diferentes aspectos da administração de operações e da gestão de processos. São apresentados conceitos fundamentais, destacando-se a aplicação dos mesmos na construção habitacional. E, a fim de situar o trabalho em relação aos novos paradigmas de entendimento e administração da função produção, faz-se referência também à evolução dos conceitos da “produção enxuta” e da “construção enxuta”.

2.1 A ADMINISTRAÇÃO DE OPERAÇÕES

Um dos principais aspectos relacionados à avaliação e à seleção de novos sistemas construtivos ou tecnologias de edificação, levando-se em conta a gestão de processos como o foco de avaliação, é o entendimento do contexto gerencial em que esta última se enquadra. Nesses termos, torna-se essencial o conhecimento e entendimento de conceitos, sistemas e técnicas de administração da produção, ou, mais recentemente, administração de operações, englobando, essa última denominação, o gerenciamento da função produção tanto do setor industrial como do setor de serviços (Martins & Laugeni, 1998).

Segundo Slack et al. (1997), a administração de operações trata da maneira pela qual as organizações gerenciam a função produção, sendo esta última representada pela reunião de recursos destinados à produção de bens e serviços pela empresa. Krajewski & Ritzman (1992), por sua vez, estabelecem que o termo “administração de operações” refere-se à sistemática direção e controle das operações que transformam recursos em bens ou serviços. A figura 2.1 ilustra um modelo geral de administração de operações, proposto por Slack et al. (1997). Segundo esse modelo, seus principais elementos, no âmbito da função produção, são o projeto, o planejamento e controle e o melhoramento. Já no âmbito da organização, há o destaque para a identificação do papel e posição competitiva da função produção, para a definição de objetivos estratégicos da mesma e para a formulação de uma estratégia de operações. Finalmente, no plano econômico-social do setor de atuação da empresa, os principais elementos da administração de operações são os recursos e informações disponíveis e os próprios bens e serviços executados pela empresa.

O gerenciamento do projeto do sistema de produção, conforme Slack et al. (1997), trata principalmente da organização da atividade de conceber a produção, da escolha entre opções e alternativas de produtos e de processos produtivos, da consideração de aspectos como o volume e variedade de produtos a serem produzidos, das decisões dentro dos estágios do processo de

projeto, da união entre o projeto do produto e o projeto do processo de produção do mesmo, do nível de integração vertical em relação ao gerenciamento de suprimentos, da localização da produção, da capacidade de produção, do arranjo físico das operações, das tecnologias a serem utilizadas nas diferentes etapas do processo de produção e também de questões relativas à organização do trabalho da função produção. Esses aspectos do gerenciamento do projeto são relativos principalmente às categorias de decisão da administração estratégica de operações, segundo Zacarelli (1990).

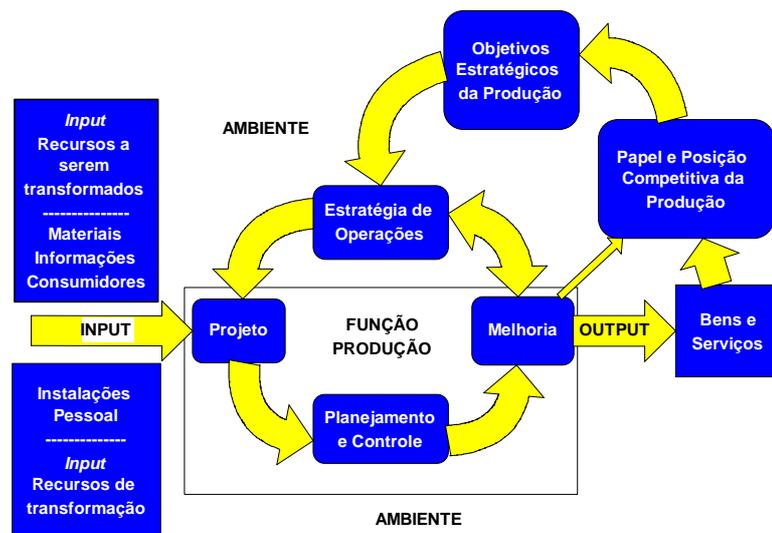


Figura 2.1: Modelo geral da administração de operações (Fonte: Slack et. al., 1997).

Por sua vez, o gerenciamento do planejamento e do controle da função produção trata principalmente da adoção e implementação de sistemas de administração da produção (SAPs), visando o monitoramento e o controle das operações, principalmente no que se refere à gestão de materiais. Exemplos conhecidos de “SAPs” para o gerenciamento do planejamento e controle da função produção são o MRP (*Materials Requirements Planning*), o MRP 2 (*Manufacturing Resources Planning*), o Kanban (considerado como uma operacionalização do *Just in Time*) e o OPT (*Optimized Production Technology*). Outros aspectos ligados ao gerenciamento do planejamento e controle são o planejamento e controle de projetos e o planejamento e controle da qualidade.

O gerenciamento do melhoramento, por fim, trata principalmente da aplicação de procedimentos, técnicas e ferramentas que garantem a continuidade das operações na função produção e que possibilitem a busca contínua pelo melhoramento de todos os aspectos. Nesse sentido, são adotados padrões de desempenho, medidas de desempenho, procedimentos e métodos como o PDCA (planejar, fazer, checar e agir) e o TPM (manutenção produtiva total) e

também são adotados princípios como a melhoria contínua e a prática do *benchmarking*. Esse aspecto da administração da função produção lida ainda com conceitos e ferramentas da administração da qualidade total (TQM), segundo o modelo de Slack et al. (1997).

Vital para o sucesso das empresas, por outro lado, são as questões referentes à estratégia competitiva baseada na função produção, bem como a formulação e implementação de uma adequada estratégia de operações (Slack et al., 1997 e Corrêa & Gianesi, 1996). Nesse sentido, a fim de esclarecer uma relação dos principais elementos da administração de operações com aspectos da avaliação de sistemas construtivos sob o ponto de vista da gestão de processos, cinco pontos merecem destaque e são analisados no contexto do subsetor edificações:

- A gestão de processos e a análise de valor;
- A importância estratégica da função produção;
- Sistemas de administração da produção e Logística;
- As contribuições da produção enxuta para a gestão de processos na construção;
- E um breve histórico sobre estudos já realizados no subsetor edificações com relação à gestão de processos.

A seguir, são realizadas considerações sobre esses pontos.

2.2 A GESTÃO DE PROCESSOS E A ANÁLISE DO VALOR

O termo gestão de processos refere-se ao gerenciamento das funções baseado em processos, seu mapeamento e aprimoramento. No caso específico da função produção, o objeto de estudo são os processos de produção existentes. As principais técnicas para o gerenciamento baseado em processos, por sua vez, envolvem principalmente a utilização de fluxogramas e outras representações gráficas similares, com o uso intensivo, nos casos de simulação, de programas de computadores.

Segundo Ishiwata (1991), a gestão de processos, do ponto de vista da engenharia industrial, é um grupo de abordagens que podem ser utilizadas para eliminar o desperdício, inconsistências e irracionalidades do ambiente de trabalho, possibilitando o provimento de bens e serviços de alta qualidade e de maneira fácil, rápida e barata. Esse conceito familiariza-se com o conceito de análise do valor, que Csillag (1986) define como “uma abordagem muito original para reduzir custos de produção de bens e serviços, consistindo basicamente em identificar as funções de determinado produto, avaliá-las e finalmente propor uma forma alternativa de desempenhá-las a um custo menor que o da maneira conhecida.”

No que diz respeito às abordagens da gestão de processos, Ishiwata (1991) propõe o agrupamento das mesmas em abordagens para o melhoramento de métodos e abordagens para a mensuração do trabalho, conforme segue:

- Abordagens para o melhoramento de métodos:
 - Análise de processos;
 - Estudo dos movimentos;
 - Arranjo dos equipamentos e do transporte.
- Abordagens para a mensuração do trabalho:
 - Estudo dos tempos.

As abordagens para o melhoramento dos métodos, segundo Ishiwata (1991), voltam-se para a análise dos fluxos dos processos e operações, possibilitando a identificação de desperdícios e de inconsistências, e as abordagens para a mensuração do trabalho voltam-se para medir o tempo das operações. Ishiwata (1991) propõe ainda um modelo de melhoramento dos processos, que inclui as seguintes etapas:

- a) Ocorrência e descobrimento do problema: utilização de técnicas de reunião de grupo, tais como os círculos de controle da qualidade; utilização de dados estatísticos de indicadores da produção; e utilização de listas de verificação que englobem aspectos referentes à produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e motivação do pessoal;
- b) Análise das condições atuais: aplicação de ferramentas como o 5W1H (o quê, quem, por quê, onde, quando e como) para diagnóstico de todas as atividades; uso de dados quantitativos para a descrição de problemas específicos; e uso de linguagem gráfica para informar os problemas;
- c) Identificação dos principais problemas: conscientização de onde se encontram os três grandes problemas¹ em todos os níveis e estágios dos processos produtivos através de reuniões de grupos para avaliar os dados obtidos nas etapas 1 e 2 anteriores;
- d) Elaboração de um plano de melhoramento: estabelecer os pontos de melhoramento e especificar as ações a serem tomadas, levando-se em conta os princípios principais do melhoramento de processos, que compreendem: (i) eliminar processos sempre que possível; (ii) Simplificar os processos necessários; (iii) Combinar os processos (fundir)

¹ Nas empresas japonesas, os três grandes problemas são conhecidos como os três grandes “mus” (“muda, mura e muri”), que querem dizer desperdício, irracionalidade e inconsistência.

sempre que possível; e (iv) alterar a seqüência dos processos (ex.: aumentar a eficiência fazendo um processo posterior com antecedência);

- e) Implementar e avaliar o plano de melhoramento: colocar as ações planejadas em prática, realizando todos os treinamentos necessários;
- f) Medidas de monitoramento: acompanhar as mudanças utilizando táticas como a padronização, entre outras, para garantir o sucesso do plano elaborado;
- g) Recomeçar na etapa 1 novamente.

A análise de processos, por sua vez identificada como uma das abordagens para o melhoramento de métodos e tema dessa pesquisa, pode ser definida como “o estudo sistemático de atividades e fluxos de cada processo para o aprimoramento do mesmo” (Krajewski & Ritzman, 1992). Ishiwata (1991), nesse sentido, classifica a análise de processos em quatro tipos diferentes:

- **Análise de processos do produto**: centrada nos fluxos dos bens e materiais da produção e indicada para o estudo da forma de como o produto é confeccionado;
- **Análise de processos do operador**: centrada no estudo e melhoramento dos movimentos do operador e indicada para estudos de ergonomia no trabalho;
- **Análises de processos híbridas**: (1) análise homem-máquina, centrada no estudo e melhoramento da interação homem-máquina; (2) análise de operações híbridas, centrada no estudo e melhoramento da maneira como diversos operários trabalham juntos;
- **Análise de processos administrativos**: centrada na forma como as tarefas administrativas e de escritório são realizadas (processos de compras, de tomada de decisões, etc.).

Um aspecto essencial para a análise de qualquer processo, conforme a classificação acima, é o estabelecimento de uma nomenclatura gráfica padronizada, com símbolos e regras de apresentação claras, de forma a possibilitar o seu mapeamento eficaz. O quadro 2.1 demonstra os principais símbolos de representação gráfica dos processos, e o quadro 2.2 apresenta símbolos complementares.

Quadro 2.1: Símbolos gráficos para o mapeamento de processos (Fonte: Ishiwata, 1991).

N.º	Etapa básica	Etapa específica	Símbolo	Significado	Comentário
1	Operação	Operação	○	Altera a forma ou outras características de um material, subproduto ou produto	

Quadro 2.1: Símbolos gráficos para o mapeamento de processos (Fonte: Ishiwata, 1991) – continuação.

N.º	Etapa básica	Etapa específica	Símbolo	Significado	Comentário
2	Transporte	Transporte	○ →	Muda a localização de um material, subproduto ou produto	O símbolo de transporte é um círculo com a metade do diâmetro do círculo utilizado para a operação. Uma seta pode ser utilizada em seu lugar, sendo que sua direção não indica a direção de transporte
3	Retenção	Estoque	τ	Acumulação programada de materiais, partes ou produtos	
4	Retenção	Atraso	⊖	Acumulação não planejada de materiais, partes ou produtos	
5	Inspeção	Inspeção de volume	□	Medição de quantidades de materiais, partes ou produtos para a comparação com a quantidade especificada	
6	Inspeção	Inspeção de qualidade	∪	Testes e inspeções visuais de materiais, partes ou produtos para a comparação com padrões de qualidade	

Quadro 2.2: Símbolos gráficos complementares para o mapeamento de processos (Fonte: Ishiwata, 1991).

N.º	Nome do Símbolo	Símbolo	Significado	Comentário
1	Linha de fluxo	§	Descreve a seqüência das etapas básicas	Se a seqüência de relação das etapas é complicada, deve-se usar setas indicando os sentidos do fluxo
2	Divisão	≡	Indica a divisão de responsabilidade para a facilidade de desenho	
3	Omissão	=	Indica a abreviação de parte do fluxo de processo	

As ferramentas voltadas à gestão de processos são muitas e algumas são extremamente complexas, envolvendo, como anteriormente mencionado, diferentes modelos de simulação dos processos em casos específicos. Para a análise de processos, mais especificamente, há ferramentas de mapeamento bastante conhecidas, entre elas os fluxogramas de processos, os diagramas de processos, os diagramas de atividades múltiplas (diagrama homem-máquina) e as análises “V-A-T”. A seguir, seguem descrições simplificadas a respeito de cada uma dessas ferramentas:

- **Fluxogramas de processos:** traça os fluxos de pessoas, equipamentos ou materiais de um determinada atividade (Krajewski & Ritzman, 1992);
- **Diagramas de processos ou operações:** é uma maneira organizada de registrar todas as atividades desempenhadas por uma pessoa e por uma máquina, num posto de trabalho (diagrama de operações) ou pelos materiais (diagrama de processos). As atividades podem ser classificadas como transporte, operação, inspeção, atraso ou

estocagem, com registro de observações, tempo gasto e distâncias percorridas (Krajewski & Ritzman, 1992);

- **Diagramas de atividades múltiplas:** é uma maneira organizada de registrar todas as atividades desempenhadas por mais de um objeto de análise, podendo ser uma pessoa e uma máquina ao mesmo tempo. Registra dados como a utilização da máquina, produtividade da pessoa e outros (Krajewski & Ritzman, 1992);
- **Análises “V-A-T”:** são classificações de relações causa-efeito que possibilitam um mapeamento mais adequado, conforme a configuração das precedências da produção (forma de “V”, “A” ou “T”). É uma técnica originária do sistema *Optimized Production Technology* de administração da produção (Umble, 1992).

A análise do valor, por sua vez, conforme as abordagens de gestão de processos apresentadas anteriormente por Ishiwata (1991), pode ser considerada como um sistema de analisar processos e, portanto, auxiliar na gestão dos mesmos. O seu foco principal, entretanto, é a identificação da função de cada atividade e de seu respectivo valor e eficiência (Santos, 1992). Nesse sentido, para se utilizar a análise de valor na gestão de processos, faz-se necessário a compreensão, em primeiro lugar, do significado de “valor”.

Segundo Csillag (1986), a definição de valor possui significados diferentes conforme o propósito do que é avaliado e conforme o prisma de avaliação do mesmo. Destaca ainda que Aristóteles estabeleceu sete classes para o significado de valor, sendo elas: valor econômico, valor político, valor social, valor estético, valor ético, valor religioso e valor judicial. O valor econômico, classe mais familiar com a análise de processos, é ainda classificado em valor de custo, valor de uso, valor de estima e valor de troca, configurando, portanto, variados prismas de análise do valor. Para o propósito da análise do valor na gestão de processos, por outro lado, Csillag (1986) propõe como conceito de valor como “o valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente e, portanto, é o índice final do valor econômico.”

Assim, a análise de valor aplicada à gestão de processos envolve a investigação do valor econômico de cada função, sendo essa última definida, também por Csillag (1986), como “a característica de desempenho a ser possuída por um item ou serviço para funcionar ou vender.”

O plano de trabalho das técnicas de análise de valor aplicada à gestão de processos, por sua vez, dá-se da seguinte forma:

- Qual é o item ?
- O que desempenha o item ?

- Quanto custa o item ?
- De que outra maneira pode ser feita a função ?
- A que custo ?

Percebe-se, desse modo, que a análise do valor considera os princípios gerais de melhoramento de processos na prática da análise dos processos, conforme salientado no item 4 do modelo proposto por Ishiwata (1991). Entretanto, há uma característica substancial na utilização dessa abordagem: a ênfase no custo, conforme a definição de valor aplicada à gestão de processos apresentada.

Essa ênfase em custo nem sempre é o objetivo principal das análises de processos e também não é o objetivo principal da avaliação de tecnologias de edificação proposto pelo método desenvolvido. Esse último, por sua vez, foca principalmente as precedências inerentes por essas tecnologias em termos de processos intrínsecos e constantes de produção ao invés do custo específico dos mesmos, razão pela qual não se considerou com maior profundidade os conceitos da análise do valor nessa pesquisa.

2.3 A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA FUNÇÃO PRODUÇÃO

Ainda no final da década de 60, Skinner (1969) chamou a atenção ao evidenciar, que a função produção e todo o seu corpo técnico e gerencial não possuía uma ligação efetiva com o resto da corporação, influenciando muito pouco, portanto, na definição das estratégias competitivas e de negócios, entre outras. Nesse mesmo trabalho, Skinner destacou também a influência estratégica da função produção e apresentou um método para a definição da política de produção, que levava em conta aspectos de competitividade, fatores industriais, recursos internos e a estratégia global da empresa, entre outros. Listou, ainda, algumas das principais categorias de decisão referentes à produção, denominados, na época, de *trade-offs*², que se referiam à planta e equipamento utilizados, ao planejamento e controle da produção, aos recursos humanos, ao projeto do produto e engenharia utilizada e à organização e gerenciamento da produção.

Muitos anos mais tarde, Wheelright (1984) novamente relacionou a função produção com a competitividade das empresas, identificando as *driving forces* (filosofia e forças que ajudam no atendimento de metas, planos e políticas, com o apoio consciente e inconsciente em todos os níveis da organização) e alguns aspectos fundamentais da estratégia de operações que elas

²O conceito de *trade-off* envolvia a escolha por determinados desempenhos que a função produção deveria apresentar nas categorias de decisão apresentadas por Skinner (1969). Mais recentemente, entretanto, esse conceito tem sido substituído pelo conceito de desempenho relativo, em que não há o abandono total de determinadas opções relativas à função produção, mas sim uma priorização, denotando um desempenho relativamente superior em uma determinada característica de desempenho que outra.

determinam, tais como uma orientação dominante, um modelo de diversificação e perspectivas de crescimento. Wheelright salientou também que as *driving forces* devem se harmonizar com as prioridades competitivas escolhidas pela empresa. Nesse sentido, citou e analisou oito categorias de decisão que devem ser consideradas numa estratégia de operações, sendo elas: a capacidade de produção, as instalações para a produção, a tecnologia a ser utilizada na produção, o nível de integração vertical, a política de recursos humanos, a qualidade do produto, o planejamento da produção e do controle de materiais e a organização da produção. Logo em seguida, Hayes & Wheelright (1985) explicitaram claramente a relação entre a estratégia de operações com o nível de competitividade da empresa através da definição de quatro estágios diferentes em que as empresas podem se situar referente ao aproveitamento estratégico da função produção: internamente neutra, externamente neutra, apoiada internamente e apoiada externamente. Nessa classificação, Hayes e Wheelright estabeleciam que:

- **Estágio 1 (internamente neutro):** nesse estágio as empresas buscam minimizar os efeitos negativos da função produção chamando especialistas para resolverem problemas internos. Em geral, são empresas reativas e a função produção é controlada e monitorada de forma primária;
- **Estágio 2 (externamente neutro):** as empresas buscam aplicar as práticas do setor, mantendo um estágio de igualdade competitiva dentro do mesmo. Em geral são empresas que investem o necessário para se manter atualizadas, e seus investimentos na função produção consideram um horizonte curto, como a duração de um contrato específico;
- **Estágio 3 (apoiada internamente):** as empresas estabelecem uma estratégia de operações condizente com a estratégia de negócios. Há a busca sistemática por evoluções na função produção em horizontes longos;
- **Estágio 4 (apoiada externamente):** as empresas buscam o estabelecimento de vantagens competitivas baseadas na função produção. Investem em pesquisa e desenvolvimento e tentam antever novas tecnologias e seus potenciais. Há o investimento de longo prazo para a capacitação com antecedência. São empresas pró-ativas, que ditam os rumos de seus setores.

A partir da introdução desses conceitos fundamentais, a função produção ganhou destaque nas empresas, sendo muitas vezes a determinante da vantagem competitiva. Começaram a aparecer, desse modo, diversos trabalhos científicos como o de Hill (1992), que evidenciou algumas causas da crescente perda de competitividade das empresas dos Estados Unidos durante a década de oitenta, entre as quais estavam o crescimento demasiado do *marketing* em detrimento

da perda de importância da função produção a partir de 1970 e o pouco conhecimento da alta gerência sobre a função produção. Hill (1992) identificou ainda outras causas importantes da não incorporação de questões da função produção nas estratégias organizacionais das empresas, como o comportamento reativo dos gerentes de produção, a falta de envolvimento do gerente de produção nas decisões estratégicas, a deficiência na comunicação entre a função produção e a alta gerência e o foco estratégico somente no meio externo, deixando a função produção somente com a tarefa de produzir. Skinner (1992), em novo trabalho, também identificou alguns pontos falhos semelhantes na ligação da função produção com a estratégia corporativa da empresa. Entre esses pontos, pode-se destacar a falta de gerentes capazes de implementar uma estratégia corporativa envolvendo aspectos da função produção e, ainda, a falta de estruturas organizacionais favoráveis à participação mais efetiva da função produção em termos de relevância no contexto final da estratégia global formulada. Nessa mesma publicação, Skinner apresentou algumas idéias básicas que constituem premissas da estratégia de operações:

- A produção pode tornar-se uma grande fonte de competitividade se projetada e operada de maneira apropriada;
- Objetivos focados apenas em custo, eficiência e produtividade são estreitos demais e podem ser prejudiciais para o estabelecimento de vantagens competitivas;
- Deve-se considerar sete objetivos principais de desempenho da produção: custo, eficiência e produtividade; tempos totais de entrega; qualidade; serviço e confiabilidade; flexibilidade de mudança de produto (flexibilidade de produto); flexibilidade de mudança de volume de produção (flexibilidade de volume de produção); e o investimento requerido pelo sistema de produção;
- Um objetivo focalizado da produção deve ser baseado em apenas um ou dois dos objetivos de desempenho e é derivado da estratégia competitiva da empresa;
- Para se atingir o objetivo focalizado deve-se ajustar o sistema de produção para aquele objetivo;
- A tarefa principal dos gerentes de produção é o projeto da estrutura da produção, que deve ser estratégico e tornar a função produção uma arma competitiva;
- A estrutura de um sistema de produção é derivada de decisões como comprar ou fazer (grau de integração vertical), capacidade de produção e das demais decisões referentes às categorias de decisões identificadas por Skinner (1969) e Wheelwright (1984), anteriormente citadas.

Quanto à relação da estratégia de operações com a competitividade da empresa, mais especificamente, Contador (1995a, 1995b) salienta que as empresas devem identificar seus “campos de competição” e então capacitar e aprimorar as “armas da competição”. Conforme o autor, nesses dois trabalhos, entende-se por:

- **Campos da Competição:** aspectos em que se pode estabelecer uma competição, tais como preço, produto (projeto, qualidade, variedade e novidade), prazo, assistência (antes, durante e após a venda) e imagem;
- **Armas da competição:** formas de competir dentro de cada um dos campos da competição.

Contador (1995b) identifica ainda as cinco principais maneiras de melhorar a competitividade, sendo elas: aumento da produtividade, melhoria da qualidade no processo, desenvolvimento tecnológico, redução de estoque e capacitação de recursos humanos. Garvin (1987), por sua vez, salienta a importância do aspecto qualidade no aumento da competitividade da empresa, propondo que a competição seja primordialmente calcada em dimensões diferentes de qualidade (performance do produto, características secundárias do produto, confiabilidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida).

Outro aspecto da estratégia de operações que merece atenção é o conceito de flexibilidade na função produção, que, segundo Corrêa & Slack (1994), é um fator importante para se lidar com as incertezas, uma vez que é derivada da necessidade do sistema de produção de fornecer variabilidades de saída. A definição de flexibilidade na função produção, por sua vez, pode ser acatada como “a medida da habilidade da função produção para reagir de maneira eficaz às mudanças não planejadas” (Corrêa & Slack, 1994).

Há, também segundo Corrêa & Slack (1994), cinco tipos de flexibilidade que devem ser consideradas: flexibilidade de novos produtos (capacidade de confecção de novos produtos de forma eficaz), de *mix* de produtos (capacidade de produzir, em determinado intervalo de tempo, a maioria dos diferentes produtos ofertados pela empresa), de volume de produção (capacidade de alterar níveis agregados de produção), de entrega (capacidade de alterar as datas de entrega do produto) e de robustez (capacidade de resposta a problemas da produção, tais como disponibilidade de insumos ou recursos). Já a implementação de um sistema de produção flexível, deve analisar, segundo Suarez et al. (1995), principalmente a tecnologia de produção, as técnicas de gerenciamento da produção adotadas, as relações da empresa com os fornecedores e subcontratados, o gerenciamento dos recursos humanos e o processo de desenvolvimento do produto. A importância estratégica da flexibilidade na função produção, por sua vez, é a possibilidade da introdução de uma postura pró-ativa pela empresa no seu ramo de negócios,

tornando a produção capaz de introduzir incertezas com as quais os concorrentes não podem lidar (Gerwin, 1993).

Os descobrimentos, esclarecimentos e conceitos desenvolvidos ao longo dos últimos 30 anos a respeito da importância estratégica da função produção e do desenvolvimento de estratégias de operações envolvem ainda muitos outros aspectos. Entretanto, no subsetor edificações, há uma certa falta de conhecimento dessa importância e desses conceitos. Formoso et al. (1996) identificaram incoerências entre os objetivos competitivos de empresas construtoras de pequeno porte e suas ações em relação a função produção. Constataram, por exemplo, que empresas construtoras que produziam edificações com alto padrão de acabamento (competindo em qualidade do produto) subcontratavam operários, o que não é indicado, pois essa prática leva justamente a priorizar prazos de execução, ao contrário da qualidade do serviço. Carvalho & Fensterseifer (1996), constataram, por sua vez, que há falta de estratégias competitivas explicitadas no subsetor, e Cunha et al. (1995) afirma que “as estratégias explícitas ou implícitas postas em prática pelas empresas construtoras parecem, em geral, não seguir qualquer conceito teórico de administração de empresas.” Por fim, Silva (1996) constata que, apesar do subsetor edificações estar vivendo uma época de crescente aumento da competitividade e de ameaça de novos entrantes oriundos de países vizinhos, muitas decisões relativas à função produção ainda são tomadas sem qualquer planejamento ou perspectiva futura. Esse problema também foi verificado por Palacios & Villacreses (1994).

Dentre as principais ações estratégicas que as construtoras de habitações têm adotado em relação à função produção, pode-se destacar o “enxugamento” das empresas (Cardoso, 1993). Esse “enxugamento”, segundo Silva (1996), vem sendo efetuado principalmente pela introdução de materiais com maior valor agregado (armaduras de aço pré-armadas, argamassas pré-misturadas, etc.), o que retira funções produtivas das empresas construtoras, e também pelo deslocamento de atividades do canteiro para centrais de produção (*kits* hidráulicos e elétricos, fôrmas prontas, elementos pré-moldados, etc.). Formoso et al. (1996), por sua vez, identificaram as principais ações implícitas de construtoras de pequeno porte em Porto Alegre, apresentadas no quadro 2.3 segundo as categorias de decisão de estratégias de operações citadas pelas empresas.

Analisando-se essas ações de empresas construtoras, por sua vez, pode-se verificar uma certa tendência pela opção do desenvolvimento incremental da tecnologia, que requer basicamente o treinamento e motivação da mão de obra como principais medidas em relação aos recursos humanos. Essa opção, entretanto, apesar de estar fortemente relacionada com a decisão de manter a capacidade de produção, tem suas justificativas fundamentadas na cultura da construção (Farah, 1993). Continua-se ainda a evitar decisões que enfrentem a questão do

modelo de produção baseado em ofícios, conforme verificado por Dorfmann (1988), mantendo-se, na essência, a mesma maneira de produzir edificações. Essa prática, por sua vez, dificulta a adoção de estratégias em relação ao gerenciamento da tecnologia que possibilitem reduzir a variabilidade na construção, uma vez que intensificam a fragmentação do mercado e evitam o confronto com aspectos culturais do modelo de produção da construção habitacional.

Quadro 2.3: Principais decisões estratégicas em relação à função produção de empresas construtoras de pequeno porte de Porto Alegre – RS (Fonte: Formoso et al., 1996).

Categoria de Decisão	Edificação Para a Classe A	Edificação Para a Classe B
Capacidade de Produção	Manter	Manter
Tecnologia	Desenvolvimento incremental	Desenvolvimento incremental Desenvolvimento de Kits hidráulicos
Integração Vertical	Terceirização da Mão de Obra	Confecção de Projetos
Recursos Humanos	Treinamento e gratificação	Treinamento, gratificação e motivação
Qualidade	Melhorar processos	Treinamento

A mencionada falta de estratégias competitivas e de operações explicitadas ou adequadamente formuladas pelas empresas construtoras do subsetor edificações, bem como a nítida opção por políticas de gestão que apenas transferem as barreiras e os problemas de gerenciamento - principalmente da mão de obra - para terceiros (empreiteiras de mão de obra, serviços especializados diversos, ferreiros trabalhando para fornecedores e não mais para construtoras, etc.), evidenciam, assim, uma falta de esforço prolongado pela busca da melhoria em gestão por parte das empresas construtoras do subsetor. Essa melhoria, por sua vez, significa uma maior eficiência das empresas em atingir seus objetivos estratégicos a longo prazo, através de políticas e estratégias de melhoria contínua e pesquisa e desenvolvimento também de longo prazos. Entretanto, fatos como a falta de coerência entre ações gerenciais relacionadas à função produção e de objetivos estratégicos e competitivos, como os identificados por Formoso et al. (1996), além da falta de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de forma contínua, permitem classificar a maioria das empresas construtoras de pequeno porte como pertencentes ao estágio 1 de Hayes & Wheelright (1985), apresentado anteriormente, em termos de competição através da função produção.

2.4 SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E CONSIDERAÇÕES SOBRE LOGÍSTICA

Segundo Corrêa & Gianesi (1996), os SAPs (Sistemas de Administração da Produção) são responsáveis pelo planejamento e controle da função produção em todos os níveis, incluindo materiais, equipamentos, recursos humanos, suprimentos e distribuidores. Trata-se de sistemas

que fornecem informações para o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização da mão de obra e dos equipamentos e para a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores, estabelecendo uma comunicação com os clientes em termos de necessidades operacionais. Corrêa & Gianesi (1996) identificam algumas atividades gerenciais que devem ser suportadas pelos SAPs:

- Planejamento de necessidades futuras de capacidade de produção;
- Planejamento dos suprimentos de materiais (quantidade, especificação e momento de entrega pelo fornecedor);
- Planejamento de níveis apropriados de estoque de materiais;
- Programação das atividades de produção;
- Conhecimento da situação corrente em relação aos materiais, equipamentos e recursos humanos;
- Reprogramação rápida e eficaz da produção, possibilitando uma reação eficiente a mudanças;
- Fornecimento de informações sobre a função produção para outras funções da empresa, tais como planejamento, vendas e finanças;
- Capacidade de comprometimento com prazos junto aos clientes.

Os principais tipos de sistemas de administração da produção, ainda segundo Corrêa & Gianesi (1996), são o JIT (*just in time*), o MRP (*Materials Requirements Planning*), o MRP 2 (*Manufacturing Resources Planning*) e o OPT (*Optimized Production Technology*). Cada um deles possui características diferentes de planejamento e controle da função produção, sendo importante, portanto, a correta adequação do SAP com uma estratégia de operações pré-determinada. O quadro 2.4 destaca as principais características dos três tipos de SAPs mais conhecidos (JIT, MRP e OPT) com relação à filosofia de gestão da função produção e, mais especificamente, do fluxo de materiais.

Quadro 2.4: Características principais do JIT, MRP e OPT (Fonte: Corrêa & Gianesi, 1996).

SAP	Filosofia de Gestão	Gestão do Fluxo de Materiais
JIT	(geralmente explícita) - Assume alta qualidade de conformidade; - Assume certa capacidade em excesso; - Assume tempos curtos de preparação; - Assume alta confiabilidade de equipamentos; - Assume trabalho em equipe; - Assume que estoques são indesejáveis; - Assume um fluxo de materiais definido; - Assume linhas balanceadas; - Assume estabilidade de programas; - Assume <i>layout</i> de linha ou célula; - Assume certa polivalência.	Características: - Baseado em controles visuais; - Normalmente usa cartões (no caso do <i>kanban</i>); - Lógica de “puxar” a produção; - Decisões de liberação descentralizadas; - Mantém certo nível de estoque em processo; - Prioridades decididas localmente; - programação baseada em taxas de produção.

Quadro 2.4: Características principais do JIT, MRP e OPT (Fonte: Corrêa & Giansesi, 1996) – Continuação.

SAP	Filosofia de Gestão	Gestão do Fluxo de Materiais
MRP	(geralmente implícita) <ul style="list-style-type: none"> - assume que baixos estoques e cumprimento de prazos são prioridades; - assume que a variação de ocupação da capacidade não custa (assume certa capacidade em excesso); - assume que tempos de entrega são conhecidos; - assume alta precisão e integridade de todos os dados utilizados. 	Características: <ul style="list-style-type: none"> - lógica de “empurrar” a produção; - baseado num programa de computador complexo; - decisões são centralizadas; - programação infinita com checagem de capacidade a posteriori; - programação para trás; - todos os recursos são tratados de forma semelhante; - tamanhos de lote são dados de entrada do sistema; - tempos de entrega são dados de entrada do sistema; - lotes de processamento e transporte são iguais (não suporta divisão); - programação baseada em ordens de produção.
OPT	(geralmente explícita) <ul style="list-style-type: none"> - assume que o objetivo é ganhar dinheiro através de: <ul style="list-style-type: none"> - aumento do fluxo; - redução dos estoques; - redução de despesas operacionais; - assume que todos os gargalos governam tanto o fluxo de produção como os estoques e, portanto, devem ser tratados especialmente; - assume certa capacidade em excesso dos recursos “não-gargalos”. 	Características: <ul style="list-style-type: none"> - baseado em lógica de simulação em computador; - depende de um programa de computador proprietário; - decisões são centralizadas; - gargalos são o ponto de partida para a programação; - programação para frente finita e para trás infinita, conforme o recurso; - tempos de entrega são saídas do sistema; - tamanhos de lote são saídas do sistema; - lotes de processamento e transporte devem ser diferentes (permite divisão); - programação baseada em ordens de produção.

Dentre esses SAPs principais, o JIT merece maior atenção, mesmo porque representa uma possibilidade viável de aplicação no caso da construção habitacional, embora com muitas ressalvas (Akintoye, 1995). Seu efeito sobre a organização da produção e sobre principalmente a maneira de enxergar e controlar os fluxos produtivos é tão expressivo que a própria classificação do JIT como um SAP tem sido questionada. Para muitos autores, o JIT é mais que um SAP, podendo ser considerado como uma filosofia de produção, com premissas e princípios a serem seguidos (Corrêa & Giansesi, 1996). A parte dessa filosofia que pode ser considerada equivalente a um SAP, por sua vez, são as práticas e técnicas de operacionalização da mesma, entre elas o *kanban*, que estabelece uma relação de parceria entre cliente e fornecedor tão intensa que não é mais preciso qualquer requerimento por parte do cliente com relação a insumos. Nessa relação, portanto, os fornecedores incorporam as funções de suprimentos da empresa e se encarregam de disponibilizar seus produtos nos locais e no tempo necessários para a utilização dos mesmos.

Das principais premissas e princípios do JIT, pode-se destacar, segundo Corrêa & Giansesi (1996) cinco mandamentos básicos: (a) produção sem estoques; (b) eliminação de desperdícios; (c) manufatura de fluxo contínuo; (d) esforço contínuo na resolução de problemas; e (e) melhoria contínua dos processos. A idéia central, por sua vez, é o estabelecimento de um sistema de produção “puxado” pelo cliente final, na qual a produção é realizada a partir da demanda pelo produto final, acionando a aquisição e utilização dos materiais e os processos de confecção dos subprodutos (Schonberger, 1982 apud Akintoye, 1995). Além disso, com a determinação de operar com estoques reduzidos, os problemas de produção aparecem e são identificados com facilidade e mais rapidamente, possibilitando ações corretivas específicas e estabelecendo fluxos

eficientes de processos, operações e informações. Assim, todo o sistema de produção passa a ser orientado pelo pedido do cliente e, atrás dessa idéia, muitas ações devem ser realizadas, tais como a redução do tamanho dos lotes de produção, tornando os processos produtivos mais ágeis; maior atenção na qualidade dos elementos no local de produção, evitando o impedimento do fluxo produtivo; a melhoria dos processos e operações da produção; e o aumento da eficiência das tecnologias de informação utilizadas (Corrêa & Gianesi, 1996; Martins & Laugeni, 1998; Krajewski & Ritzman, 1992).

Importante para a implementação do JIT, por outro lado, são o conhecimento e a aplicação de conceitos e técnicas da logística. Esta é definida por Ballou (1995) como o “estudo de como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos.” Mais recentemente, ainda segundo Ballou (1995), o conceito de logística está evoluindo para “logística empresarial”, envolvendo tanto o suprimento físico como a distribuição física dos recursos produtivos e associando a administração dos fluxos de bens e serviços com o da informação que os põe em movimento. Agapiou et al. (1998), por outro lado, lembram que o termo logística e as práticas referentes à aplicação do mesmo são originárias de ambientes militares, onde essa atividade era considerada como “a arte de mover-se, alojar-se e de suprir tropas e equipamentos.” E transporte e distribuição são, por sua vez, os aspectos mais visíveis da logística (Agapiou et al., 1998).

O advento da evolução do conceito de logística permitiu a construção de modelos de gerenciamento segundo os aspectos de movimentação e estoque dos recursos das operações, permitindo maiores possibilidades de sucesso na implantação de SAPs como o JIT. A ênfase no gerenciamento baseado na visão logística e nos seus fluxos, que, segundo Cruz et al. (1998), são o de materiais, o de informações e o financeiro, pode resultar na otimização necessária dos arranjos físicos da função produção (Ballou, 1995). Para comprovar a eficácia desse paradigma, Agapiou et al. (1998) constataram melhorias na produção de edificações na Dinamarca, reconhecidas pelos próprios intervenientes do processo produtivo que participaram de sua pesquisa.

A aplicabilidade do JIT na construção habitacional, por outro lado, requer a quebra de alguns paradigmas de produção do setor, a qualificação dos fornecedores de materiais e o estabelecimento de uma relação mais estreita com os mesmos, além do conhecimento e controle total dos processos produtivos (Akintoye, 1995). A produção de edificações lida com uma gama extremamente variada de materiais, que são oriundos de setores industriais com as mais variadas configurações e com os mais variados estágios de desenvolvimento industrial. Esse fato, segundo

Akintoye (1995), dificulta muito o processo de implementação de um SAP como o JIT, embora teoricamente viável para o subsetor edificações, mesmo com um paradigma gerencial voltado para a logística. Entretanto, segundo o próprio Akintoye (1995), o gerenciamento de operações sem estoques pode tornar-se viável para alguns casos específicos de insumos, a serem analisados para cada configuração gerencial e regional específicas.

2.5 A PRODUÇÃO ENXUTA E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO DE PROCESSOS

Produção enxuta é o termo utilizado para denominar um novo paradigma de entendimento da função produção que envolve o desenvolvimento de uma nova teoria de administração. Womack et al. (1990) analisaram características de diferentes modelos e sistemas de produção na indústria automobilística e identificaram uma série de práticas, principalmente na empresa japonesa *Toyota Motor Company*, que os levaram a enxergar de forma diferente a dinâmica da função produção. Desenvolveram, então, uma concepção nova para relacionar os acontecimentos na produção de bens e serviços, considerando a existência de cadeias de fluxos. Essa nova concepção, por sua vez, foi incrementada com alguns princípios e com a abstração de conceitos referentes à administração de operações, ainda em desenvolvimento, mas que já foi estendida para outras funções administrativas das empresas e inclusive para interfaces das cadeias produtivas de diferentes setores industriais e de serviços.

A orientação principal dessa nova concepção é voltada para o combate ao *muda* (desperdício), devendo-se inclusive desenvolver uma nova cultura gerencial que busca o atendimento de cinco princípios fundamentais: (a) especificar precisamente o valor; (b) identificar as cadeias de fluxos de valor para cada produto e subproduto ou serviço; (c) fazer fluir o desempenho dos fluxos de valor sem interrupções; (d) deixar que o cliente acione esse fluxo de valor da produção; e (e) perseguir a perfeição (Womack et al., 1992). Desse modo, a empresa concentra-se na eficiência e na eficácia de seu papel na cadeia produtiva, promovendo uma cultura de administração denominada de pensamento enxuto (Womack et al., 1992).

Especificar precisamente o valor significa identificar exatamente o que interessa para o cliente final, segundo Womack et al. (1992), sendo que este valor só é significativo se expressado em termos de algum produto ou serviço (ou ambos) que atenda as necessidades desse cliente final a um preço específico, em um tempo determinado. Identificar a cadeia de valor significa reconhecer todas as atividades envolvidas na concepção do produto ou serviço, nos procedimentos de transferência de informações necessárias e na transformação física dos materiais em produtos ou serviços acabados nas mãos do cliente final. Basicamente três tipos de atividades compõem as cadeias de valor: as que claramente agregam valor, as inevitáveis e que

não agregam valor e as evitáveis que não agregam valor. Fazer os fluxos de valor fluírem sem impedimentos requer uma real mudança de mentalidade administrativa, fazendo com que não se pense em funções ou departamentos ou ainda em quebrar as atividades em porções menores e então otimizá-las. Womack et al. (1992) metaforiza essa mentalidade de quebrar atividades em porções menores para então resolvê-las com o tempo. Normalmente considera-se o tempo como constante, ao invés de relativo. Fazer os fluxos de valor fluírem, portanto, requer uma redefinição estrutural das empresas, normalmente baseada em funções e departamentos divididos e preocupados com essas porções menores de suas atividades. Requer a integração da empresa em torno das cadeias de fluxos de valor e, então, eliminar ou minimizar o que as impede de fluir. Deixar que o cliente acione a produção, por sua vez, significa aproveitar essa nova reestruturação da empresa para responder mais rapidamente ao cliente final, sanando suas necessidades quando elas surgem e, portanto, evitando a superprodução. Finalmente, perseguir a perfeição envolve a manutenção contínua da busca de melhorias em termos de eficiência e de eficácia, correspondendo cada vez mais precisamente às necessidades do cliente final de maneiras cada vez menos dispendiosas. Esse último princípio está relacionado estreitamente com a necessidade de inovação.

Em termos práticos, a produção enxuta e o pensamento enxuto não concorrem com métodos ou sistemas de administração e controle de empresas, tais como o TQC, ou de administração de operações, tais como o JIT, o TPM ou o TQM. Ao invés, estabelecem diretrizes e paradigmas mais adequados para a aplicação mais eficiente de seus princípios e ferramentas. Sua idéia central, por outro lado, propõe o abandono do paradigma tradicional da produção em massa, desenvolvido a partir de idéias de divisão do trabalho e aumento da produtividade (Womack et al. 1990). Esse paradigma antigo, por sua vez, tem apresentado desgastes principalmente devido a efeitos colaterais como a superprodução, a falta de flexibilidade na manufatura e na introdução de novos produtos e a redução do valor unitário dos bens e serviços produzidos (Womack et al., 1990).

Há, entretanto, muitos questionamentos com relação ao desenvolvimento dessa nova teoria e a sua relação com os diversos conceitos já consagrados pelo paradigma da produção em massa, como a análise de valor, o estudo de tempos e movimentos e outros aspectos da gestão de processos já referenciados anteriormente e que se baseiam principalmente nas atividades de conversão e no aumento da produtividade. A visão da produção como fluxos de atividades que agregam ou não valor, por outro lado, está consolidada. A figura 2.2 ilustra essa visão, enfatizando que, nos fluxos de produção, existem outras atividades e, portanto, outros aspectos a gerenciar além da conversão, como atividades de espera, inspeção e transporte.

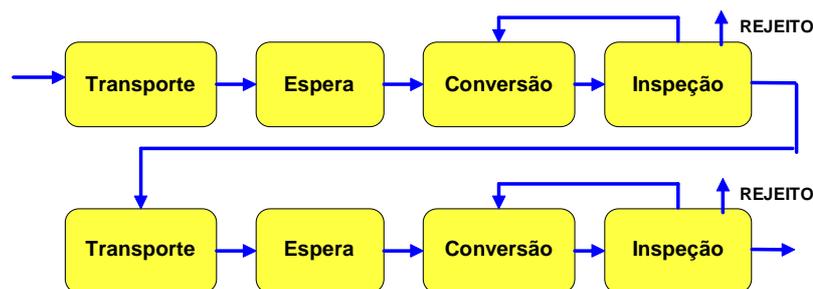


Figura 2.2: Composição dos fluxos de produção segundo a produção enxuta (adaptada de Koskela, 1992).

Com base na necessidade de combater o *muda* e no princípio (c), anteriormente mencionado, de evitar impedimentos nos fluxos de valor, deve-se buscar a eliminação sempre possível, na medida do possível, das atividades que não agregam valor. Conforme a figura 2.2, essas atividades são exatamente aquelas que o paradigma tradicional da produção em massa tem dificuldades em eliminar, ou seja, espera, transporte e inspeção. Em alguns casos, a própria atividade de conversão deve ser eliminada, como, por exemplo, o retrabalho, promovendo-se ainda a melhoria da eficiência dos fluxos de valor.

Por sua vez, as conseqüências da aplicação do paradigma da produção enxuta na gestão de processos são diretas. Basicamente o grande benefício é a obtenção de mapeamentos, simulações e previsões mais precisos, uma vez que a realidade prática das interfaces entre os departamentos e funções das empresas e da cadeia produtiva do setor industrial são os novos fluxos em análise. Barker (1994), por exemplo, constatou grande melhoria de desempenho em análises temporais na produção de geradores elétricos de uma empresa através de diagramas de processos aplicados segundo os fluxos de valor identificados. A grande mudança na gestão de processos, por outro lado, não se dá sobre ferramentas ou técnicas, mas sobre conceitos. Essa mudança é discutida no item 2.5.3.

2.5.1 A Construção Enxuta como Teoria para a Construção

A primeira tentativa de tradução completa da abstração desses conceitos e princípios da produção enxuta para a construção deu-se no início da década de 90, quando Koskela (1992) apresentou esse novo paradigma para a comunidade científica mundial e a interpretou segundo as peculiaridades do subsector edificações. Surgia, então, uma teoria capaz de desmistificar e de revelar facetas da construção que anteriormente não haviam sido eficientemente gerenciadas, pois o paradigma da produção em massa dificultava a eliminação das atividades evitáveis que não agregam valor, maciçamente presentes na construção. Na gestão de processos, por exemplo, as técnicas de simulação ou mapeamento da produção usuais eram normalmente concebidas e/ou

aplicadas segundo as premissas do antigo paradigma, não englobando, portanto, aspectos inerentes da natureza de sistemas de produção mais complexos, como é o caso da construção.

Assim, Koskela (1992) propôs o desenvolvimento de uma teoria baseada principalmente nos conceitos de fluxos estabelecidos por Womack et al. (1990) e que também considera princípios e premissas de diferentes sistemas de administração, entre eles o TQC e o JIT, principalmente. Essa teoria foi na época denominada de construção enxuta. Desde então, grandes avanços em termos conceituais já foram realizados, possibilitando a melhor compreensão dos conceitos e princípios da produção enxuta na construção, principalmente na função produção e nos processos de projeto.

2.5.2 Princípios e Métodos da Construção Enxuta

Os princípios básicos da construção enxuta são oriundos basicamente de nove correntes que enfocam a função produção e que são classificadas como métodos (Koskela, 1997). Esses métodos são o JIT, *total product maintenance* (TPM), TQC, *total quality management* (TQM), competição baseada no tempo, engenharia simultânea, reengenharia (redesenho dos processos), gerenciamento baseado no valor, gerenciamento visual e envolvimento dos funcionários. São calcados também na busca da produção em menor tempo, com menos recursos humanos e materiais e com menores estoques. Abaixo estão listados os princípios identificados por Koskela (1992) e algumas abordagens, as quais resumem ferramentas, técnicas e procedimentos para a aplicação prática dos mesmos:

- **Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor:** construir diagramas de fluxo, identificar e medir as atividades que não agregam valor;
- **Aumentar o valor final através da consideração sistemática dos requisitos do cliente:** identificar o cliente e seus requisitos, levar adiante um projeto de fluxo sistemático e definir o cliente em cada estágio do mesmo;
- **Reduzir a variabilidade:** utilizar ferramentas e técnicas de análise da produção, tais como diagrama de precedências e outras, controlar estatisticamente o processo (medições e eliminação das causas principais), padronizar, utilizar dispositivos *poka-yoke* (à prova de falhas), etc.;
- **Reduzir o tempo de ciclo:** eliminar o *work-in-process*, reduzir o tamanho dos lotes de produção, otimizar *layout* reduzindo distâncias, sincronizar os fluxos, mudar as atividades de seqüenciais para paralelas, isolar a seqüência principal de adição de valor do trabalho de apoio, simplificar o sistema de controle e outras condicionantes;

- **Simplificar através da minimização do número de passos, partes e dependências:** reduzir o número de componentes do produto através de mudanças de projeto e uso de pré-fabricados, reduzir o número de passos num fluxo de informação ou material, consolidar atividades, padronizar partes, materiais, ferramentas, etc.; evitar interdependências entre atividades, minimizar a quantidade de informação de controle necessária, etc.;
- **Aumentar a flexibilidade de saída:** minimizar o tamanho dos lotes de produção para atender a demanda o mais tarde possível no processo de produção, reduzir a dificuldade dos ajustes iniciais de cada atividade e de mudanças na produção, customizar o produto final o mais tarde possível dentro dos processos de produção, treinar operários polivalentes, etc.;
- **Aumentar a transparência do processo:** fazer programa 5-S, tornar o processo diretamente observável através de um *layout* apropriado e de sinalizações adequadas, tornar partes invisíveis do processo visíveis através de medições, colocar informações sobre o processo nas áreas de trabalho, ferramentas, equipamentos, etc.; utilizar controles visuais para permitir a qualquer pessoa a identificar o padrão e qualquer desvio do mesmo, reduzir a interdependência entre as unidades de produção (fábricas focadas), etc.;
- **Focalizar o controle no processo completo:** usar times de autocontrole em lotes de produção menores;
- **Introduzir melhoria contínua no processo:** medir e monitorar o melhoramento, estabelecer metas longas, dar responsabilidade pelo melhoramento para todos os empregados, usar procedimentos padrão como hipóteses de *best practice*, ligar o melhoramento com o controle, etc.;
- **Balancar melhorias de fluxo (movimentação, espera e inspeção) com melhorias de conversão:** buscar melhorias não apenas nas atividades de conversão, mas também nas demais atividades, como transporte e inspeção ,por exemplo;
- **Praticar *benchmarking*:** monitorar o atendimento dos objetivos de produção através da observação de resultados da própria empresa e de resultados para o setor, tanto regionalmente como globalmente.

No capítulo 5, alguns desses princípios são discutidos com maior profundidade, pois foram considerados como necessidades de desempenho mensuráveis de processos de produção por parte de tecnologias de edificação voltadas ao segmento de habitações de interesse social.

2.5.3 Conceitos da Gestão de Processos no Paradigma da Produção e Construção Enxuta

Como mencionado, a produção enxuta imprime uma reformulação de diversos conceitos na administração de operações e na gestão de processos. Assim, é fundamental o estabelecimento de um entendimento comum de termos tradicionalmente utilizados nessas áreas e que, dentro desse novo paradigma proposto, exigem, por vezes, conotações mais específicas e precisas. Com esse intuito, são apresentadas algumas definições, encontradas na bibliografia recente, para processo, operação, atividade, serviço, fluxo e atividades de fluxo, conceitos básicos envolvidos na gestão de processos de produção.

2.5.3.1 Fluxo

O significado da palavra fluxo, no dicionário Aurélio, está associado à idéia de movimento e continuidade, como no caso de correntes de água, tráfego de veículos, etc. Shingo (1989), entretanto, menciona que “...fluxos ...envolvem mudanças de procedimentos, mudanças espaciais e mudanças temporais...”.

Considerando o contexto da produção enxuta, adotou-se nessa pesquisa, a definição de fluxo como “*uma seqüência de atividades desenvolvidas, de forma contínua ao longo do processo produtivo, que envolve mudanças espaciais, temporais ou de procedimentos.*” Podem existir na função produção, desse modo, diferentes tipos de fluxos, tais como fluxos de trabalho, fluxos de materiais, fluxos de montagem ou fluxos de informações.

2.5.3.2 Processos e Operações

Shingo (1989) define processo como “*a transformação da matéria prima (materiais) em componente semi-acabado e daí a produto acabado.*” Esse conceito de processo, por sua vez, está associado à definição de operação a ser utilizada na gestão de processos, que, por sua vez, também segundo Shingo (1989), pode ser entendida como “*a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço.*”

Shingo (1989), afirma ainda que “*...o fluxo do objeto = processo (envolve processamento, inspeção, transporte e espera), o fluxo do sujeito = operação (envolve preparação/pós-ajuste, operações principais – essenciais e auxiliares -, folgas por fadiga, folgas para a higiene pessoal, folgas de operação e folgas entre operações).*”

Assim, referenciando-se ao conceito de fluxo, adotou-se as seguintes definições:

- *Processo é o fluxo definido pelos materiais, constituído por uma seqüência de eventos através dos quais esses materiais vão sendo transformados no produto final; esses eventos podem ser caracterizados como conversão ou processamento, inspeção, espera ou transporte.*

- *Operação é o fluxo definido pelas pessoas ou máquinas, constituído pela seqüência de ações (ou trabalhos) executadas sobre os materiais; essas ações também podem ser caracterizadas como conversão ou processamento, inspeção ou transporte/deslocamento e ainda outras que não coincidem com as atividades dos fluxos de processos.*

2.5.3.3 Serviço, Atividade e Atividades de Fluxo

A aplicação do paradigma da produção enxuta envolve a distinção clara de diferentes fluxos e da constituição dos mesmos. Faz-se necessário, desse modo, rever o que se entende por atividade, serviço e atividade de fluxo para que se possa construir critérios de análise de processos ou operações. Nessa pesquisa, foram adotadas definições clássicas provenientes de estudos sobre produtividade e descritas por Heinneck (1983). Essas definições estabelecem que “*atividade é um módulo de trabalho elementar (ex.: colocação de um tijolo na parede, transporte de um material, espera por uma informação ou ainda a verificação da conformação de algum item)*”, e “*serviço é um conjunto de atividades relacionadas a um determinado elemento geométrico (ex.: a execução de uma alvenaria de 25cm, envolvendo a conclusão total desse subproduto)*”. Atividades de fluxo, por sua vez, são definidas pela teoria em desenvolvimento da produção enxuta como “*todas as atividades que compõem os fluxos, mas que não agregam valor ao produto ou subproduto*” (Koskela, 1992).

Interpretando de maneira conjunta, podemos dizer, desse modo, que toda atividade constitui o encontro físico, na produção, dos fluxos de processos e de operações, sendo os processos a maneira como os materiais são arranjados para a realização de um determinado serviço, e as operações os movimentos realizados pelos operários e equipamentos para possibilitar tal realização. A figura 2.3 ilustra esquematicamente os planos de análise a serem considerados segundo os conceitos propostos para processos, operações, atividades e serviços. Cabe salientar, entretanto, que um serviço nem sempre é constituído por mais de uma atividade. Quando uma única atividade, por exemplo, estabelece a conclusão da produção de um item ou subproduto dentro do processo produtivo, esta pode ser considerada também como um serviço.

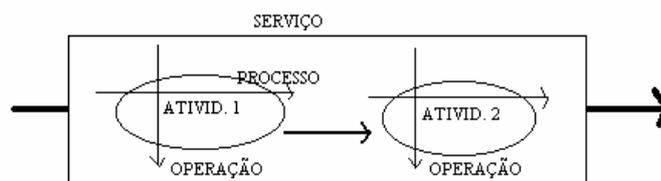


Figura 2.3: Relação entre serviço, atividade, processo e operação.

2.6 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Em termos históricos, a gestão de processos já foi tema de diversas pesquisas em gerenciamento em construção. No exterior, diversos pesquisadores já trabalharam em cima desse tema. Nuttall (1961), por exemplo, estabeleceu algumas diretrizes para a aplicação de técnicas de controle operacional na construção civil, tais como a *queue theory*, ou teoria de seqüenciamento, e outras técnicas de simulação. Mais tarde, em novo trabalho, Nuttall (1965) aplicou uma série de métodos para o controle da produção em construções repetitivas, analisando o efeito de aspectos como a variabilidade e atrasos de atividades sobre os processos de produção. Bishop (1968), em uma pesquisa de caráter mais amplo, analisou alguns fatores que afetam o gerenciamento do canteiro de obras e a produtividade, salientando que, na construção civil, variáveis como o tempo de produção, volume de produção, padronizações e o próprio produto não são definidas somente pelo construtor, havendo também a influência do proprietário.

Ainda no final da década de 1960, a gestão de processos, no que tange o seu desenvolvimento voltado para a indústria clássica de transformação seriada, passou a ter um forte enfoque no estudo de tempos e movimentos, quando foram realizados trabalhos como o de Barnes (1968). Nesse mesmo período, trabalhos como o de Forbes (1969), Bishop (1972), Fine (1977) e novamente Forbes (1977) passaram a analisar de forma mais específica as relações de produtividade nos canteiros de obra, sendo que, nesse último trabalho, Forbes (1977) introduziu a utilização da técnica de amostragem do trabalho para a medição de tempos produtivos, improdutivos e auxiliares na construção.

Atualmente, inúmeras ferramentas de mapeamento e simulação de processos já foram desenvolvidas para a construção habitacional, e outras tantas adaptadas. Entre os modelos de análise mais utilizados, pode-se mencionar o STROBOSCOPE (*State and Resource Based Simulation of Construction Processes*), de cunho probabilístico (Iannou & Martinez, 1996 e Tommelein, 1998); o PICASSO (*Project-Integrated Cyclic Analysis of Serial System Operations*), de Senior & Halpin (1998), que revive as técnicas do método do caminho crítico (CPM) juntamente com outro modelo chamado de CYCLONE (*Cyclic Operations Network Simulation*); e também as redes Petri, desenvolvidas em 1962 (Wakefield & Glenn 1997). Merece destaque ainda a aplicação de análises baseadas na *fuzzy-logic*. Essas análises permitem a utilização de modelos probabilísticos de custos (Chao & Skibniewski, 1998).

Essa evolução dos estudos com relação à gestão de processos na construção, entretanto, não tem se mostrado eficaz na prática das empresas construtoras, com exceção de movimentos, por exemplo, da busca da racionalização da construção, os quais envolveram uma certa consciência com relação ao mapeamento e à otimização de serviços. Por sua vez, os conceitos e

as definições apresentadas nesse capítulo sobre a administração de operações, sua importância estratégica, os sistemas de administração da produção, o papel da gestão de processos nesse contexto e as decorrências da aplicação do novo paradigma da produção enxuta refletem um crescente aumento na assimilação, por parte da ciência da administração, de questões relativas à gestão de processos em sistemas de produção de natureza mais complexa.

Quando Henry Ford inovou ao produzir o Ford T sobre trilhos, o mundo, segundo Womack et al. (1990), se transformou, passando a produzir quase tudo em série, dividindo o trabalho conforme concepções de Taylor e taxando de atrasados os setores industriais que não o faziam eficientemente, entre eles a construção. Visões atuais e mais abrangentes como a da produção enxuta, porém, mostram que nem sempre dividir o trabalho é vantajoso e que os setores industriais que não o faziam eficientemente lidavam com outros fatores ainda não apropriadamente discernidos para efetivar uma gestão de processos eficaz.

A ineficácia da utilização de técnicas de gestão de processos na construção deve, desse modo, reduzir na medida em que a competição pressionar as empresas a desperdiçar menos. A teoria ainda em desenvolvimento da construção enxuta, por sua vez, constitui um desafio, tanto para o âmbito acadêmico quanto para o empresarial, de viabilização concreta dessa gestão eficaz dos processos dos canteiros de obras e de outras partes, entre elas os processos de projeto e os de planejamento. Um dos pontos a serem melhorados com a adoção desse novo paradigma, por outro lado, é a credibilidade em técnicas e ferramentas de gestão de processos.

3 GERENCIAMENTO DE TECNOLOGIAS APLICADO À CONSTRUÇÃO

Avaliar e selecionar tecnologias de edificação do ponto de vista da gestão de processos de produção exige o conhecimento de outros conceitos além dos considerados pela administração de operações, gestão de processos e construção enxuta, abordados no capítulo anterior. É importante entender também o significado de inovação tecnológica, a sua importância e o seu gerenciamento, assim como ter também noção de princípios para a seleção de tecnologias. Assim, nesse capítulo são apresentadas considerações sobre esses aspectos, iniciando-se com definições de termos relacionados aos mesmos.

3.1 DEFINIÇÕES

O termo *inovação* pode ser entendido como “*a introdução de um novo produto, processo ou serviço no mercado*” (Edosomwan, 1989), tratando-se de uma mudança no âmbito social ou econômico. Stalk & Hout (1990), por outro lado, definem *inovação* como “*uma nova forma ou maneira de realizar serviços ou negócios*”. Zairi (1996), do ponto de vista das empresas, define *inovação* como “*a habilidade da organização em fornecer a dimensão extra da qualidade que diferencia um produto ou serviço através da novidade e originalidade*”. Zairi (1996) determina ainda que a inovação deve atingir a satisfação do cliente, devendo relacionar-se a aspectos como a adição de valor ao cliente final.

Por sua vez, *inovação tecnológica*, segundo Barros (1996) “*é um longo e complexo processo que torna possível colocar um produto vendável no mercado, o qual é novo ou manufaturado por um novo processo*”. Edosomwan (1989), por outro lado, define *inovação tecnológica* como “*o processo de criação e implementação de novas tecnologias e produtos, bem como de capacidades de produção e de serviços*”.

O significado de *invenção*, segundo Edosomwan (1989), é “*a criação de uma nova idéia para um produto, processo ou serviço*”. O mesmo autor afirma que a primeira empresa a realizar uma mudança tecnológica setorial pode ser vista como uma empresa inventora.

Melhoria contínua significa basicamente não aceitar o conhecimento estabelecido como sendo a verdade absoluta e procurar continuamente por mudanças, sendo que nada é considerado estático e tudo está suscetível a revisões (Shingo, 1988). Em geral, a *melhoria contínua* é estabelecida em longos períodos, e as ações tomadas são pequenas e revisadas continuamente.

A partir dessa discussão, adotou-se as seguintes definições no presente trabalho: (a) inovação é a introdução de um novo produto, processo ou serviço no mercado; (b) inovação tecnológica é o processo de criação e implementação de novas tecnologias e produtos, bem como

de capacidades de produção e de serviços; (c) invenção é a criação de uma nova idéia para um produto, processo ou serviço; (d) melhoria contínua da tecnologia são ações e decisões relativas ao que já existe na empresa que revisam continuamente o conhecimento ou padrão tecnológico estabelecido; e (e) *seleção tecnológica*, por fim, é considerado, como “*um processo de tomada de decisão que envolve uma série de aspectos do produto com relação aos materiais e componentes utilizados, sua composição, características e inter-relações entre os mesmos*”.

Por outro lado, Sabbatini (1989) define *técnica construtiva* como um “*conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção*”, e *método construtivo* como “*um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação*.” O mesmo autor também propõe uma definição para o termo *sistema construtivo*, no qual estabelece que “*sistema construtivo é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo*.”.

Essa definição de sistema construtivo, entretanto, envolve um certo grau de subjetividade quanto à interpretação do que são, na prática, elevados níveis de industrialização. Além disso, a definição de *processo construtivo*, utilizada na mesma, não se harmoniza com a definição de processo dentro do paradigma da produção enxuta, apresentada no capítulo anterior. Essa definição de *processo construtivo* estabelece que “*processo construtivo é um específico modo de produzir um edifício e que se fundamenta em métodos construtivos tradicionalmente empregados em uma certa região*” (Sabbatini, 1989).

Considerando trabalhos direcionados à análise da função produção das empresas dentro desse novo paradigma, o conceito de *sistema* utilizado no desenvolvimento dessa pesquisa, portanto, deve ser fundamentado em princípios mais amplos que a definição de Sabbatini (1989). Bertalanffy (1975), nesse sentido, afirma que *sistema* existe em toda a parte, em várias ciências do homem, podendo ser definido como “*um complexo de elementos em interação*”. Wetherbe (1987), por sua vez, define *sistema* como “*uma coleção ou arranjo de entidades relacionadas de tal modo que formam uma unidade ou um todo*”. Ainda segundo esse último autor, um sistema é composto de entidades que interagem para alcançar um processo de transformação, e um modelo qualquer de sistema deve possuir entradas e saídas. *Sistema construtivo*, desse modo, é considerado no presente trabalho como “*o conjunto de elementos e intervenientes da função produção que se relacionam e interagem entre si de forma a construir uma edificação*.” Assim, nessa pesquisa, diferentes arranjos de técnicas, tecnologias e serviços, como anteriormente definido, juntamente com seus intervenientes, constituem diferentes *sistemas construtivos*. O termo *tecnologia de edificação*, por sua vez, refere-se a cada um desses diferentes arranjos. Em resumo, portanto, adotou-se nesse trabalho as seguintes definições:

- *Sistema construtivo é o conjunto de técnicas, elementos e intervenientes que interagem entre si de forma a construir uma edificação;*
- *Tecnologia de edificação é um determinado arranjo de técnicas, elementos e intervenientes que interagem entre si de forma a construir uma parte da edificação.*

3.2 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA IMPORTÂNCIA

Segundo Betz (1987), é cada vez mais imprescindível a adoção de uma política de desenvolvimento tecnológico, procurando continuamente o desenvolvimento e implementação de inovações. Stalk & Hout (1990), por sua vez, salientam que a inovação tecnológica e seu gerenciamento eficaz estão relacionadas a todas dimensões competitivas empresariais, podendo desestabilizar qualquer mercado, sendo que os sinais do seu efeito são dependentes principalmente do ritmo de sua implantação em nível setorial. Edosomwan (1989), por outro lado, avalia que a produtividade das empresas e uma resposta mais eficaz e mais eficiente à sociedade advém da implantação contínua de inovações tecnológicas e que esse processo contínuo de introdução de inovações no mercado é, em última instância, uma arma competitiva em todos os níveis econômicos.

A figura 3.1 ilustra o ciclo completo de falta de desenvolvimento tecnológico em uma região ou país, enfatizando o papel da pesquisa e da ciência no mesmo. Segundo esse ciclo, a falta de incentivo à pesquisa gera um baixo empenho no desenvolvimento tecnológico para a utilização de recursos locais e migração do pessoal técnico para outras regiões. Esse quadro origina o mal uso dos recursos locais e a falta de credibilidade na pesquisa própria. Essa falta de credibilidade, por sua vez, propicia, de um lado, baixos níveis de desenvolvimento tecnológico e a permanência da falta de incentivos à pesquisa e à ciência, e, de outro, a preferência por produtos e matérias primas de outras regiões, configurando, por fim, uma situação de completa estagnação e dependência econômica.

O caso descrito nesse ciclo ilustrado pela figura 3.1 pode ser transferido para o contexto de uma empresa que não investe em desenvolvimento tecnológico dentro de um sistema contínuo de introdução de inovações. Dependendo do ritmo de evolução do setor em que ela atua, cedo ou tarde o seu destino será a dependência tecnológica, estagnação e falência econômica.

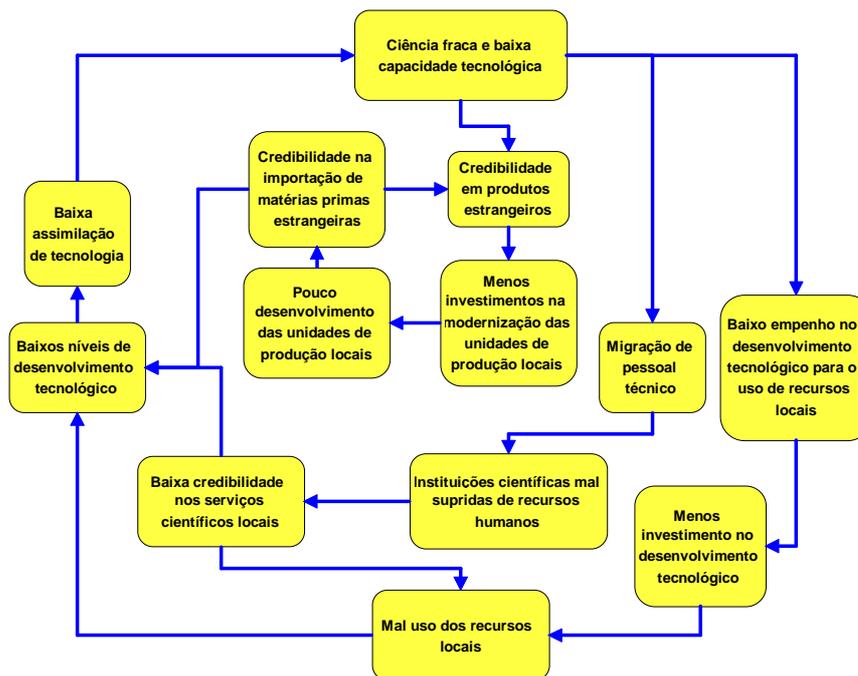


Figura 3.1: O ciclo vicioso da falta de desenvolvimento tecnológico (Fonte: Edosomwan, 1989).

Nota-se, por outro lado, que o viés competitivo proporcionado pela inovação tecnológica é variável de acordo com a categoria da mesma, que, segundo Abernathy & Clark (1988), pode ser:

- Inovação de Arquitetura: tecnologias que se originam de sistemas de produção já estabelecidos e que promovem a abertura de novos canais aos consumidores, definindo um novo mercado ou revolucionando o já existente. Inovações dessa categoria definem a configuração básica do produto e dos processos de produção do mesmo, estabelecendo os parâmetros técnicos e mercadológicos que guiarão o desenvolvimento subsequente. Trata-se da implementação de uma nova atividade, em serviços ou na indústria. São exemplos: *internet*, rádio, televisão, motor transversal frontal na indústria automobilística, concreto armado na construção civil (possibilidade de edificações altas), fita-cassete, etc.;
- Inovação de Nicho: tecnologias que abrem novas oportunidades de negócios dentro do setor ou atividade em que são implementadas, sem a criação de um outro setor ou uma revolução dentro do seu setor de origem. Ao contrário da inovação de arquitetura que redefine o produto ou a maneira de produzi-lo, a inovação de nicho trata da implantação de novas tecnologias que fortificam os sistemas de mercado e de produção já estabelecidos. São exemplos: rádio-relógio, *walkman*, *WebTV*, etc.;

- Inovação Regular: tecnologias que não aparecem tanto quanto as inovações de arquitetura e de nicho, entretanto possuem efeitos cumulativos bastante grandes sobre o custo do produto e seu desempenho. Contribuem, com o tempo, no estabelecimento de uma competência técnica e produtiva superior, aumentando a produtividade e sendo apontadas como mais importantes, em termos de competitividade, que as inovações de nicho e de arquitetura (Abernathy & Clark, 1988). Com o tempo, acabam estabelecendo novos canais diretos com o consumidor, tais como confiança, qualidade e outros. Exemplos são a linha de montagem móvel na indústria automobilística, o motor de partida elétrica, argamassas pré-misturadas, etc. Em geral, esse tipo de inovação requer um trabalho gerencial contínuo para o seu desenvolvimento e implementação, caracterizando uma mudança incremental em diferentes aspectos dos sistemas de produção;
- Inovação Revolucionária: são tecnologias que substituem tecnologias obsoletas, revolucionando o sistema de produção, mas não criando nenhum novo nicho ou segmento setorial. São exemplos: o motor V8 de Henry Ford, sistemas construtivos com uso de elementos pré-moldados em concreto, etc. As inovações tecnológicas dessa categoria não necessariamente implicam em vantagens competitivas. Algumas falham comercialmente e outras encontram problemas na fase de implementação ou produção.

Em termos macroeconômicos, tanto Dosi (1982) quanto Marquis (1988) lembram, entretanto, que o gerenciamento e o desenvolvimento de transformações tecnológicas em função de invenções e inovações segue, em geral, paradigmas mercadológicos e científicos que estão amarrados a um determinado contexto específico do segmento de mercado em que os mesmos ocorrem. Nesse sentido, mesmo invenções e inovações tecnológicas de arquitetura, conforme a classificação de Abernathy & Clark (1988) apresentada acima, seguem paradigmas de desenvolvimento científico e tecnológico específicos, normalmente amarrados a contextos históricos dos setores industriais e de serviços.

Na construção habitacional, Amorim (1996) classifica as inovações em três níveis: inovação nos produtos da construção (um novo tipo de imóvel); inovação dos produtos para a construção (insumos e equipamentos); e inovação na organização da produção (novos modelos de gerência). O terceiro nível de inovação (gerencial), por sua vez, quando acompanhado de inovações dos outros dois níveis, é o que gera melhores resultados para as empresas como um todo (Amorim, 1996). Entretanto, a maioria das inovações na construção habitacional tem sido

basicamente no nível de inovação dos produtos para a construção, conforme Prochnik apud Amorim (1996), sendo que elas são ainda muitas vezes copiadas ou revividas³.

Por sua vez, Tatum (1986), identificou três principais razões que pressionam o subsetor edificações para o desenvolvimento e aprimoramento tecnológico através da implantação de inovações. A primeira delas é que há um crescente aumento da complexidade do produto edificação. A segunda é o questionamento constante que há em relação às razões pelas quais o subsetor não se utiliza de métodos e sistemas construtivos inovadores e mais econômicos. A terceira, por fim, é que há uma crescente ameaça da concorrência internacional.

O subsetor edificações, entretanto, historicamente tem se valido de proteções e outros aspectos que impedem o seu amadurecimento na implantação de inovações e no gerenciamento de tecnologias (Pries & Janszen, 1995). Além das barreiras regulatórias à inovação e ao avanço tecnológico, como citado no item 1.1, Pries & Janszen (1995) identificaram também um certo padrão no comportamento histórico de introdução de inovações na construção habitacional holandesa, que, segundo os autores, confirma tendências similares em outros países. Conforme explicitado na tabela 3.1, esse padrão se concentra primordialmente em inovações nos produtos de fornecedores, que, segundo Pries & Janszen (1995), se enquadram no nível mais baixo de inovação tecnológica⁴.

Tabela 3.1: Percentual de inovações na construção habitacional holandesa segundo seu tipo e seu agente implementador (Fonte: Pries & Janszen, 1994).

Interveniente do processo construtivo	% de Todas inovações	% de inovações em processos de produção	% de inovações de produtos
Construtor	7,5	14,6	2,9
Fornecedor	72,4	56,2	82,7
Arquiteto	0,9	2,2	0
Consultor	11,4	16,9	7,9
Outros	7,9	10,1	6,5
Tamanho da amostra	228	89	139

Slaughter (1993), por sua vez, analisando a eficácia de inovações realizadas na implantação de um sistema construtivo com a utilização de painéis de concreto protendido, constatou que os construtores das edificações foram os principais agentes geradores das idéias implementadas. Cerca de 82% das pequenas inovações com o uso do sistema vieram das empresas construtoras, enquanto que somente 18% originaram-se de idéias dos fabricantes dos painéis. Esse fato

³ Nam apud Amorim (1996) salienta que, no exemplo americano, as inovações na construção habitacional são predominantemente originárias de tecnologias anteriormente utilizadas por projetistas ou construtores em outras épocas ou em outras regiões.

⁴ Segundo Pries & Janszen (1995), há diversos níveis de inovação na construção habitacional. O mais alto nível é referente à inovação nos processos de produção, enquanto que o mais baixo é referente às matérias primas utilizadas ou insumos. Portanto, inovação em produtos de fornecedores se enquadra neste último.

demonstra, segundo Slaughter (1993), que a maior parte das idéias que se transformam em inovações implementadas são aquelas que ocorrem durante a fase de execução, considerando-se o sistema norte-americano de auto-construção.

Assim, de uma forma geral, os conceitos sobre inovação, gerenciamento e seleção tecnológica, bem como o conhecimento das categorias de inovação e do comportamento do setor em que se atua, são essenciais para a evolução tecnológica das empresas e para a competitividade das mesmas. A construção habitacional, entretanto, carece de programas de gestão de inovação tecnológica, predominando níveis baixos de inovações, introduzidas periodicamente principalmente pelos fornecedores de materiais (Pries & Janszen, 1995). A organização da produção e os processos produtivos, níveis mais significativos de gerência tecnológica, continuam sendo preteridos pelo desenvolvimento no subsetor edificações. Há um certo predomínio de inovações em aspectos exclusivamente técnicos (Amorim, 1996). Por outro lado, a crescente consciência da importância da organização da produção tem levado as empresas construtoras a inovar em diversos aspectos do gerenciamento em canteiro, conforme identificou Scardoelli (1995). Essa tendência deverá ainda ser acentuada à medida que os novos conceitos da construção enxuta se internalizarem no subsetor edificações.

3.3 O GERENCIAMENTO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

No passado recente, o gerenciamento de inovações tecnológicas é uma atividade relativamente recente nas pesquisas científicas dos setores de indústria e serviços de um modo geral (Abernathy & Clark, 1988). Considerável progresso no entendimento desse aspecto, entretanto, já foi conseguido, de forma que atualmente há muitas técnicas, premissas, modelos e diretrizes para o gerenciamento e estímulo da inovação tecnológica como um todo, enfocando sempre uma ligação com as estratégias competitiva e de operações das empresas.

Nesse sentido, observa-se que a inovação tecnológica só é efetiva quando a sua invenção originária é apropriadamente gerenciada, havendo, segundo Roberts (1979), três requisitos básicos para se obter êxito ao inovar:

- Deve haver um gerenciamento efetivo de informações sobre a invenção, que devem conter três dimensões básicas: dados técnicos, dados mercadológicos e dados relevantes à função produção;
- Deve haver habilidades apropriadas por parte dos gerentes para lidar com informações técnicas e gerenciais sobre a nova invenção;

- Um esforço significativo deve ser devotado para o avanço da implantação da invenção, transformando-a em uma efetiva inovação.

Quanto ao estabelecimento de uma equipe responsável pelo gerenciamento de inovações, Roberts (1979) salienta que cinco papéis principais devem ser desempenhados: (a) o gerador de idéias; (b) o investigador técnico, pessoa que mantém contato com instituições de pesquisa e desenvolvimento; (c) o investigador de mercado, pessoa que analisa o comportamento do mercado e do cliente; (d) o investigador de produção, pessoa que informa dados sobre a função produção (capacidade, técnicas atualmente aplicadas, etc.); e (e) o empreendedor, pessoa que põe em prática as medidas decididas para o gerenciamento da inovação tecnológica.

Edosomwan (1989), por sua vez, também avalia que tecnologias úteis e o seu gerenciamento efetivo são resultados de um processo apropriado de inovação e gerenciamento tecnológico, que põe em prática técnicas e métodos adequados de planejamento, previsibilidade, desenvolvimento de inovações, investigações tecnológicas, medição e controle. Edosomwan (1989) ainda identifica quatro características intrínsecas de um ambiente que favorece a inovação tecnológica: (a) procedimentos dinâmicos de gerenciamento de recursos humanos, financeiros e materiais e outros recursos naturais; (b) a necessidade de ser inovador para ser competitivo; (c) o uso de métodos de financiamento alternativos para projetos inovadores (formação de parcerias, aproveitamento de recursos especiais disponibilizados, promoção de captação de recursos, etc.); e (d) uma forte consciência de que a rápida ascensão e obsolescência da tecnologia requerem um processo contínuo de inovação em um ambiente dinâmico.

O processo de inovação e de gerenciamento tecnológico identificado por Edosomwan (1989) é resumido no modelo apresentado na figura 3.2. De acordo com esse modelo, o gerenciamento da inovação tecnológica parte de decisões estratégicas e de necessidades da empresa. Deve-se então investigar a competitividade do meio externo e as inovações existentes, afirmando-se uma consciência interna na empresa das invenções comerciáveis e, portanto, com potencial real de transformarem-se em inovações tecnológicas. Deve-se então estabelecer uma estratégia de negócio que abre caminho para o desenvolvimento de invenções promissoras, elaborando-se um prognóstico tecnológico e desenvolvendo o projeto de implementação da nova tecnologia. Faz-se, então, a introdução dessa nova tecnologia, monitorando-se os resultados alcançados e os efeitos colaterais causados pela implantação da mesma, até sua obsolescência e recomeço do processo.

Nota-se, no modelo de Edosomwan (1989), que diversas tarefas devem ser realizadas ao longo do processo de inovação e gerenciamento tecnológico. Essas atividades envolvem, por exemplo, intervenções, análise do setor, análise da produção e outras. Vários aspectos devem ser

considerados também ao longo desse processo, tais como a produtividade, o impacto organizacional e a geração de empregos. Ainda na figura 3.2, percebe-se que essas atividades e esses aspectos integrantes do processo de inovação e gerenciamento de tecnologias se encontram resumidos nos quadros internos ao ciclo de etapas ilustrado.

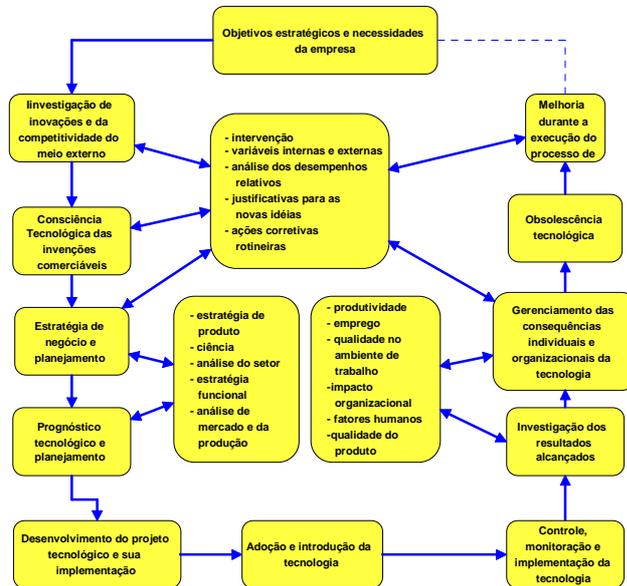


Figura 3.2: Processo de inovação e gerenciamento tecnológico (Fonte: Edosomwan, 1989)

Zairi (1996), por outro lado, dentro de sua definição de inovação como a habilidade da empresa em fornecer uma dimensão extra de qualidade que diferencia seus produtos e seus serviços através da originalidade, estabelece cinco premissas para a melhor prática da inovação tecnológica:

- Reconhecimento de que a inovação começa na identificação de oportunidades e que o ciclo do produto, processo ou procedimento inovador termina na satisfação dessa oportunidade, devendo-se recomeçá-lo continuamente;
- O gerenciamento da inovação deve ser realizado juntamente com o gerenciamento da informação, isto é, com o uso de recursos de tecnologia de informação;
- Deve-se considerar a inovação como um negócio, com seus recursos, metas e gerenciamento próprios;
- A inovação deve ser gerida através da aplicação de ferramentas de gerenciamento, tais como o QFD (*Quality Function Deployment*), o projeto de experimentos, o projeto de produção e montagem e a avaliação de custos baseada em atividades;

- A inovação é extremamente dependente da disponibilidade de recursos e de gerenciamento dos mesmos.

Os fatores principais para o desenvolvimento de um gerenciamento eficaz de inovações, entretanto, são a adoção de um modelo para o processo de gerenciamento e inovação da tecnologia e a adoção de uma política tecnológica para a empresa. Nesse sentido, Edosomwan (1989) sugere, para a formulação de um modelo de processo de inovação tecnológica, um processo lógico que envolve: (a) organização lógica de uma idéia básica; (b) refinamento da idéia; (c) solução de problemas potenciais relacionados à idéia e busca por soluções viáveis; (d) revisão da idéia baseada nas condicionantes existentes, novos contextos e outros aspectos que visem a testar os componentes ou elementos da mesma; e (e) a implementação completa da nova idéia no mercado.

Von Hippel (1978), por sua vez, lembra que o gerenciamento de tecnologias e de inovações deve ser efetuado sempre segundo um paradigma voltado às necessidades, vontades e idéias dos clientes usuários. Nesse sentido, qualquer sistema de gerenciamento e qualquer diretriz ou premissa com relação ao desenvolvimento de inovações deve ser orientado ao mercado, devendo os responsáveis pela geração de idéias (os inventores) focar novas tendências e novas oportunidades (Zairi, 1996).

3.4 SELEÇÃO TECNOLÓGICA

A seleção tecnológica imprime, na prática, um processo similar ao do gerenciamento da inovação apresentado no item anterior. A diferença principal reside nas etapas iniciais, nas quais, ao investigar as tecnologias disponíveis no mercado do setor em que se atua, opta-se pela escolha de uma, dispensando-se a identificação e o desenvolvimento de uma invenção com potencial comercial. As demais etapas, de implantação e monitoramento dos resultados e dos efeitos colaterais, complementam esse processo. Há também, entretanto, algumas diferenças nas atividades e nos aspectos, resumidos nos quadros internos ao ciclo de etapas ilustrado na figura 3.2, que são consideradas através de focos específicos de métodos já desenvolvidos para a seleção tecnológica no subsetor edificações, mencionados ao longo do texto que segue. Fundamental, por outro lado, é a consideração, na seleção tecnológica, dos princípios apresentados no item 2.3 sobre a estratégia de operações.

A seleção tecnológica já foi alvo de diversas pesquisas em construção, tanto em nível nacional quanto em nível internacional. Em geral, essas pesquisas estabeleceram a elaboração de métodos avaliação tecnológica com focos diferenciados, servindo como complementos ao processo decisório inerente à escolha tecnológica.

No Brasil, pode-se destacar alguns métodos desenvolvidos, como os de Barros (1996) e Silva (1996), que focam, respectivamente, a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na etapa de construção e a seleção de técnicas construtivas segundo os custos de manutenção advindos de suas aplicações. No que diz respeito à classificação de tecnologias de edificação e de sistemas construtivos disponíveis, pode-se referir ao método de Abdalla (1995), enquanto que, para aspectos genéricos do gerenciamento da implantação de novas tecnologias em empresas construtoras, Dalcul (1995) apresenta uma sistemática de atuação e resolução de problemas específicos.

No exterior, há diversos métodos e técnicas desenvolvidas especificamente para o auxílio à seleção de técnicas construtivas. Para a análise de características de cunho estratégico já situadas dentro de uma política de desenvolvimento tecnológico pré-estabelecida, pode-se referir às recomendações de Wells (1993), que enfatiza a análise de aspectos como o tipo de contrato normalmente praticado pela empresa, a estabilidade da tecnologia, a construtibilidade e os custos de produção. Na análise de aspectos internos da organização e sua capacidade de absorção da nova tecnologia analisada, por sua vez, Hampson (1996) estabelece uma lógica de avaliação bastante específica para a construção. Rosenfeld (1994), por outro lado, estabelece uma tabela com critérios avaliadores de sistemas construtivos que auxilia na verificação da adequação de tecnologias construtivas também segundo uma política de gerenciamento tecnológico já previamente estabelecida. Finalmente, para a avaliação quantitativa e comparativa no plano operacional, Tommelein (1998) e Ioannou & Martinez (1996) apresentam exemplos de utilização de técnicas de simulação de fases da etapa de construção, baseadas em modelos probabilísticos.

O método de Abdalla (1995) estabelece uma classificação de sistemas construtivos segundo as seguintes categorias: índice de industrialização (artesanal, manufatureiro, parcialmente mecanizado, totalmente mecanizado); nível técnico (tradicional, intermediário, avançado); natureza do processo de produção (tradicional, pré-fabricado, tradicional racionalizado, pré-moldado, misto); ciclo de produção (curto, médio, longo); característica da produção (produto único, seriado, produção mista); grau de liberdade do sistema (fechado, semi-aberto, aberto); peso dos elementos (leve-manual, leve-mecanizado, pesado); tamanho dos elementos (pequeno, médio, grande); natureza dos materiais (concreto, aço, madeira, polímeros, etc.); e tipo de demanda (tipologia arquitetônica única, variada ou subsistemas de construção).

O método de Rosenfeld (1994), por sua vez, busca comparar diferentes sistemas construtivos através de uma avaliação genérica de dez atributos, utilizando uma forma simplificada de avaliação, na qual os sistemas são postos lado a lado em uma tabela para facilitar a visualização comparativa. Os dez atributos compreendem: flexibilidade de projeto, imperfeição

dos acabamentos, grau de pré-fabricação, necessidade de equipamentos no canteiro, investimento em capital, dependência do tamanho do empreendimento, desempenho a longo prazo, habilidade requerida da mão de obra, implicações sociais e velocidade de execução. O critério para a comparação é a rotulação em “melhor”, “médio” e “pior”, que deve ser realizada de acordo com a política tecnológica da empresa.

O método desenvolvido por Dalcul (1995), elaborado a partir de um estudo de caso em uma construtora de pequeno porte de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, diagnostica e avalia a capacidade tecnológica da empresa. O sentido de análise proposto por esse método parte da pré-escolha de uma tecnologia de edificação e a verificação se esta tecnologia atende aos objetivos da estratégia tecnológica formulada pela empresa, assim como a verificação de efeitos em diversos aspectos da organização decorrentes da sua implementação. Abaixo são apresentados os aspectos que Dalcul propõe avaliar:

- Capacidade de Sintonia: busca verificar se há sintonia entre as visões dos diretores da empresa em relação à estratégia tecnológica e global em função da análise da missão de cada diretor, as etapas necessárias que cada um cita para alcançar a missão e o papel da empresa frente ao mercado existente.
- Capacidade de Sensibilização: busca verificar a intenção dos representantes da empresa em relação à implantação de inovações tecnológicas. Questiona-se: por que mudar? A mudança segue os princípios da empresa ou é radical? Por que a escolha da nova tecnologia? Os diretores estão realmente cientes e de acordo com a nova tecnologia proposta? Os funcionários estão cientes da influência da nova tecnologia em suas funções? Existe um plano de implementação da nova tecnologia? Existem perspectivas de resultados almejados?
- Capacidade de Motivação: busca verificar a intensidade dos fatores motivacionais em relação à implantação de uma nova tecnologia. Para tanto, questiona-se: qual a atuação dos diretores na implantação da nova tecnologia? Os funcionários têm perspectivas profissionais na empresa? Quais os funcionários que a nova tecnologia vai interferir mais diretamente? Como a influência da nova tecnologia numa determinada função será avaliada por outra não afetada por ela?
- Capacidade de Integração: busca verificar o nível de integração na empresa. Questiona-se: existe definição de cargos e funções na empresa? Os funcionários conhecem e entendem ela efetivamente? Todos os setores têm conhecimento das mudanças necessárias devido à implantação da nova tecnologia? Como funciona o fluxo de informação da empresa?

- Capacidade de Adequação: busca verificar a adequação da nova tecnologia aos objetivos propostos pela empresa e à sua estrutura organizacional. Questiona-se: a nova tecnologia está de acordo com o plano de estratégia tecnológica da empresa? Quais os departamentos que serão afetados com a nova estruturação exigida pela nova tecnologia? O tempo de implementação da nova tecnologia está dentro dos planos de estratégia tecnológica da empresa? Os objetivos devem ser repensados?
- Capacidade de Recursos: busca verificar se há recursos para a implementação da nova tecnologia, analisando-se os diversos custos associados (materiais, recursos humanos, aquisições de equipamentos, etc.).
- Capacidade de Continuidade: busca verificar se a nova tecnologia têm condições de permanecer eficaz através da análise de recursos financeiros, das expectativas da diretoria da empresa, dos detentores da tecnologia e dos funcionários e das perspectivas de desenvolvimento da empresa.

Como se pode observar, o método de Dalcul (1995) busca, em sua síntese, garantir a ligação adequada da tecnologia escolhida com a estratégia tecnológica desenvolvida. Para tanto, há uma ênfase na verificação dos aspectos organizacional e humano.

O gerenciamento da seleção tecnológica envolve, de modo geral, um conhecimento amplo das possibilidades tecnológicas existentes, uma definição clara dos objetivos e necessidades de utilização da tecnologia selecionada, a previsão do desempenho da tecnologia selecionada e a investigação e minimização constante dos efeitos colaterais, sobre a organização, advindos da implantação da mesma. Em geral essas tarefas podem ser preferivelmente realizadas através da aplicação de métodos como os citados, sendo que se deve, segundo Edosomwan (1989), primordialmente estabelecer de forma clara um ciclo completo de atividades gerenciais.

3.5 CONDICIONANTES DA INOVAÇÃO E SELEÇÃO TECNOLÓGICA NO SEGMENTO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

O segmento de habitações de interesse social possui uma condicionante básica que pré-determina muitos aspectos a serem decididos quanto à inovação ou seleção de tecnologias de edificação apropriadas: a necessidade da produção de habitações com baixo custo. Esse fato, conforme mencionado na introdução, tem, de forma geral, proporcionado o desenvolvimento de tecnologias de edificação marcadas por características como uma maior simplificação dos acabamentos da edificação, um grau maior de padronização dos elementos construtivos da edificação e do projeto e uma escala de produção sensivelmente maior que a de outros segmentos do subsetor edificações. Juntamente com outros fatores relativos a esse segmento, como o

conhecimento das necessidades do cliente e da realidade social brasileira, esse quadro permite o condicionamento de outros fatores estratégicos importantes ao inovar ou escolher tecnologias para a produção de edificações de baixo custo. Nesse sentido, utiliza-se os aspectos estratégicos fundamentais identificados por Grant et al. (1991) na determinação da tecnologia apropriada de produção, apresentados na figura 3.3, como ponto de partida da avaliação de características intrínsecas de tecnologias de edificação para o segmento de habitações de interesse social.



Figura 3.3: Aspectos estratégicos determinantes da tecnologia apropriada de produção (Grant et al.,1991).

Segundo o modelo apresentado na figura 3.3, os objetivos estratégicos da empresa podem se enquadrar em três direções diferentes: liderança em custo, busca da diferenciação ou ainda mudança das características do mercado com o auxílio de novas tecnologias. Nesse aspecto, empresas construtoras que atuam no segmento de habitações de interesse social devem perseguir a liderança em custo, conforme mencionado anteriormente. Existem, entretanto, algumas preocupações adicionais a esse fato. Santos (1995b), por exemplo, chama a atenção de que a busca do baixo custo na produção de habitações para o público de baixa renda deve se estender também para fases posteriores à conclusão da obra que envolvam a customização da edificação a custos do próprio usuário final. A empresa construtora, portanto, deve, além de buscar o baixo custo de produção, garantir que a tecnologia de edificação utilizada possibilite fáceis modificações no produto final após sua conclusão.

Nesse sentido, deve haver a busca contínua do desenvolvimento ou da seleção de tecnologias que possibilitem, além do baixo custo, a flexibilidade de novos produtos (Baron & Martucci, 1995). Santos (1995b) propõe, por outro lado, que a tecnologia de edificação seja descentralizada, isto é, que envolva a participação do usuário, diversidade de produção, variedade na habitação e uso de processos produtivos, materiais e mão de obra locais.

Assim, as empresas de construção de habitações de interesse social devem ter como objetivos estratégicos, segundo o modelo de Grant et al. (1991), a liderança em custo e a busca da diferenciação. Num segundo plano, podem ainda adotarem uma postura pró-ativa e introduzir mudanças no mercado em que atuam. As tecnologias de edificação apropriadas, desse modo, deverão ser desenvolvidas ou selecionadas preferencialmente com base na simplicidade, baixa intensidade de capital e em materiais baratos e de fácil disponibilidade.

Quanto aos recursos nacionais, as empresas devem analisar principalmente o contexto econômico e cultural do país ou região em que atuam. Investigações, portanto, sobre aspectos como as características da mão de obra disponível (custo, qualificação, disponibilidade, escolaridade, etc.) e indicadores econômicos nacionais ou regionais (taxas de juros a longo prazo, taxa de inadimplência, taxas de retorno interno viáveis, etc.) devem ser conduzidas principalmente na etapa de identificação de invenções com potencial de exploração comercial. No contexto brasileiro de produção de habitações de interesse social, historicamente o governo tem financiado programas para a construção de habitações de baixo custo, entretanto, com intensidade irregular. Quanto às características da mão de obra disponível no Brasil, pode-se destacar, segundo SESI (1991), que a mesma é constituída por operários com baixo índice de escolaridade, sendo marcantes ainda os elevados índices de rotatividade e de absenteísmo. Os processos de inovação e de seleção de tecnologias de edificação por parte de empresas construtoras atuantes nesse segmento devem, desse modo, buscar, na medida do possível, invenções potenciais ou alternativas, de preferência, economicamente independentes do governo e que não exijam treinamentos exigentes com relação à mão de obra, promovendo, por exemplo, o aprendizado lento e contínuo sem uma quebra de cultura de trabalho.

Os recursos da empresa dizem respeito a variáveis como recursos financeiros, capacidade do corpo técnico (engenheiros), número de plantas (na construção seriam canteiros de obra), capacidade da diretoria e a estrutura organizacional da empresa. Os recursos financeiros e a capacidade do corpo técnico são fatores exclusivos de cada empresa, não possibilitando uma contextualização para o caso do segmento de habitações de interesse social. O número de canteiros de obras, de forma geral, é pouco relevante, uma vez que a construção é nômade (Farah, 1988a). Por fim, a estrutura organizacional das empresas construtoras é geralmente funcional e possui diversos problemas no que se refere à comunicação (Formoso et al., 1994).

Finalmente, a análise do ambiente de mercado envolve principalmente a definição do tamanho do lote de produção, a variação da demanda e a estabilidade das relações entre a empresa e os clientes. No segmento de habitações de interesse social, o volume de produção (que nesse caso corresponde ao tamanho do lote) pode ser bastante variável, mas, em geral, suficiente

para justificar investimentos em soluções de padronização e racionalização. A variação da demanda é fortemente influenciada pelas políticas de financiamento habitacional, uma vez que o déficit habitacional brasileiro, conforme mencionado anteriormente, é elevadíssimo (Baron & Martucci, 1995). No caso das inovações tecnológicas, essa variação pode ainda depender de aspectos regionais que interferem nas relações de mercado, tais como a não aceitação por parte de clientes finais ou por parte de órgãos financiadores.

De modo geral, portanto, as tecnologias de edificação para a produção de habitações de interesse social devem buscar um baixo custo de produção, baixa intensidade de capital, possibilidade de adoção de um regime de auto-construção e a aceitação dos clientes. O impacto da sua implantação, por outro lado, deve ser gerenciado de acordo com suas influências sobre a empresa, e a tecnologia deve ainda apresentar possibilidades de participação do usuário final durante a construção da habitação, não quebrando, portanto, aspectos culturais do subsetor edificações e não definindo a utilização de materiais insubstituíveis.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto nesse capítulo, a seleção e o desenvolvimento de novas tecnologias de edificação devem seguir um processo cíclico de ações gerenciais bem definido, como o modelo apresentado por Edosomwan (1989). Por outro lado, elas devem também considerar conceitos básicos administração de operações, como os referentes à gestão de processos, SAPs e análise de valor apresentados no capítulo 2, a fim de que se garanta uma gestão de processos mais eficiente já na concepção ou escolha da maneira de produzir.

Tendo em vista a importância estratégica da função produção, por sua vez, uma contextualização genérica, juntamente com a aplicação adequada dos conceitos descritos sobre estratégia de operações, deve ainda ser levada em conta, a fim de se estabelecer uma coerência de ações em todos os níveis das empresas construtoras e de se obter um desempenho mais coerente com objetivos competitivos. As tarefas de desenvolver novas tecnologias de edificação e selecionar uma alternativa tecnológica devem, desse modo, ser gerenciadas de forma mais efetiva, obtendo-se vantagens competitivas das inovações introduzidas que facilitem satisfazer o cliente final com o mínimo de recursos possível.

4 DESCRIÇÃO DAS FASES, FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA PESQUISA

Esse capítulo apresenta o método de pesquisa adotado. São descritas as três fases da pesquisa realizada e as ferramentas e técnicas utilizadas. No capítulo 5, são apresentados os resultados das duas primeiras fases realizadas, e os capítulos 6 e 7 apresentam os resultados da terceira.

Conforme mencionado no item 1.5, as três fases da pesquisa compreenderam: (a) identificação das necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação para a habitação de interesse social, que configurou uma pesquisa de investigação; (b) investigação da aplicabilidade de ferramentas para mapeamento e análise de processos em canteiros de obras, configurando um estudo piloto; e (c) elaboração e validação do método proposto, que configurou, por fim, uma pesquisa de estudo de caso. Nessas três fases, diferentes ferramentas e técnicas para levantamento, processamento e análise de dados foram utilizadas, procurando-se seguir três princípios importantes de coleta de dados para qualquer projeto de pesquisa: (a) coletar dados em múltiplas fontes de evidências; (b) criar um banco de dados do estudo de caso; e (c) manter uma lógica de evidências (Yin, 1994).

Da primeira à terceira fase, entretanto, um aspecto fundamental acompanhou a pesquisa: a abordagem da avaliação de desempenho aplicada sobre tecnologias de edificação levando em conta a gestão de processos. O fato que possibilitou a utilização de tal abordagem, mais indicada para avaliar aspectos estáticos – e não aspectos dinâmicos dos processos de produção, foi o enfoque em tecnologias de edificação através de seus processos intrínsecos e constantes. Assim, como mencionado no capítulo 1, o escopo do trabalho limitou-se aos fluxos de processos que não se alteram, isto é, os processos constantes de cada sistema construtivo, podendo esses, portanto, serem submetidos a uma análise através de critérios de desempenho desenvolvidos a partir da abordagem da avaliação de desempenho. Essa idéia, por outro lado, excluiu qualquer consideração por essa pesquisa de duas importantes dimensões dos estudos de gestão de processos, conforme a classificação de Ishiwata (1991): o estudo dos tempos e o estudo dos movimentos.

4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A utilização da abordagem da avaliação de desempenho na construção habitacional tem sido discutida há mais de quarenta anos. Segundo Lagente (1974), as origens dessa abordagem

começaram por volta de 1955, dez anos após o término da Segunda Guerra Mundial, período esse de reconstrução acelerada de muitas cidades da Europa. Começava-se, nessa época, a direcionar a atenção para a qualidade das habitações, que até então havia sido deixada de lado em função da grande demanda por habitações na época. Na França, passaram a vigorar prescrições funcionais e técnicas uniformes mínimas (Lagente, 1974), que representaram a primeira preocupação com a regulação da qualidade na construção naquele país. Por volta de 1960, ainda segundo Lagente (1974), o CSTB francês (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*) desenvolveu e promoveu o conceito de qualidade através da satisfação de requisitos. Essa discussão levou as prescrições funcionais e técnicas anteriores a se basearem em requisitos de qualidade que deveriam ser satisfeitos, dando origem ao Código de Edificações, por volta de 1969, ainda na França. Foi criado, então um método de mensuração da qualidade das edificações, chamado de Norma Útil, que avaliava aspectos como a resistência térmica e acústica, entre outros.

O método da Norma Útil, entretanto, era extremamente simplista, não havendo uma coerência bem definida na formulação dos requisitos de qualidade a serem atingidos pelas edificações e sendo confinado a tipologias construtivas pré-determinadas (Lagente, 1974). Assim, o Ministério dos Equipamentos da França criou, em 1972, comissões técnicas para o desenvolvimento de um método de quantificação da qualidade com uma aplicabilidade maior e, em 1974, foi elaborado o método *Qualitel*, conhecido hoje como Abordagem de Avaliação de Desempenho (Lagente, 1974).

Muitos estudos e muitas discussões foram realizadas em cima do método *Qualitel* até que esse tomasse a forma atualmente utilizada. Cromberg (1975) estabeleceu alguns princípios para a seleção dos critérios e da forma de aplicação da abordagem de desempenho, lembrando ainda que o ponto de partida para a definição desses aspectos dependia do caráter da avaliação, que poderia ser: (a) seleção subjetiva (por um especialista ou por um grupo de pessoas); (b) seleção baseada na viabilidade de ferramentas e métodos de realização de testes; (c) seleção baseada na função principal do objeto em análise; (d) seleção baseada nas informações referentes a produtos já em utilização pelo cliente final; e (e) seleção baseada no estudo dos requisitos do cliente (pesquisa realizada durante a seleção dos critérios). A forma citada por Cromberg (1975), por sua vez, assume, em geral, três elementos, sendo essa também a forma atualmente mais utilizada da abordagem de avaliação de desempenho:

- Características da qualidade: são as necessidades do cliente, num âmbito amplo e genérico. Devem indicar claramente o que deve ser atingido do ponto de vista do cliente;

- Requisitos de desempenho: são requisitos estabelecidos segundo as características da qualidade, sendo formulados sem a consideração da aplicação de um método, material ou procedimento específico. Possuem uma meta intrínseca, estabelecida por uma definição objetiva do que deve ser atingido em termos de desempenho do objeto em avaliação;
- Crítérios de desempenho: procedimentos para o controle do atendimento dos requisitos de desempenho. Esse controle pode ser realizado através de indicadores de desempenho que medem esse atendimento de forma quantitativa ou qualitativa.

Quanto às restrições da abordagem de avaliação de desempenho, Lagente (1974) lembra que não é possível a utilização do método *Qualitel* para casos em que não se pode estabelecer uma correlação entre a medição de critérios de desempenho e a satisfação estabelecida do cliente, assim como para os casos em que não é possível a medição ou a aplicação de critérios de desempenho.

No Brasil, Souza (1988) exemplificou a utilização da abordagem da avaliação de desempenho através da apresentação de uma Norma Técnica da *International Organization for Standardization* (ISO), ISO 6142, relativa à avaliação técnica de tecnologias de edificação. Nesse exemplo, quatorze características de qualidade exigidas em termos de desempenho técnico deveriam ser avaliadas: segurança estrutural, segurança ao fogo, segurança à utilização, estanqueidade, conforto higrotérmico, exigências atmosféricas (pureza do ar e limitação dos odores), conforto visual, conforto acústico, conforto tátil, conforto antropodinâmico, higiene, adaptação à utilização, durabilidade e economia (Souza, 1988). Essa aplicação da abordagem da avaliação de desempenho, como pode ser notado pelo teor das características de qualidade identificadas, levou em conta o caráter função do objeto em estudo (a edificação), e o cliente considerado foi o usuário final da edificação. Assim, nesse exemplo, a forma da abordagem de desempenho assumiu a mesma forma apresentada anteriormente (características da qualidade, requisitos e critérios). Observa-se, por outro lado, que a ISO tem modificado continuamente a forma de aplicação da abordagem de avaliação de desempenho, assim como os conceitos de requisito e critério.

Na pesquisa realizada, o cliente considerado na utilização dessa abordagem foi constante: a gestão de processos de produção. Assim, a abordagem da avaliação de desempenho utilizada assumiu a forma de características da qualidade, requisitos de desempenho e critérios de desempenho, orientando, durante as três fases, a identificação dessas características da qualidade, a formulação desses requisitos de desempenho e a elaboração de indicadores de desempenho - os quais compreenderam os critérios de desempenho e procedimentos de medição. Essa orientação,

por sua vez, considerou a viabilidade de técnicas e ferramentas de medição aplicáveis no escopo da pesquisa e principalmente a tangibilidade do objeto em estudo (processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação).

As três fases da pesquisa realizada consumiram cerca de oito meses. A figura 4.1 ilustra essas fases e as etapas realizadas, resumindo as ferramentas ou técnicas utilizadas e os resultados obtidos em cada uma delas. Em seguida, seguem seções que descrevem em maiores detalhes a cada fase.

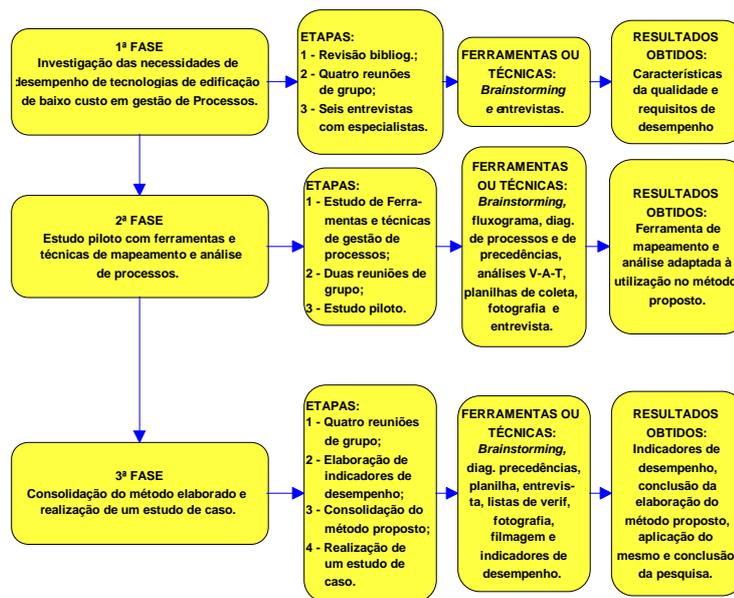


Figura 4.1: Resumo das fases e etapas da pesquisa realizada.

4.2 A PRIMEIRA FASE: INVESTIGAÇÃO

Essa fase de investigação teve como principal objetivo a identificação e seleção das características da qualidade que tecnologias de edificação para a produção de habitações de baixo custo deveriam possuir para que as mesmas possibilitassem uma maior eficácia e uma melhor eficiência na gestão de processos. Buscou-se, também nessa fase, a formulação de requisitos de desempenho correspondentes às características da qualidade selecionadas de modo, como mencionado anteriormente, a viabilizar uma medição através de indicadores de desempenho. Sua duração foi de aproximadamente quatro meses.

Conforme ilustrado na figura 4.1, essa fase foi compreendida pelas etapas de revisão bibliográfica, reuniões de grupo com pesquisadores em gerenciamento em construção e coleta de informações junto a especialistas em tecnologias de edificação, em gestão de processos e em

gerenciamento em construção. Ainda segundo a figura 4.1, utilizou-se nessa fase a técnica de *brainstorming* para as reuniões de grupo realizadas e a ferramenta entrevista para a coleta de informações junto aos especialistas que participaram da pesquisa.

A etapa de revisão bibliográfica foi efetuada principalmente em periódicos e livros relacionados à gestão de processos, administração de operações e paradigmas de produção, conforme apresentado no capítulo 2. Também foram revistos trabalhos realizados sobre a problemática da habitação de interesse social, tecnologias de edificação voltadas a esse segmento do subsetor edificações e ainda necessidades de desempenho de tecnologias de edificação para esse fim, porém com focos de análise diferentes do foco adotado nessa pesquisa.

Simultaneamente ao progresso da revisão bibliográfica, quatro reuniões de grupo, regidas pela técnica de *brainstorming*, foram realizadas com a finalidade de se identificar relacionamentos entre diferentes aspectos do desempenho de tecnologias de edificação do ponto de vista da gestão de processos e no contexto do segmento de habitações de interesse social. Essas reuniões envolveram principalmente a consideração de princípios da construção enxuta e de sistemas de administração da produção específicos, tais como o JIT, como necessidades de desempenho em gestão de processos dessas tecnologias de edificação. Cada uma dessas reuniões de grupo teve uma duração média de uma hora e trinta minutos, e os participantes, como mencionado anteriormente, foram pesquisadores em gerenciamento em construção.

O *brainstorming* é uma técnica de reunião de grupo em que todos os participantes são orientados a pensar sobre aspectos bem definidos e bastante específicos de um assunto de cada vez da pauta, permitindo que as idéias e as considerações de todos presentes nas reuniões sejam expostas. Basicamente o mentor da reunião apresenta um tópico de discussão e então elege alguns aspectos sobre o qual todos devem refletir. As pessoas presentes citam, então, idéias e considerações na forma de poucas palavras que são anotadas pelo mentor da reunião. Em geral todos participam com colaborações diversas sobre o aspecto estudado. No final, todos fazem uma reflexão sobre as palavras ou idéias anotadas e uma conclusão geral é formulada, geralmente em forma de uma frase que abrange os principais aspectos lembrados durante a reunião. Ela permite o aproveitamento das experiências e conhecimentos de praticamente todas as pessoas presentes nas reuniões (Santos, 1996). A técnica de *brainstorming* foi a escolhida em função do tempo curto disponível para a realização das reuniões de grupo e do prisma de análise ser basicamente fixo: gestão de processos. Além disso, a técnica de *brainstorming* mostrou-se a mais adequada também em função da sua maior eficiência para assuntos mais específicos, como a discussão sobre a aplicabilidade de um indicador de desempenho em relação à gestão de materiais, por exemplo.

Finalmente, a etapa de coleta de informações junto a especialistas em gestão de processos, em gerenciamento em construção e em tecnologias de edificação foi realizada através de entrevistas com durações variadas, entre vinte e sessenta minutos. Seis especialistas foram entrevistados com o objetivo de se identificar necessidades de desempenho genéricas de tecnologias de edificação para a produção de habitações de baixo custo. O quadro 4.1 resume as questões abordadas nessas entrevistas, e o quadro 4.2 apresenta o perfil e as principais informações obtidas de cada um dos especialistas entrevistados, discutidas com maior profundidade no capítulo 5.

Quadro 4.1: Resumo das questões das entrevistas realizadas com especialistas.

Objetivo
Identificar necessidades de desempenho genéricas de tecnologias de edificação para a produção de habitações de baixo custo.
Questões
<ul style="list-style-type: none"> • O que um sistema construtivo para a habitação de baixo custo deve ter como principais características ? • Como deve ser a sua concepção ? Sistema aberto ? Sistema fechado ? • Que grau de industrialização (pré-fabricação ou componentização) esse sistema deveria apresentar ? • Qual as vantagens de um sistema construtivo com esse grau de industrialização ? • Quanto à mão de obra empregada. Que características deve possuir ? Seria melhor a predominância de operários treinados especificamente para a tecnologia utilizada ? • De forma geral, o que deve ser considerado na escolha de diferentes sistemas construtivos quanto à gestão dos processos de produção ? • Quais as principais necessidades do cliente externo (usuário) que esse sistema construtivo deve atender ?

Quadro 4.2: Perfil e principais respostas dos especialistas entrevistados.

PERFIL DO ENTREVISTADO	PRINCIPAIS IDÉIAS IDENTIFICADAS
Professor universitário por longo período, doutor em engenharia, especialista em desenvolvimento e implantação de tecnologias de edificação inovadoras e com auto grau de industrialização, experiência internacional com construções de grande volume de produção.	<ul style="list-style-type: none"> - o sistema deve ser fechado; - custo é a principal variável; - o grau de industrialização deve ser o maior possível; - o sistema deve oferecer um número limitado de opções diferentes (de produto); - a demanda deve ser interminável; - tempo de ciclo: depende de diversos outros fatores, como forma de contratação; - variabilidade: controlada pelo grau de industrialização (quanto maior o grau de industrialização, menor a variabilidade); - qualquer sistema construtivo tem sempre os mesmos materiais básicos - a gestão de processos deve andar junto com a técnica na hora de conceber o sistema construtivo.
Consultor, doutor em engenharia, especialista em gerenciamento em construção com experiência em intervenções em canteiros e em empresas construtoras.	<ul style="list-style-type: none"> - deve-se identificar primeiramente a estratégia competitiva da empresa ou governo; - as principais variáveis são diferenciação, custo e enfoque (competitivo); - as características do produto são prioritárias em relação à estratégia; - deve-se definir quem é o agente interessado no sistema construtivo e quem é o cliente; - a habitação de interesse social não pode prescindir de itens básicos da edificação (portas, etc.); - caracterizar os objetivos de quem vai produzir, identificar o cliente e fazer uma estratégia de produção.
Professor universitário, doutor em engenharia, especialista em gerenciamento em construção e em técnicas construtivas racionalizadas, experiência em diversas pesquisas de campo para a implantação de tecnologias inovadoras.	<ul style="list-style-type: none"> - a tecnologia de edificação deve buscar o baixo custo de produção; - é preferível a utilização de centrais de produção próximas dos canteiros ou dentro dos canteiros de obras; - deve-se manter a cultura do operário; - a racionalização é uma opção para o caso da habitação de interesse social.

Quadro 4.2: Perfil e principais respostas dos especialistas entrevistados (continuação).

PERFIL DO ENTREVISTADO	PRINCIPAIS IDÉIAS IDENTIFICADAS
Professor universitário, doutor em engenharia, especialista em gerenciamento em construção.	<ul style="list-style-type: none"> - a tecnologia deve ser padronizada, Ter elementos constantes; - a variabilidade deve ser a mínima; - os sistemas de grande escala de produção devem facilitar o controle da produção; - as habitações de interesse social a serem construídas devem de preferência ser de uma tipologia única.
Engenheiro civil, Mestre em engenharia de produção, gerente por longo período de centrais de produção da Encol S.A., experiência com sistemas de administração da produção.	<ul style="list-style-type: none"> - o tempo total de ciclo deve ser reduzido; - o controle dos processos deve ser realizado sobre pacotes de produção; - deve-se buscar a padronização e a redução da variabilidade sempre que possível; - deve-se empregar elementos de maior valor agregado.
Professor universitário, engenheiro civil e engenheiro agrônomo, doutor em engenharia civil, especialista em desenvolvimento sustentável aplicado à construção e especialista em conforto nas edificações.	<ul style="list-style-type: none"> - o sistema construtivo deve empregar materiais de baixo valor energético e de fácil reciclagem; - ele deve produzir edificações que utilizam menos recursos energéticos, tais como luz, calor, etc.; - de preferência deve-se estimular sistemas simples, que possam ser adotados pelos usuários, como num sistema de auto-construção; - o ritmo de trabalho não é muito relevante.

Segundo Yin (1994), a ferramenta entrevista para a coleta de dados para pesquisas possui duas grandes vantagens: (a) é uma ferramenta objetiva, focando diretamente no tópico de interesse; e (b) é uma ferramenta rica em possibilidades de informação, provendo inferências causais. Yin (1994), entretanto, chama a atenção para alguns cuidados que devem ser tomados na aplicação dessa ferramenta: (a) cuidar para as questões não ficarem pobres; (b) cuidar eventuais distorções nas respostas do entrevistado; (c) cuidar a falta de precisão das conclusões devido à pouca aplicação das entrevistas; e (d) cuidar para que a entrevista não seja influenciada pelo entrevistador, o que conduz o entrevistado a responder o que o entrevistador quer ouvir apenas. Nessa fase, as entrevistas realizadas procuraram fazer com que os especialistas entrevistados se sentissem à vontade em se estender nos tópicos que eles achassem mais relevantes do assunto abordado nas questões descritas no quadro 4.1. Essa foi a principal razão da ocorrência de variações significativas nas durações dessas entrevistas entre os especialistas entrevistados.

Os resultados e as conclusões dessa primeira fase foram alcançadas de forma paulatina ao longo das reuniões de grupo realizadas e da evolução da revisão bibliográfica. Já desde a primeira dessas reuniões de grupo, ficou estabelecido que grande parte das características da qualidade selecionadas se originariam dos princípios da construção enxuta propostos por Koskela (1992), apresentados no capítulo 2. A segunda reunião de grupo realizada determinou outros princípios e premissas discutidas como necessidades de desempenho de tecnologias de edificação de baixo custo para a gestão de processos. Essas últimas, por sua vez, se originaram principalmente dos demais aspectos abordados sobre a administração de operações e gerenciamento da inovação e da seleção tecnológica, contidos, respectivamente, nos capítulos 2 e 3.

A terceira e a quarta reunião de grupo discutiram especificamente os princípios estabelecidos por Koskela (1992), a delimitação das características da qualidade que seriam

consideradas para a aplicação da abordagem da avaliação de desempenho, a elaboração de requisitos de desempenho e a viabilidade da medição do atendimento dos mesmos através de indicadores de desempenho. Nem todos os requisitos elaborados poderiam ser medidos através de indicadores de desempenho em função, principalmente, da subjetividade de alguns deles e do escopo da avaliação ser somente os processos intrínsecos e constantes, sem a consideração de tempos e movimentos. Por sua vez, as entrevistas com os especialistas possibilitaram o levantamento de necessidades de desempenho variadas, tendo sido seus resultados utilizados como um complemento aos resultados das reuniões de grupo e da evolução da revisão bibliográfica.

Concluídas a seleção das características da qualidade que seriam utilizadas e a formulação dos requisitos de desempenho a partir dessas reuniões de grupo, da revisão bibliográfica e das entrevistas, deu-se, então, o início da segunda fase da pesquisa. De forma geral, os princípios da abordagem da avaliação de desempenho mencionados anteriormente foram seguidos, buscando-se garantir, desse modo, que as características da qualidade identificadas e selecionadas representassem de forma clara e genérica as necessidades principais das funções da gestão de processos e que os requisitos estabelecessem uma meta intrínseca a ser atingida.

4.3 A SEGUNDA FASE: ESTUDO PILOTO

A segunda fase teve seu início após o término das conclusões a respeito das necessidades e requisitos de desempenho de tecnologias de edificação com relação à gestão de processos de produção e no contexto da habitação de interesse social. O objetivo principal foi a identificação de formas de viabilizar o mapeamento e a análise de processos intrínsecos e constantes de diferentes tecnologias de edificação de forma ágil, para então possibilitar a aplicação de indicadores de desempenho em gestão de processos, a serem desenvolvidos na terceira fase da pesquisa. A duração total dessa fase, por outro lado, foi de aproximadamente dois meses.

Conforme ilustrado na figura 4.1, foram estudadas ferramentas e técnicas de mapeamento, análise e simulação de processos, assim como formas de coletar, processar e analisar dados para a medição do atendimento dos requisitos estabelecidos na primeira fase. Foram também realizadas duas reuniões de grupo com a técnica de *brainstorming* para identificar vantagens e desvantagens da aplicação dessas diferentes ferramentas e técnicas estudadas com essa mesma finalidade, buscando-se ainda contornar dificuldades impostas pelo aspecto da independência quanto às características de cada canteiro que o método proposto deveria possuir. Essas reuniões tiveram uma duração média de quarenta e cinco minutos e foram constituídas por pesquisadores em gerenciamento em construção.

Dentre as técnicas e ferramentas estudadas, as principais foram o fluxograma, o diagrama de processos ou operações, o diagrama de precedências, o diagrama homem-máquina, a amostragem de trabalho, as análises V-A-T e outros procedimentos específicos de mapeamentos constituintes de técnicas de simulação. Ao final, foram selecionadas três ferramentas e uma técnica de mapeamento e análise de processos dentre as estudadas para a realização de um teste prático através de um estudo piloto.

A seguir são apresentadas essas principais ferramentas estudadas discutidas nas reuniões de grupo realizadas. Em seguida, é descrito o método de coleta e processamento de dados do estudo piloto realizado.

4.3.1 As Técnicas e Ferramentas Discutidas nas Reuniões de Grupo

O fluxograma, primeira das ferramentas estudadas, é propõe o mapeamento e análise de interfaces e dependências de processos produtivos. Constitui uma das sete ferramentas da qualidade e é uma das primeiras ferramentas normalmente utilizadas em análises de processos. A notação gráfica adotada nessa pesquisa para a confecção de fluxogramas segue a estabelecida por Ishiwata (1991), apresentada nos quadros 2.1 e 2.2 do capítulo 2. Martins & Laugeni (1998), por sua vez, sugerem uma notação gráfica diferenciada para o caso de representações em operações de serviços. Essa notação é explicada na figura 4.2, onde são atribuídos diferentes símbolos gráficos para diferentes funções que devem ser mapeadas pelo fluxograma.

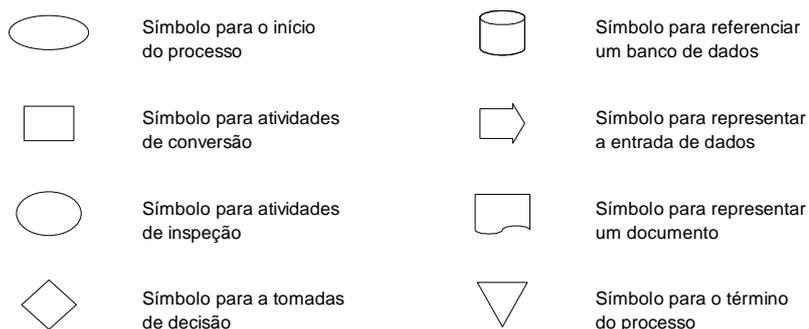


Figura 4.2: Notação gráfica para a confecção de fluxogramas em operações de serviços (Martins & Laugeni, 1998).

Quando os fluxogramas são utilizados para o mapeamento de processos mais abrangentes, sugere-se que sua confecção seja realizada com a consideração de aspectos funcionais, nos casos em que a responsabilidade por cada atividade deva ser enfatizada, ou espaciais, nos casos em que o local da realização deva ser enfatizado. A figura 4.3 ilustra um

exemplo de mapeamento de processos com a utilização de um fluxograma com ênfase no aspecto funcional, em que o mapeamento foi dividido em quatro colunas, cada uma representado um setor ou agente diferente.

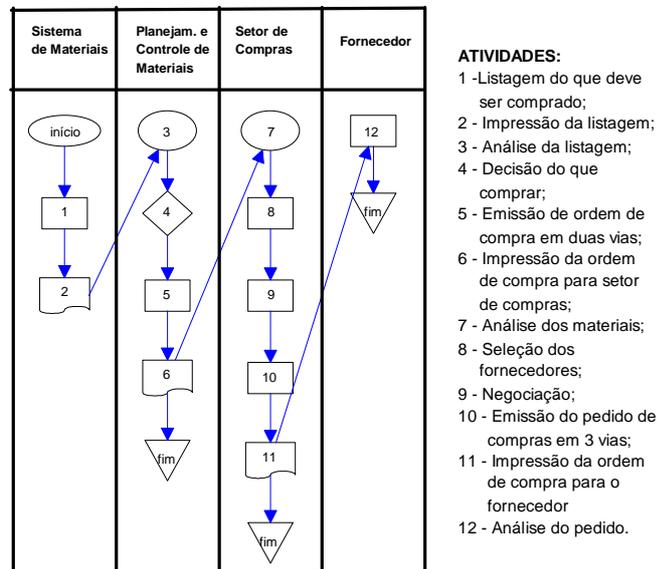


Figura 4.3: Exemplo de fluxograma com ênfase no aspecto funcional (Fonte: adaptada de Martins & Laugeni, 1998).

Como pode ser observado nas figuras 4.2 e 4.3, a notação gráfica de fluxogramas envolve principalmente a retratação de precedências entre atividades, classificando essas últimas em categorias conforme a melhor conveniência de aplicação dessa ferramenta. A retratação de processos e operações conforme conceituados no capítulo 2, entretanto, requer a aplicação de fluxogramas especificamente para os fluxos de materiais, pessoas, máquinas ou informações, classificando, sempre que possível, as atividades, no caso dos fluxos de materiais, conforme o modelo da produção enxuta: conversão, inspeção, transporte e espera.

O diagrama de processos ou operações, por outro lado, é uma ferramenta de mapeamento mais específica e completa. Através dele não somente as atividades de um determinado fluxo são mapeadas e ordenadas, como no uso de fluxogramas, mas também são registrados dados específicos, tais como o tempo ou distâncias percorridas (Krajewski & Ritzman, 1992). Sua utilização normalmente envolve o mapeamento de processos ou operações em detalhes, sendo que o nome diagrama de processos refere-se à aplicação dessa ferramenta no mapeamento e análise do fluxo dos materiais e de informações, e o nome diagrama de operações no mapeamento e análise dos fluxos de pessoas e máquinas. O quadro 4.3 ilustra um exemplo de

diagrama de operações aplicado no mapeamento e análise de um fluxo de operações, conforme conceito apresentado no item 2.5.3.

Quadro 4.3: Exemplo de diagrama de operações (Krajewski & Ritzman, 1992).

Serviço: confecção de um sorvete de uma bola. Objeto alvo: servidor no balcão. Começo: ida ao estoque de casquinhas. Final: alcance do sorvete ao cliente consumidor.			Atividade-De	Símbolo	Nº de ativid.	Tempo (min.)	Distância (pés)	
			Conv.	○	6	1,70	---	
			Transp.	⇒	6	0,80	76	
			Inspeç.	□	1	0,25	---	
			Espera	ω	1	0,50	---	
			Estocag.	τ	0	---	---	
Atividade Nº	Tempo (min)	Distância (pés)	○	⇒	□	ω	τ	Descrição da Atividade
1	0,20	5		X				Ir até as casquinhas
2	0,05		X					Pegar uma casquinha vazia
3	0,10	5		X				Ir ao balcão
4	0,05		X					Colocar a casquinha no servidor
5	0,20	8		X				Ir até a área da pia
6	0,50					X		Pedir para lavar a colher
7	0,15	8		X				Ir ao balcão com a colher lavada
8	0,05		X					Pegar a casquinha do servidor
9	0,10	2,5		X				Ir até o sabor solicitado
10	0,75		X					Pegar o sorvete do pote
11	0,75		X					Colocar o sorvete na casquinha
12	0,25				X			Checar a estabilidade
13	0,05	2,5		X				Ir ao balcão
14	0,05		X					Alcançar o sorvete ao cliente

Observa-se, no exemplo do quadro 4.3, que o diagrama de processos ou operações é mais indicado para o mapeamento de atividades específicas, concentradas em fluxos produtivos pequenos ou em partes de fluxos produtivos mais abrangentes. Assim como no caso dos fluxogramas, a aplicação de diagramas de processos, segundo os conceitos de processos e operações, e segundo o paradigma da produção enxuta, requer a adoção das atividades de conversão, espera, inspeção e transporte em fluxos de materiais, informação, pessoas e máquinas. Lembra-se, ainda, que, no caso das operações, podem haver outras atividades além dessas quatro salientadas pelos conceitos da produção enxuta e que referem-se, originalmente, apenas ao fluxo de materiais.

O diagrama de precedências, por sua vez, permite visualizar as precedências de cada serviço e atividade. Pode ser utilizado para verificar o grau de interdependência entre atividades e o número de níveis da produção, assim como de linhas de produção paralelas. Diferentemente dos fluxogramas e diagramas de processos, os diagramas de precedência não envolvem a utilização de símbolos específicos para atividades diferentes (Krajewski & Ritzman, 1992). Em geral, os diagramas de precedências são acompanhados por uma tabela que contém maiores informações sobre as atividades mapeadas, incluindo uma breve descrição, o tempo de execução da atividade e a indicação da atividade predecessora (Krajewski & Ritzman, 1992). A figura 4.4 ilustra um exemplo de diagrama de precedências. Nesse exemplo, a precedência mapeada refere-

se ao fluxo de materiais (processos) imposto pela tecnologia de montagem de um produto ou subproduto.

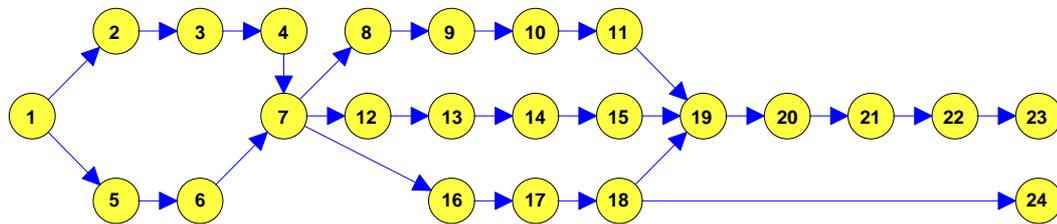


Figura 4.4: Exemplo de diagrama de precedências (Krajewski & Ritzman, 1992).

Como pode ser observado ainda nessa figura 4.4, o diagrama de precedências evidencia as atividades que devem ser realizadas antes e depois de cada etapa da produção de um bem ou serviço. Através desse mapeamento, pode-se ainda esclarecer atividades que podem ser feitas simultaneamente e as que não podem, dependendo da conclusão de atividades anteriores. Essa característica imprime uma melhor aplicação para análises mais globais de tecnologias de produção (Krajewski & Ritzman, 1992).

Finalmente, as análises V-A-T constituem uma técnica de análise de fluxos baseada nos produtos e suas cadeias de montagem. Segundo Umble (1992), essa técnica permite o monitoramento da forma como materiais e produtos fluem através da planta de produção por meio de configurações estruturais, chamadas de diagramas de fluxo de produtos, considerando os recursos críticos do sistema de produção e as interações entre produtos e subprodutos. Esses diagramas de fluxo de produtos, por sua vez, identificam cada uma das etapas da produção de cada produto, incluindo a operação desempenhada, o recurso utilizado e o número das mesmas.

As análises V-A-T tiveram sua origem na operacionalização de sistemas de administração da produção (SAPs) como o OPT (*optimized production technology*), nas quais, além de retratar a estrutura do fluxo de produtos e subprodutos, utilizava-se rastreamentos de notas de compras de materiais para o monitoramento do desempenho do sistema de produção e identificação de pontos de melhoria (Lockamy & Cox, 1991). A figura 4.5 apresenta as estruturas de fluxos de produtos e subprodutos aplicáveis a diferentes plantas e sistemas de produção. Essas estruturas possuem formas de “V”, “A” e “T” e deram origem ao nome dessa técnica de análise da produção.

No caso de sistemas de produção de edificações, a estrutura mais adequada para a análise é a “V”, que segundo Umble (1992), retrata melhor sistemas produtivos que processam inúmeros

materiais e apresentam vários subprodutos ou elementos intermediários na confecção de um único produto final. Entretanto, análises conjuntas, mesclando as estruturas “V”, “A” e “T” podem levar a resultados mais precisos para sistemas de produção complexos.

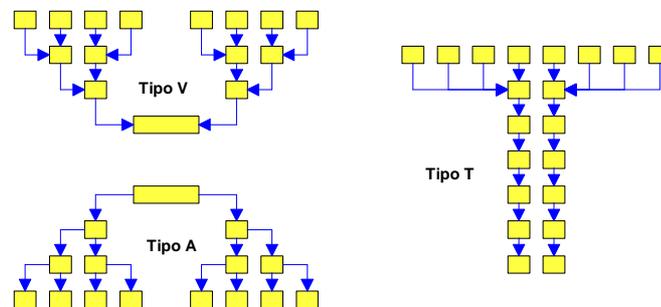


Figura 4.5: Estruturas genéricas de diagramas V-A-T do fluxo de produtos (Umble, 1992).

As demais técnicas e ferramentas estudadas são descritas a seguir de forma sucinta:

- **Diagrama homem-máquina ou carta de atividades múltiplas:** utilizada para verificar a carga de trabalho, por exemplo, de um operador que opera várias máquinas, possibilitando a representação e o registro das operações de máquinas e do operador com símbolos diferenciados (Martins & Laugeni, 1998). Não foi utilizado em função do seu foco não coincidir com o propósito da análise de tecnologias de edificação através de seus processos intrínsecos;
- **Amostragem de trabalho:** utilizada para obter uma estimativa da produtividade em relação ao tempo, através de medições, por exemplo, de tempos produtivos, improdutivos e auxiliares (Santos, 1996). Consiste em observações intermitentes e espaçadas ao acaso das atividades desempenhadas no fluxo de operações. Pode ainda ser usada para medir categorias de atividades que agregam e que não agregam valor, sendo um indicador de performance reduzida ou não em determinado fluxo de operações (Alarcón, 1997). Na pesquisa poderia ter sido utilizada para a verificação de um dos indicadores do método desenvolvido, apresentado no capítulo 6, porém optou-se por planilhas simples de coleta de dados em função do prazo de aplicação do método ser curto (aproximadamente 2 semanas);
- **Queue theory:** analisa os processos através da associação de fluxos de *inputs* e *outputs* à atividade principal de conversão dos mesmos (Krajewski & Ritzman, 1992). Não foi utilizada em função de sua análise ser centrada um fluxo de processo de cada vez, ao invés de cadeias de fluxos completos, sendo essa técnica, portanto, mais indicada para

análises de processos produtivos mais específicos. Ela também não estabelece relações de precedências em caráter mais sistêmico;

➤ **Técnicas de simulação:** reproduzem as condições reais em escala menor e são geralmente baseadas em modelos matemáticos. Foram estudadas três técnicas adaptadas para a construção:

➤ Redes petri: originalmente utilizada na simulação de sistemas computacionais, as redes Petri simulam o fluxo de processamento dos materiais. Basicamente, é construído um fluxo completo que retrata os locais ou etapas por onde os materiais passam e se transformam e, então, uma notação simbólica indica a posição do material a cada estágio do fluxo de processos a cada vez que o modelo é rodado (Wakefield & Glenn, 1997). As redes Petri simulam eficientemente atividades de conversão e de fluxo (como definidas no capítulo 2), porém devem ser utilizadas com riqueza de detalhes operacionais, incluindo configurações de canteiros de obras, o que foge do objetivo do método desenvolvido e inviabilizou sua utilização nesse trabalho;

➤ Pares aliados (*matched pairs*): é uma técnica de simulação que baseia-se na redução da variância e em séries aleatórias dedicadas e sincronizadas (Ioannou & Martinez, 1996). Essa técnica baseia-se também no sistema *Stroboscope* (sistema de simulação baseado nos estados e recursos dos processos). Seu princípio consiste basicamente em prever as incertezas de alternativas diferentes de tecnologias de edificação através de similaridades nos parâmetros aleatórios utilizados em cada caso, por isso o nome Pares Aliados. As incertezas, portanto, são simuladas de forma similar para todas alternativas, assumindo-se que suas principais causas não são devidas à tecnologia utilizada, mas sim à natureza da atividade em questão, no caso, a construção. Essa técnica de simulação não foi utilizada, portanto, porque se aplica à comparação de tecnologias de edificação que não imprimam uma quebra de cultura ou paradigma na produção de habitações. Essa limitação não foi considerada no método desenvolvido;

➤ Análises cíclicas e integradas ao projeto de sistemas em série de processos (*picasso*): utiliza dados baseados na estrutura da Técnica do Caminho Crítico (CPM) e gera simulações baseadas no sistema *Cyclone* (Rede de Atividades Cíclicas), criando programações alternativas em função do ritmo de produção. Essa técnica de simulação, por outro lado, é focada em atividades de conversão,

ignorando, assim como o CPM, o mapeamento e simulação das atividades de fluxo;

- **Linha de balanço:** transforma uma frente de trabalho em vários postos de trabalho e então tenta minimizar o número desses postos (Krajewski & Ritzman, 1992). Pode ser utilizada para mapear fluxos de operações e indicar o número de diferentes postos de trabalho. Não foi utilizada na pesquisa em função de seu foco ser as operações e dimensionamento de equipes, enquanto que o método desenvolvido foca-se nos processos (fluxos de materiais);

De todas essas principais ferramentas e técnicas apresentadas, as escolhidas para a aplicação no estudo piloto, de acordo com as reuniões de grupo realizadas, foram: fluxograma, diagrama de processos ou operações, diagrama de precedências e análises V-A-T. As demais foram descartadas principalmente devido ao escopo do mapeamento, que deveria excluir o estudo de tempos e movimentos, inviabilizando de imediato a utilização de grande número delas.

4.3.2 O Estudo Piloto

Em geral, a técnica e as ferramentas selecionadas para a aplicação no estudo piloto, descritas anteriormente, são voltadas principalmente para o mapeamento e análise das atividades de conversão dos fluxos de produção. Esse fato é decorrente, como mencionado no capítulo 2, delas terem sido desenvolvidas para utilização dentro dos moldes do paradigma da produção em massa e da busca do aumento da produtividade através da subdivisão das tarefas. Essa foi a principal justificativa da realização do estudo piloto e ainda foi um dos aspectos determinantes do método de realização do mesmo.

Os objetos de estudo desse estudo piloto, por sua vez, foram a agilidade e a eficácia dessas ferramentas e dessa técnica para realizar mapeamentos de processos intrínsecos que poderiam considerar as atividades de fluxo sem que as etapas de coleta e processamento de informações fossem demasiadamente demoradas. Nesse sentido, o quadro 4.4 destaca as vantagens e desvantagens, de modo geral, de aplicação de cada uma das principais ferramentas e técnicas estudadas no mapeamento de processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação, destacando a forma como foram aplicadas no estudo piloto as três ferramentas e a técnica selecionadas.

Quadro 4.4: Vantagens, desvantagens e forma de utilização ou não das principais ferramentas e técnicas de mapeamento e análise de processos estudadas (resultados das duas reuniões de grupo realizadas).

Técnica ou ferramenta	Vantagens da utilização	Desvantagens da utilização	Utilizada ? Por quê ?	A forma de utilização
Análises V-A-T	Baseada no fluxo dos	Somente para análises	SIM.	Entrevista inicial e

(somente a estrutura "V")	produtos e cadeias de montagem.	sistêmicas.	Obter noção geral de dependências.	observação no canteiro.
Fluxograma	Mapeamento simultâneo de diferentes fluxos.	Dificuldade na separação dos focos de análise.	SIM. Mapear dependências de diferentes fluxos.	Análise da estrutura "V", planilhas e observação.

Quadro 4.4: Vantagens, desvantagens e forma de utilização ou não das principais ferramentas e técnicas de mapeamento e análise de processos estudadas (resultados das duas reuniões de grupo realizadas) – continuação.

Técnica ou ferramenta	Vantagens da utilização	Desvantagens da utilização	Utilizada ? Por quê ?	A forma de utilização
Diagrama de precedências	Mapeamento direto do fluxo de interesse.	Desconsideração de atividades de fluxo.	SIM. Mapear somente o fluxo de materiais.	Análise do fluxograma e observações.
Diagrama de processos	Mapeamento direto e completo do fluxo de interesse.	Somente para análises específicas.	SIM. Analisar as atividades de fluxo do fluxo de materiais.	Análise do diagrama de precedências, fotografias e planilhas.
Diagrama homem-máquina	Análise simultânea do fluxo de trabalho do operário e da máquina.	Foco em fluxos de operações somente.	NÃO. Não retrata processos intrínsecos.	-----
Amostragem de trabalho	Análise específica das atividades de fluxo de operações.	Foco em fluxos de operações somente.	NÃO. Não retrata processos intrínsecos.	-----
<i>Queue theory</i>	Estabelece as seqüências de uso dos recursos.	Não mapeia de forma contínua.	NÃO. Não estabelece relação sistêmicas de precedências.	-----
Técnicas de simulação	Mapeiam todo o sistema de produção.	São trabalhosas e dispendiosas de tempo.	NÃO. Não havia disponibilidade.	-----
Linha de balanço	Mapeia relações dos fluxos de trabalho.	Foco em equipes (fluxo de operações)	NÃO. Não retrata processos intrínsecos.	-----

Como pode ser observado, nesse quadro 4.4, foi utilizada a estrutura "V" das análises V-A-T com o auxílio de uma entrevista informal com o encarregado da obra para mapear as relações de dependência tecnológica entre subprodutos da tecnologia de edificação aplicada no canteiro observado. A utilização do fluxograma, por sua vez, se deu em cima de fluxos mais específicos identificados entre esses subprodutos com o objetivo de mapear as relações de dependências entre materiais e informações (pontos de decisão) dentro da estrutura "V" mapeada. O diagrama de precedências foi aplicado para mapear especificamente o fluxo dos materiais do fluxograma confeccionado, considerando-se apenas as atividades de conversão. Finalmente, o diagrama de processos foi utilizado para o mapeamento mais aprofundado de uma parte desses fluxos, adicionando-se as atividades de fluxo. A consideração apenas das atividades de conversão no diagrama de precedências teve o objetivo de simplificar o processamento das informações.

As ferramentas escolhidas para o estudo piloto, ainda segundo o quadro 4.4, foram utilizadas em conjunto para permitir uma verificação da aplicabilidade de cada uma delas em suas funções mais vantajosas. Conforme mencionado, para o mapeamento dos processos intrínsecos e constantes segundo o objeto de avaliação do método desenvolvido, não foram consideradas apropriadas a utilização das demais técnicas e ferramentas utilizadas.

O estudo piloto, por sua vez, foi realizado em três semanas, nas quais um canteiro de obras na cidade de Alvorada/RS, onde era empregada uma tecnologia de edificação específica para a produção de habitações de baixo custo, foi alvo da aplicação das três ferramentas e da técnica de mapeamento e análise de processos selecionadas. Procurou-se coletar todos os dados necessários para a aplicação das ferramentas e da técnica através de registros fotográficos, planilhas de coleta de dados e de uma entrevista realizada informalmente com o encarregado da obra. O registro de imagens através de fotografias foi adotado em função da vantagem da simplicidade e do custo baixo, sendo indicado para o registro de diferentes etapas dos processos produtivos, de atividades de apoio e de dispositivos de segurança e comunicação (Santos, 1996). As planilhas de coleta de dados registraram informações pertinentes à aplicação da técnica e das ferramentas selecionadas, e as entrevistas coletaram informações adicionais do encarregado do canteiro de obras observado. Essas entrevistas, por sua vez, não seguiram uma formulação padrão devido ao caráter informal adotado durante o estudo piloto, que dispensava procedimentos formais de coleta, uma vez que a avaliação era sobre a agilidade das ferramentas, e não sobre a obra observada.

As etapas realizadas no estudo piloto foram:

- a) Construção de planilhas de coleta de dados (vide anexo I);
- b) Visita inicial ao canteiro de obras observado e aplicação de um entrevista informal com o encarregado do mesmo;
- c) Visitas sucessivas ao canteiro para o preenchimento das planilhas;
- d) Realização dos mapeamentos com a técnica e com as ferramentas selecionadas.

A primeira visita ao canteiro de obras analisado, em Alvorada/RS, envolveu a realização de uma entrevista informal acompanhada de uma planilha de coleta de dados que faziam parte do material de registro dos subprodutos e das dependências para a aplicação da estrutura “V” das análises V-A-T. Em seguida, sucederam-se visitas diárias para a coleta dos demais dados necessários para esse mapeamento e para a confecção de um fluxograma de uma cadeia de dependências, conforme mencionado, escolhida dentre as demais da estrutura “V” previamente montada. Na segunda semana, coletaram-se dados para a confecção dos diagramas de precedência e de processos de um fluxo específico de processamento de materiais. Finalmente, na terceira semana de visitas ao canteiro, realizaram-se apenas observações e registros fotográficos, a fim de auxiliar no processamento dos mapeamentos em andamento.

Ao término desse estudo piloto, pôde-se estabelecer a maneira mais adequada de mapear processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação segundo o horizonte desejado de

aplicação do método proposto e segundo a viabilização mais ampla de possibilidades de análises obtida da ferramenta utilizada. As conclusões dessa fase da pesquisa são apresentadas no capítulo 5, juntamente com os resultados da primeira fase. Maiores detalhes do estudo piloto podem ser encontrados no anexo I.

4.4 A TERCEIRA FASE: FORMULAÇÃO DO MÉTODO E ESTUDO DE CASO

Finalmente, a terceira fase da pesquisa realizada consolidou a formulação do método desenvolvido, sendo testada a sua eficácia através de um estudo de caso. Foram desenvolvidos os indicadores de desempenho em gestão de processos para tecnologias de edificação voltadas ao segmento da habitação de interesse social e foram estabelecidos os procedimentos de aplicação e interpretação dos mesmos, constituindo o método desenvolvido. Essa fase durou cerca de dois meses.

A partir das conclusões da segunda fase da pesquisa, foram realizadas, conforme a figura 4.1, quatro reuniões de grupo regidas pela técnica de *brainstorming* com o objetivo de encontrar formas de verificar, através de indicadores qualitativos e quantitativos, o atendimento dos requisitos estabelecidos de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação de baixo custo. Conforme a abordagem da avaliação de desempenho adotada, essa busca foi centrada na análise desses requisitos, das características da qualidade respectivas e das possibilidades de coleta e processamento de informações relativas a tecnologias de edificação com a utilização da ferramenta adotada ao final da segunda fase. Como resultado, dez indicadores de desempenho foram elaborados para serem utilizados no método de avaliação proposto.

Esses quatro *brainstormings* foram realizados durante aproximadamente um mês e foram acompanhados por análises dessas possibilidades de medições. Essas análises consideraram as diferentes formas de medição dos requisitos de desempenho levantados durante as reuniões de grupo realizadas, considerando, conforme mencionado, as limitações oferecidas pela ferramenta de mapeamento de processos selecionada a partir do estudo piloto previamente realizado. A duração média de cada *brainstorming*, por sua vez, foi de aproximadamente duas horas, e os participantes foram, assim como na primeira fase, pesquisadores em gerenciamento em construção.

Os procedimentos de aplicação dos indicadores elaborados foram estabelecidos com base na experiência do estudo piloto realizado e nas exigências imprimidas pela ferramenta de mapeamento de processos selecionada. A interpretação desses indicadores, por sua vez, foi determinada pela consideração dos diferentes aspectos discutidos no capítulo 2, do significado e

conotação específicas de cada requisito e característica da qualidade, finalmente, de aspectos estudados no capítulo 3 sobre o gerenciamento da inovação e da seleção tecnológica.

Após o término das quatro reuniões de grupo realizadas, foram estabelecidos os procedimentos finais de aplicação e interpretação de todos os indicadores em conjunto, constituindo o método de avaliação de tecnologias de edificação sob o enfoque da gestão de processos proposto. Assim, um estudo de caso seguindo esses procedimentos foi realizado durante cerca de um mês, finalizando a terceira fase da pesquisa.

Dentre as ferramentas adicionais que se utilizou nesse estudo de caso em relação ao estudo piloto da segunda fase, por sua vez, pode-se destacar o registro de imagens através de filmagem, indicado para o registro de atividades dinâmicas (Santos, 1996), um diagrama adaptado de precedências, explicado no capítulo 5, e listas de verificação, que constituem uma das ferramentas da qualidade utilizadas principalmente na coleta de dados para a inspeção de conformidades. No caso de avaliações, essa última ferramenta permite a obtenção de uma visão preliminar geral da situação do objeto analisado, imprimindo um caráter pró-ativo durante esse processo (Santos, 1996).

Os resultados dessa terceira fase estão descritos nos capítulos 6 e 7, sendo que esse último descreve o método de pesquisa do estudo de caso realizado como parte integrante dos procedimentos de aplicação do método desenvolvido. Alguns detalhes mais específicos podem ser encontrados no anexo II.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES DAS DUAS PRIMEIRAS FASES DA PESQUISA

Nesse capítulo são apresentados os resultados e conclusões alcançadas nas duas primeiras fases da pesquisa. Conforme mencionado, a primeira fase permitiu a determinação das características da qualidade de tecnologias de edificação para a produção de habitações de baixo custo sob o enfoque da gestão de processos e a elaboração de requisitos de desempenho derivados das mesmas. A segunda, por sua vez, permitiu a determinação da ferramenta mais adequada de mapeamento de processos a ser utilizada pelo método desenvolvido.

Essas determinações foram decisivas para o prosseguimento da pesquisa e a elaboração dos indicadores de desempenho, na terceira fase, que compõem, juntamente com outros procedimentos estabelecidos para a coleta e a interpretação de resultados, o método desenvolvido. Inicialmente, fala-se sobre os resultados da primeira fase e, em seguida, apresentam-se as conclusões do estudo piloto realizado e a ferramenta adotada para o mapeamento e análise de processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação.

5.1 RESULTADOS DA PRIMEIRA FASE DA PESQUISA

As características da qualidade selecionadas e os requisitos de desempenho formulados para tecnologias de edificação de baixo custo sob o enfoque da gestão de processos envolvem uma interpretação dos conceitos apresentados nos capítulos 2 e 3. Ao todo, foram selecionadas treze características da qualidade e treze requisitos de desempenho que atendem aos princípios da abordagem de avaliação de desempenho, apresentados no capítulo 4. O número de requisitos relacionados à cada característica é variável, havendo, por vezes, mais de um requisito relativo a uma única característica e, por outras, um único requisito para duas características.

A seguir são apresentadas as necessidades de desempenho identificadas nas duas primeiras reuniões de grupo realizadas, os principais aspectos identificados nas entrevistas com especialistas e as características da qualidade consideradas para a elaboração do método proposto, que se originaram da análise global da revisão bibliográfica, das reuniões de grupo e das entrevistas. Em seguida, são apresentadas algumas considerações sobre os princípios da construção enxuta identificados por Koskela (1992), outros princípios e premissas também consideradas como características da qualidade e, finalmente, os requisitos de desempenho formulados, configurando os resultados finais dessa primeira fase da pesquisa.

5.1.1 Contribuições da Bibliografia e Resultados das duas Primeiras Reuniões de Grupo Realizadas

Conforme visto nos capítulos 2 e 3, muitos aspectos influenciam direta ou indiretamente a performance da gestão de processos em uma empresa. A tentativa de traduzir em características da qualidade as influências que tecnologias de produção exercem sobre essa performance exigiu uma reflexão sistêmica, realizada nas duas primeiras reuniões de grupo dessa primeira fase, sobre um número expressivo de princípios e premissas de diferentes correntes, enfoques e métodos da administração de operações para o caso do segmento da habitação de interesse social. O quadro 5.1 resume esses princípios e premissas consideradas como necessidades de desempenho em gestão de processos para tecnologias de edificação de baixo custo que foram discutidas nas reuniões, salientando de onde elas se originaram.

A consideração de princípios e de premissas de diferentes aspectos da administração de operações envolve a adoção intrínseca de diferentes enfoques e concepções com relação à função produção. Essa foi a principal razão da desconsideração de princípios e premissas de sistemas de administração da produção (SAPs) como o MRP e o OPT, listados no quadro 2.4 do capítulo 2, uma vez que eles envolvem uma concepção diferente das principais correntes discutidas na bibliografia para a aplicação na construção, entre as quais o *just in time* (JIT). Segundo Corrêa & Giansi (1996), o MRP assume uma lógica de empurrar a produção, enquanto que o OPT assume a simulação da utilização de recursos para a produção de bens e serviços de forma a balanceá-los para a minimização dos custos operacionais, buscando-se otimizar a organização da produção em função da utilização dos recursos totalmente utilizados (chamados de recursos gargalos).

Quadro 5.1: Necessidade de desempenho em gestão de processos discutidas nas duas primeiras reuniões de grupo realizadas durante a primeira fase.

Origem ou aspecto abordado	Necessidades de desempenho identificadas para tecnologias de edificação de baixo custo em gestão de processos	
Filosofias e abordagens de adm. da produção TPM, TQM, TQC, competição baseada no tempo, engenharia simultânea. (Koskela, 1997 e Krajewski & Ritzman, 1992)	<ul style="list-style-type: none"> • Tamanho de lotes de produção reduzidos; • Tempos de <i>setup</i> minimizados; • Padronização dos componentes e métodos; • Qualidade; • Mão de Obra polivalente; 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de parcerias; • Manutenção preventiva; • Melhoria contínua; • Foco no produto; • Eliminação do retrabalho.
Princípios da construção enxuta (Koskela, 1992)	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das atividades que não agregam valor; • Aumento do valor final segundo o cliente; • Redução da variabilidade; • Redução do tempo de ciclo; • Simplificação; • Aumento da flexibilidade de saída; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da transparência; • Melhoria contínua no processo; • Controle focado no processo completo; • Melhorias de fluxo e de conversão equilibradas; • <i>Benchmarking</i>.
Análise de processos (Ishiwata, 1991)	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação de processos sempre que possível; • Simplificação dos processos necessários; 	<ul style="list-style-type: none"> • Junção de processos sempre que possível; • Ordenação dos processos para antecipar tarefas.

Quadro 5.1: Necessidade de desempenho em gestão de processos discutidas nas duas primeiras reuniões de grupo realizadas durante a primeira fase (continuação).

Origem ou aspecto abordado	Necessidades de desempenho identificadas para tecnologias de edificação de baixo custo em gestão de processos	
Estratégia de operações Item 2.3 do capítulo 2	<ul style="list-style-type: none"> Baixo custo de produção (competição em preço); Flexibilidade de volume (Skinner, 1992); Alta produtividade (Skinner, 1992); Flexibilidade de robustez (Corrêa & Slack, 1994); 	<ul style="list-style-type: none"> Flexibilidade de entrega (Corrêa & Slack, 1994); Bons fornecedores e subcontratados (Suarez et al., 1995).
JIT (Corrêa & Gianesi, 1996)	<ul style="list-style-type: none"> Estoques reduzidos; Eliminação de desperdícios; Fluxo contínuo de processos; Melhoria contínua; Tempos de <i>setup</i> minimizados; 	<ul style="list-style-type: none"> Confiabilidade em equipamentos; Trabalho em equipe; Fluxo de materiais claramente definido; Mão de obra polivalente; Estabilidade de programas de produção.
Logística (Akinoye, 1995)	<ul style="list-style-type: none"> Fornecedores de materiais qualificados; 	<ul style="list-style-type: none"> Relação mais estreita com fornecedores.
Gerenciamento da inovação tecnológica (Edosomwan, 1989)	<ul style="list-style-type: none"> Facilidades no levantamento de dados técnicos; Facilidade para levantar dados da produção; 	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente dinâmico de administração de operações.
Gerenciamento da seleção tecnológica Item 3.4 do capítulo 3	<ul style="list-style-type: none"> Estabilidade da tecnologia (Wells, 1993); Construtibilidade (Wells, 1993); Flexibilidade no projeto (Rosenfeld, 1994); Acabamentos sem imperfeições (Rosenfeld, 1994); Pré-fabricação (Rosenfeld, 1994); Menor habilidade exigida da mão de obra (Rosenfeld, 1994); Maior velocidade de execução (Rosenfeld, 1994); 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidade de sintonia (Dalcul, 1995); Capacidade de sensibilização (Dalcul, 1995); Capacidade de motivação (Dalcul, 1995); Capacidade de integração (Dalcul, 1995); Capacidade de adequação (Dalcul, 1995); Capacidade de recursos (Dalcul, 1995); Capacidade de continuidade (Dalcul, 1995).
Adições da segunda reunião de grupo	<ul style="list-style-type: none"> Viabilidade econômica com volumes de produção baixos; 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptabilidade em diferentes regiões; Condições ergonômicas de trabalho.

Como pode ser observado no quadro 5.1, alguns princípios e premissas consideradas como necessidades de desempenho em gestão de processos são repetidas em origens diferentes, e foram assumidas, no caso das contribuições da estratégia de operações e do gerenciamento da seleção tecnológica, algumas posições em função das peculiaridades do segmento de habitações de interesse social, conforme interpretadas no item 3.5 do capítulo 3. Por outro lado, grande parte dessas necessidades identificadas não podem ser medidas de forma exata ou mesmo não dizem respeito somente à tecnologia de edificação utilizada, havendo diversos outros fatores que determinam o seu atendimento.

5.1.2 Contribuições das Entrevistas com Especialistas

Conforme apresentado no capítulo 4, através das entrevistas foram a forma adotada para a coleta de informações junto a especialistas em gestão de processos, tecnologias de edificação e gerenciamento em construção. O objetivo principal buscou levantar necessidades globais de desempenho que tecnologias de edificação para o segmento de baixa renda deveriam possuir, considerando-se a gestão de processos de tecnologias de edificação como um dos pontos de

reflexão. O quadro 5.2 apresenta um resumo das necessidades genéricas de desempenho de tecnologias de edificação de baixo custo identificadas nas entrevistas realizadas, conforme citadas pelos entrevistados.

Quadro 5.2: Resumo das necessidades de desempenho identificadas nas entrevistas com especialistas.

Resumo da necessidades de desempenho identificadas nas entrevistas com especialistas
<ul style="list-style-type: none"> • O sistema construtivo deve ser fechado, utilizando-se de insumos materiais, componentes e mão de obra específicas e possibilitando uma gestão menos suscetível a variabilidades; • O custo de produção deve ser baixo; • Sistemas construtivos abertos são mais onerosos, não apresentando soluções de padronização, utilizam-se de materiais, componentes e mão de obra disponíveis no mercado; • O sistema construtivo deve possuir grande demanda e alto volume de produção; • O grau de industrialização do sistema construtivo deve ser o maior possível, buscando-se aumentar o valor agregado das atividades e utilizar uma maior intensidade de capital; • O sistema construtivo deve oferecer flexibilidade de saída, porém com um número limitado de opções de produto, de forma que todas as opções sejam atendidas através de módulos padronizados; • O tempo de entrega depende de diversos fatores (forma de contratação, etc.), sendo preferível sua minimização; • A variabilidade no canteiro de obras deve ser mínima; • O tamanho do canteiro e o volume de produção previsto devem guiar a gestão de processos; • O sistema construtivo deve sempre possuir os mesmos materiais básicos, de forma a se estabelecer um padrão de gerenciamento dos suprimentos baseado em parcerias; • As dificuldades futuras na gestão de processos e o desempenho técnico devem ser analisados de forma iterativa na fase de concepção de sistemas construtivos, alterando-se ora um aspecto e ora outro na busca de uma solução ideal; • Deve-se identificar, na concepção ou seleção de sistemas construtivos para o segmento de habitações de interesse social, a estratégia competitiva da empresa e o plano de governo; • As estratégias competitivas podem ser de diferenciação, custo e enfoque; • Antes do estabelecimento de uma estratégia de gestão de processos, deve-se identificar as características do produto, primárias e secundárias; • Habitações de baixo custo não podem prescindir de itens básicos da edificação (portas, aparelhos hidráulicos, etc.); • Controle dos processos deve ser realizado sobre pacotes de serviços; • Sistemas construtivos que possibilitem a auto-construção são alternativas viáveis para o segmento; • Deve-se ter a preocupação em orientar o uso de materiais e recursos de maneira a não agredir o meio ambiente; • O produto final do sistema construtivo deve ser pensado para que a moradia consuma menos energia do meio.

Pode-se observar que as necessidades de desempenho de tecnologias de edificação identificadas nas entrevistas também compreendem diferentes aspectos da administração de operações. Alguns pontos identificados, entretanto, não se relacionam diretamente com o prisma de avaliação proposto pelo tema da pesquisa, tais como os relativos ao meio ambiente. De forma geral, os aspectos levantados alternam-se ainda entre aspectos operacionais e aspectos de estratégias de competição e de operações, havendo uma certa predominância pelos de estratégia de operações que envolvem categorias de decisão quanto à função produção.

Algumas das constatações provenientes das entrevistas coincidem com as necessidades identificadas no quadro 5.1, provenientes da revisão bibliográfica e das reuniões de grupo realizadas. Assim, das entrevistas com especialistas, considerou-se como necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação de baixo custo as que estão apresentadas no quadro 5.3. Nesse quadro, por sua vez, também foram desconsideradas as necessidades de desempenho identificadas nas entrevistas que não tinham uma relação evidente com a gestão de processos de produção.

Quadro 5.3: Necessidades de desempenho em gestão de processos provenientes das entrevistas com especialistas.

Necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação de baixo custo identificadas nas entrevistas realizadas com especialistas
<ul style="list-style-type: none">• O sistema construtivo deve ser fechado, utilizando-se de insumos materiais, componentes e mão de obra específicas e possibilitando uma gestão menos suscetível a variabilidades;• O grau de industrialização deve ser o maior possível, buscando-se aumentar o valor agregado das atividades e utilizar uma maior intensidade de capital.• O tempo de entrega depende de diversos fatores (forma de contratação, etc.), sendo preferível sua minimização;• O sistema construtivo deve oferecer flexibilidade de saída, porém com um número limitado de opções de produto, de forma que todas as opções sejam atendidas através de módulos padronizados;• O sistema construtivo deve sempre possuir os mesmos materiais básicos, de forma a se estabelecer um padrão de gerenciamento dos suprimentos baseado em parcerias;• As estratégias competitivas podem ser de diferenciação, custo e enfoque;• O controle dos processos deve ser realizado sobre pacotes de serviços.

5.1.3 As Necessidades de Desempenho Consideradas como Características da Qualidade no Desenvolvimento do Método Proposto

A partir da identificação das necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação de baixo custo, foi realizada uma seleção das necessidades que possibilitavam medições tangíveis de desempenho através de indicadores (quantitativos ou qualitativos). Portanto, conforme o propósito da avaliação, o foco da análise foi centrado nos processos intrínsecos e constantes, sendo o cliente a gestão de processos, e os princípios de análise a função desses processos e a viabilidade da medição dessa função, conforme a forma assumida pela abordagem da avaliação de desempenho, descrita no capítulo 4.

Assim, dentre todas as necessidades de desempenho destacadas nos quadros 5.1 e 5.3, não puderam ser consideradas como características da qualidade no desenvolvimento do método as necessidades contidas no quadro 5.4. Essas últimas, por sua vez, envolviam um grau de subjetividade amplo demais ou a avaliação de aspectos específicos demais, exigindo a consideração de configurações físicas de canteiros de obra, por exemplo, como nos casos de tempo de *setup* reduzido e estoques reduzidos, o que não é propriamente uma característica da tecnologia de edificação utilizada. Algumas dessas necessidades identificadas que não foram consideradas como características de desempenho no desenvolvimento do método proposto envolviam ainda a consideração de fatores específicos de cada empresa, como é o caso das capacidades de sintonia, sensibilização e motivação, entre outras, do método de Dalcul (1995), apresentado no capítulo 3.

Quadro 5.4: Necessidades de desempenho em gestão de processos descartadas no desenvolvimento do método.

Necessidades de desempenho descartadas		
<ul style="list-style-type: none"> • Tempos de <i>setup</i> minimizados; • Qualidade; • Aumento da flexibilidade de saída; • Baixo custo de produção (competição em preço); • Flexibilidade de volume (Skinner, 1992); • Alta produtividade (Skinner, 1992); • Estoques reduzidos; • Eliminação de desperdícios; • Facilidades no levantamento de dados técnicos; • Facilidade para levantar dados da produção; • Estabilidade da tecnologia (Wells, 1993); • O grau de industrialização deve ser o maior possível, buscando-se aumentar o valor agregado das atividades e utilizar uma maior intensidade de capital; 	<ul style="list-style-type: none"> • Construtibilidade (Wells, 1993); • Flexibilidade no projeto (Rosenfeld, 1994); • Acabamentos sem imperfeições (Rosenfeld, 1994); • Viabilidade econômica com volumes de produção baixos; • Manutenção preventiva; • Melhoria contínua; • Foco no produto; • Controle focado no processo completo; • Melhorias de fluxo e de conversão equilibradas; • <i>Benchmarking</i>; • Confiabilidade em equipamentos; • O controle dos processos deve ser realizado sobre pacotes de serviços; 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho em equipe; • Fluxo de materiais claramente definido; • Estabilidade de programas de produção; • Ambiente dinâmico de administração de operações; • Capacidade de sintonia (Dalcul, 1995); • Capacidade de sensibilização (Dalcul, 1995); • Capacidade de motivação (Dalcul, 1995); • Capacidade de integração (Dalcul, 1995); • Capacidade de adequação (Dalcul, 1995); • Capacidade de recursos (Dalcul, 1995); • Capacidade de continuidade (Dalcul, 1995); • Fluxo contínuo de processos; • Aumento do valor final segundo o cliente.

Por sua vez, as necessidades de desempenho apresentadas nos quadros 5.1 e 5.3 que possuíam possibilidades de uma medição através do objeto de estudo (processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação) e do foco de avaliação (gestão de processos no contexto da habitação de interesse social) do método desenvolvido, foram, então, consideradas como características da qualidade na utilização da abordagem da avaliação de desempenho. O quadro 5.5 apresenta o resumo dessas necessidades de desempenho consideradas como características da qualidade para a elaboração do método proposto.

Quadro 5.5: As características da qualidade de tecnologias de edificação de baixo custo para gestão de processos consideradas na elaboração do método de avaliação proposto na pesquisa.

Características da qualidade	
1. Mão de obra polivalente;	8. Flexibilidade de robustez;
2. Formação de parcerias;	9. Menor habilidade exigida da mão de obra;
3. Redução das atividades que não agregam valor;	10. Condições ergonômicas de trabalho;
4. Redução da variabilidade;	11. Tecnologia com sistema fechado de produção;
5. Redução do tempo de ciclo;	12. Utilização dos mesmos materiais básicos;
6. Simplificação;	13. Adaptabilidade em diferentes regiões.
7. Aumento da transparência;	

Pode-se observar que algumas necessidades de desempenho identificadas nos quadros 5.1 e 5.3 não aparecem nos quadros 5.4 e 5.5. A razão é que algumas delas são repetidas em origens diferentes da revisão bibliográfica, conforme mencionado anteriormente, ou já estão consideradas de forma intrínseca em outras. Por sua vez, cabe uma análise mais aprofundada dessas características da qualidade selecionadas no quadro 5.5. Cinco delas são princípios da construção enxuta, identificados por Koskela (1992). Esses princípios encerram em si a consideração de

diversos aspectos de desempenho em gestão de processos, como será discutido no item 5.1.4. A interpretação das demais características da qualidade, selecionadas e apresentadas no quadro 5.5, é realizada no item 5.1.5.

5.1.4 Considerações Sobre os Princípios da Construção Enxuta Adotados como Características da Qualidade

Os cinco princípios da construção enxuta contidos no quadro 5.5 são: (a) redução das atividades que não agregam valor; (b) redução da variabilidade; (c) redução do tempo de ciclo; (d) simplificação; e (e) aumento da transparência. Conforme apresentado no capítulo 2, esses princípios são baseados no paradigma da produção enxuta, envolvendo, portanto, as considerações sobre os conceitos de fluxo, atividades de fluxo, processos e operações também apresentadas no capítulo 2. A terceira e a quarta reunião de grupo envolveram a discussão da amplitude desses princípios como características da qualidade de tecnologias de edificação em gestão de processos.

O princípio da redução das atividades que não agregam valor envolve a eliminação ou minimização das atividades de espera, inspeção e transporte, conforme a concepção da constituição dos fluxos de processos, apresentada na figura 2.2. Essas atividades consomem tempo, recursos e espaço sem agregar valor ao produto ou subproduto que está sendo confeccionado e são justamente as atividades mais presentes nos fluxos (Koskela, 1992). As causas principais da existência dessas atividades que não agregam valor são a subdivisão dos processos em processos menores (criando mais esperas, transportes e inspeções), a ignorância administrativa em muitos sistemas de produção, que simplesmente evoluíram sem uma ordenação adequada dos processos, e da própria natureza da produção de bens e serviços, que coexiste com acidentes, defeitos e outras ações que geram atividades de fluxo. A redução das atividades que não agregam valor exige, portanto, a adoção das necessidades de desempenho em processos identificadas pela análise de processos, que, segundo Ishiwata (1991), são a eliminação de processos sempre que possível, a simplificação de processos necessários, a junção de processos sempre que possível e a ordenação dos processos para antecipar tarefas. Além disso, esse princípio estabelece que se deve também evitar o retrabalho, outra necessidade previamente identificada no quadro 5.1. Para tanto, Koskela (1992), conforme mencionado no capítulo 2, sugere a utilização de ferramentas de mapeamento de processos para identificar possíveis ordenações que reduzam as atividades que não agregam valor.

O princípio da redução da variabilidade estabelece a procura pela uniformidade dos produtos, serviços e procedimentos. Koskela (1992) sugere a adoção de ferramentas de medições

estatísticas para identificar e controlar os pontos de maior variabilidade dos sistemas de produção e afirma que a variabilidade nas durações dos processos aumenta o número de atividades que não agregam valor. Koskela (1992) sugere ainda a adoção de dispositivos à prova de falhas (*poka-yoke*) como exemplos de controle pró-ativo da variabilidade em sistemas de produção. A padronização de componentes e métodos é a principal necessidade de desempenho identificada no quadro 5.1 que se funde a esse princípio.

A redução do tempo de ciclo, por sua vez, busca orientar o sistema de produção como um todo num aumento de eficiência geral (Santos et al., 1999). Segundo Krupka (1992) apud Koskela (1992) o tempo é uma medida universal melhor que custo e qualidade, pois pode ser utilizado para imprimir melhoria em ambos. O tempo de ciclo considerado por Koskela (1992) se refere à soma dos tempos totais de conversão, inspeção, espera e transporte dos fluxos de processos. Reduzir essa soma, ainda segundo Koskela (1992), gera benefícios que vão além da eliminação de desperdícios, entre os quais o atendimento mais rápido das necessidades do cliente final, a redução da necessidade de previsões quanto à demanda futura e a diminuição de retrabalhos devido a mudanças de pedidos de clientes. Além disso, seguir esse princípio exige indiretamente uma melhoria de aspectos importantes de sistemas de produção, tais como o fluxo de informações.

A redução do tempo de ciclo possui uma relação estreita com a redução da variabilidade. Segundo Santos et al. (1999), a compressão de ciclos de produção gera uma diminuição do ciclo de desvio, detecção e correção, promovendo uma atitude corretiva rápida por parte dos operários (fluxo de operações). Essa intervenção, em última instância, gera diminuições na variabilidade dos resultados dos sistemas de produção em geral. Uma das necessidades de desempenho identificadas no quadro 5.1, mensurável de acordo com o objeto em análise e o foco de aplicação da abordagem da avaliação de desempenho, é a redução do tamanho de lotes de produção. Koskela (1992) prevê que uma das maneiras de se reduzir os tempos de ciclo é através da minimização desses lotes. Outras formas também destacadas por Koskela (1992) são a própria redução da variabilidade e a adoção dos princípios de Ishiwata (1991), relatados anteriormente, como maneiras de se reduzir as atividades que não agregam valor. Santos et al. (1999), ressalta ainda que minimizar distâncias do *layout* do canteiro de obras também contribui com a redução do tempo de ciclo, assim como a resolução de problemas de controle que prejudicam os fluxos de processos.

O princípio da simplificação, segundo Koskela (1992) prevê a busca da redução do número de componentes e/ou a redução do número de etapas de um fluxo de material ou informação. Ainda segundo Koskela (1992), a simplificação pode ser alcançada pela redução das

atividades que não agregam valor e pela reconfiguração das atividades que agregam valor. Nesse sentido, portanto, são considerados novamente os princípios de Ishiwata (1991) para a análise de processos, contidos no quadro 5.1. Outras necessidades previamente identificadas que se fundem na simplificação são a pré-fabricação, destacada por Rosenfeld (1994), e a padronização de partes, materiais, equipamentos e ferramentas (Koskela, 1992). A simplificação envolve ainda a diminuição das interdependências de processos e de fluxos de processos dos sistemas de produção. Possui, portanto, uma forte ligação com a definição da tecnologia de produção, uma vez que esta, em última análise, determina os processos intrínsecos e constantes dos sistemas de produção em que forem adotadas.

Finalmente, o princípio de aumento da transparência procura transformar o sistema de produção em processos facilmente identificáveis e compreensíveis. Koskela (1992) propõe a utilização de sinalização nos canteiros de obra, o aprimoramento do *layout* do canteiro, adoção de programas como o 5-S (um método que estabelece diretrizes de organização do ambiente de trabalho), medições e também a redução da interdependência entre os processos, propondo ainda que haja unidades focadas de produção. O objetivo principal, por outro lado, é que todos os operários entendam de forma clara e imediata como o sistema de produção funciona, o que eles devem fazer nesse sistema, como, quando e o porquê. Nesse sentido, há algumas limitações quanto à separação dos processos em unidades independentes de produção, pois, de um lado, isso possibilita uma visualização e um entendimento sistêmico facilitado, mas, de outro, prejudica o aprendizado individual dos operários pela falta de contato com os processos clientes ou fornecedores de suas operações no ambiente de trabalho.

5.1.5 Considerações Sobre as Demais Características da Qualidade Adotadas

Os demais princípios e premissas consideradas como características da qualidade no desenvolvimento do método proposto, conforme o quadro 5.5, buscam estabelecer condições favoráveis para a gestão de processos em caráter mais sistêmico. A medição da influência de tecnologias de edificação através de processos intrínsecos e constantes do atendimento dessas características da qualidade, portanto, teve que ser realizada de forma indireta. Entretanto, segundo as duas últimas reuniões de grupo realizadas, puderam ser estabelecidos requisitos e, posteriormente, na terceira fase da pesquisa, indicadores de desempenho cujos resultados permitiram a consideração de algumas conclusões concretas com relação ao sentido que esses princípios e essas características denotam.

A utilização de mão de obra polivalente é um princípio originário do JIT que visa principalmente evitar atrasos nos fluxos de processos e operações causados por impossibilidades

de realocações de equipes devido à existência de funções muito especializadas ou de operários muito especializados. Esse princípio se relaciona parcialmente com a premissa identificada nas entrevistas com especialistas que determina que a tecnologia de edificação deve exigir menor grau de habilidade da mão de obra, também outra característica da qualidade considerada na utilização da abordagem da avaliação de desempenho. De acordo com os resultados das reuniões de grupo realizadas, a polivalência da mão de obra pode ser alcançada pelo treinamento curto e facilitado dos operários, mais facilmente aplicado em tecnologias cujo grau de habilidade exigido em suas operações intrínsecas é baixo. Portanto, quanto menor o grau de habilidade exigido da mão de obra por operações intrínsecas de tecnologias de edificação, mais facilmente poder-se-á treinar operários polivalentes. Maior quantidade de operários polivalentes, por sua vez, possibilita a redução de atrasos nos processos devido a incapacidades de se realocar equipes, conforme prevê o princípio anterior do JIT considerado como característica da qualidade em gestão de processos.

Condições ergonômicas de trabalho, outra característica da qualidade relacionada aos recursos humanos, foi identificada na segunda reunião de grupo realizada. Estabeleceu-se que, condições ergonômicas desfavoráveis expõem com maior intensidade os operários a acidentes do trabalho e, portanto, a interrupções do fluxo de operações e do fluxo de processos.

A flexibilidade de robustez, característica da qualidade proveniente das considerações sobre a estratégia de operações, realizadas no capítulo 2, determina basicamente que tecnologias de edificação devem absorver alterações nos fluxos de produção causadas por fatores externos. Esse tipo de flexibilidade estabelece a possibilidade de se adiantar ou atrasar fluxos internos de processos intrínsecos sem que o ocorram interrupções na produção ou que o tempo de ciclo aumente.

A adaptabilidade da tecnologia de edificação para ser utilizada em diferentes regiões é uma premissa que foi determinada na segunda reunião de grupo realizada. De acordo com ela, dois fatores devem ser atendidos para que tecnologias de edificação possam ser adaptadas facilmente em diferentes regiões sem que a gestão de processos passe por maiores dificuldades. Esses fatores são a independência da tecnologia utilizada do mercado com relação à mão de obra e aos materiais utilizados. Assim, uma tecnologia que não exija graus altos de habilidade é preferível, assim como uma tecnologia que não dependa exclusivamente de um determinado insumo material não encontrado em diferentes regiões ou encontrado com dificuldades para o gerenciamento de suprimentos.

Os princípios e premissas restantes do quadro 5.5, formação de parcerias, tecnologia com sistema fechado de produção e utilização dos mesmos materiais básicos, estão relacionados principalmente com o gerenciamento de suprimentos e relacionamento com fornecedores. Eles

determinam principalmente que a tecnologia utilizada deve propiciar ou facilitar o gerenciamento de suprimentos, promovendo a formação de parcerias e, inclusive, práticas como a do *kanban*, descrita de forma sucinta no capítulo 2. Para tanto, a menor quantidade de materiais utilizados é um fator positivo na gestão de processos, assim como uma utilização preferencial pelos mesmos tipos de materiais. A conotação de sistema de produção fechado, oriunda das entrevistas com especialistas, prevê exatamente esse sentido de simplificação do gerenciamento de suprimentos, não significando necessariamente uma dependência por um determinado tipo de material ou por um determinado fornecedor. Essa dependência iria contra à característica da qualidade de adaptabilidade considerada, conforme mencionado anteriormente.

5.1.6 Os Requisitos de Desempenho Elaborados

Para cada uma das características da qualidade selecionadas no quadro 5.5, formulou-se, ainda nas reuniões de grupo realizadas na primeira fase da pesquisa, requisitos de desempenho em gestão de processos para tecnologias de edificação de baixo custo. Esses requisitos de desempenho buscaram determinar de forma mais objetiva o que essas tecnologias de edificação deveriam apresentar de acordo com os propósitos e conotações estabelecidas pelas características da qualidade discutidas anteriormente, tendo em vista sempre a gestão de processos. O quadro 5.6 resume os requisitos de desempenho formulados de acordo com cada uma dessas características da qualidade.

Quadro 5.6: Os requisitos de desempenho em gestão de processos elaborados.

Característica da qualidade	Requisitos de desempenho correspondentes
Mão de obra polivalente	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar um nível mais baixo e homogêneo de habilidade exigida pelas operações intrínsecas.
Menor habilidade exigida da mão de obra	
Condições ergonômicas de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar elementos construtivos mais leves.
Formação de parcerias	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar o fornecimento freqüente de recursos por um número menor de fornecedores.
Tecnologia com sistema fechado de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar menor número de materiais diferentes.
Utilização dos mesmos materiais básicos	
Adaptabilidade em diferentes regiões	<ul style="list-style-type: none"> • Não depender de fornecedores específicos de uma dada região; • Não depender de materiais específicos de uma dada região.
Redução das atividades que não agregam valor	<ul style="list-style-type: none"> • Empregar elementos com maior valor agregado.
Simplificação	<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar componentes e métodos de trabalho. • Tornar processos mais independentes uns dos outros; • Reduzir o número de etapas em obra; • Separar processos em unidades de produção focalizadas.
Aumento da transparência	
Redução da variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar componentes e métodos de trabalho.
Redução do tempo de ciclo	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o número de processos em série;
Flexibilidade de robustez	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar maior flexibilidade de fluxos de processos; • Possibilitar maior flexibilidade de frentes de trabalho.

Pode-se observar, como mencionado anteriormente, que foram formulados, para algumas características da qualidade, mais de um requisito de desempenho. Alguns requisitos elaborados, por sua vez, respondem por mais de uma característica da qualidade. Esses fatos decorreram da consideração, nas reuniões de grupo realizadas, das dificuldades de se avaliar o atendimento de algumas das características da qualidade selecionadas através somente dos processos intrínsecos e constantes das tecnologias de edificação. Buscou-se, desse modo, abordar, com a utilização da técnica do *brainstorming*, todos os aspectos considerados nas discussões anteriores sobre cada uma das características da qualidade, independentemente se cada aspecto dizia respeito somente a uma única característica da qualidade ou a mais de uma. No capítulo 6 são apresentados os indicadores de desempenho desenvolvidos e adotados como parte integrante do método elaborado e suas limitações em função desses requisitos e das ferramentas para coleta de dados e mapeamento dos processos.

5.2 RESULTADOS DA SEGUNDA FASE DA PESQUISA

Conforme mencionado no capítulo 4, dessa fase concluiu-se qual a ferramenta que deveria ser utilizada para realizar o mapeamento dos processos intrínsecos de tecnologias de edificação. Depois de um estudo, cujas ferramentas e técnicas foram descritas nesse mesmo capítulo 4, elegeu-se a técnica das análises V-A-T e as ferramentas fluxograma, diagrama de processos e diagrama de precedências para a realização de um estudo piloto em que o objeto de estudo era a eficiência que o mapeamento produzido por cada uma delas teria dentro das condições propostas de horizonte de aplicação do método desenvolvido.

Ao final do estudo de caso, chegou-se à conclusão de que seria utilizada, para o atendimento de forma eficaz e eficiente os fins de tempo de coleta e processamento de informações da tecnologia, o diagrama de precedências apresentado no capítulo 4, porém com algumas adaptações. A seguir são apresentados os principais resultados do estudo piloto realizado e esse diagrama adaptado de processos.

5.2.1 Conclusões do Estudo Piloto da Aplicação do Fluxograma, do Diagrama de Processos, do Diagrama de Precedências e das Análises V-A-T

A tecnologia de edificação analisada era baseada no sistema tradicional de produção de edificações, sem quebras culturais, mas com a racionalização e adoção de alguns elementos pré-moldados em concreto, combinados com lajotas cerâmicas ou meio blocos cerâmicos. No canteiro observado, as fundações eram do tipo *radier* e, após a conclusão delas, erguiam-se alvenarias portantes com blocos cerâmicos de vinte e nove por vinte e nove centímetros de face e

de dezenove centímetros de espessura, permitindo a execução das tubulações hidráulicas por entre os vazios internos dos mesmos. As alvenarias eram armadas em pontos de concentração de tensões, e a instalação elétrica era realizada somente após o término das alvenarias do pavimento, através de prumadas verticais. Depois da instalação elétrica, eram então concretadas as cintas das alvenarias e colocados os segmentos pré-moldados das lajes para a posterior consolidação com concreto. Além desses segmentos de laje, havia ainda pingadeiras e vergas pré-moldadas, colocadas durante a execução das alvenarias. Os demais processos e operações intrínsecas se assemelhavam com os processos tradicionais adotados no subsetor.

Os mapeamentos realizados com a técnica e com as ferramentas escolhidas apresentaram inconsistências principalmente nas aplicações da estrutura “V” da análises V-A-T e no fluxograma. Essas inconsistências, no caso do mapeamento com as análises V-A-T, deram-se principalmente pela complexidade das dependências nas representações, que ficaram confusas e sem critérios para acolher outros tipos de dependências além das dependências materiais (como dependências por proteção de elementos já acabados que não fazem parte da mesma cadeia de processos que está sendo mapeada, por exemplo). A aplicação do fluxograma, por sua vez, não foi eficiente em função da grande quantidade de atividades que deveriam ser representadas (fluxos de materiais e informações de toda uma cadeia de precedências), o que prejudicou o mapeamento e sobrecarregou a etapa de processamento dos dados.

Conforme apresentado no capítulo 4, um dos objetivos dessa segunda fase era exatamente tentar minimizar ao máximo possível a duração das etapas de coleta e processamento de dados na aplicação do método proposto para que o mesmo não perdesse agilidade. Assim, a atividade de mapeamento deveria ser a mais direta e simplificada possível, o que não foi possível com a utilização das análises V-A-T e com o fluxograma. No anexo I são apresentados exemplos de representações desses mapeamentos.

A utilização de diagramas de precedências e de processos, por outro lado, mostrou-se eficaz e aceitável em termos de carga de processamento de dados. A razão principal desse desempenho foi atribuída ao caráter específico da aplicação dessas ferramentas, que se concentrava em apenas um fluxo (fluxo de materiais). Assim, o foco de coleta e processamento de dados foi mais facilmente administrado. Outra razão, especificamente para o caso do diagrama de precedências, foi a desconsideração do mapeamento das atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção), o que viabilizou o processamento de dados de cadeias de processos mais longas. Além disso, especificamente para o caso do diagrama de processos, foi o mapeamento um fluxo de processos específico e curto, o que facilitou a coleta e o processamento dos dados, sem a medição de tempos de duração dos processos e de distâncias, uma vez que esses aspectos não

interessavam para a análise de processos intrínsecos e constantes conforme propõe o método desenvolvido.

Como conclusão final do estudo piloto realizado, desse modo, ficou estabelecido que: (a) as análises V-A-T e o fluxograma não devem ser utilizados para o mapeamento de processos no método proposto, pois sobrecarregam a coleta e o processamento de dados; (b) para a coleta de informações no canteiro, podem ser utilizadas entrevistas, planilhas de coleta de dados, listas de verificação e registros de imagens (fotografias e filmagens); (c) para a coleta de informações na fase de concepção da tecnologia de edificação podem ser utilizadas entrevistas e planilhas de coleta de dados; (d) para o mapeamento de longas cadeias de processos intrínsecos, deve ser utilizado um diagrama adaptado de precedências sem a consideração das atividades de fluxo; e (e) para o mapeamento de cadeias de processos intrínsecos curtas, deve ser utilizado um diagrama adaptado de precedências com a consideração das atividades de fluxo. A consideração ou não das atividades de fluxo nos mapeamentos, por sua vez, deverá ser determinada em função principalmente do tempo disposto para a coleta e processamento das informações necessárias. A determinação se a cadeia de processo é curta ou não dependerá exclusivamente dos critérios assumidos pela pessoa que fará o mapeamento. Em geral, se o objeto em análise é toda a edificação, as cadeias de processos a serem mapeadas são longas, e, no caso de técnicas específicas para a produção de um subelemento da edificação, por exemplo, essas cadeias são curtas.

O conceito de cadeia de processo, por outro lado, é adotado nesse trabalho como um conjunto de fluxos de processos que determinam a conclusão de um serviço. Conforme discutido no item 2.5.3.3, conclui-se que cadeia de processo está relacionada à conclusão de um subelemento da edificação, sendo, portanto, constituída por um ou mais fluxos de processos, os quais, por sua vez, contém atividades de fluxo e atividades de conversão intrínsecas, conforme discutido nesse mesmo item.

Esse diagrama adaptado de precedências, conforme mencionado, envolve a adoção de alguns critérios de mapeamento que auxiliam o posterior processamento das informações e facilitam o mapeamento dos processos de fluxos de materiais intrínsecos e constantes, uma vez que direciona a coleta de dados em campo. A seguir segue a descrição desse diagrama, que é a ferramenta definida para utilização na aplicação do método desenvolvido.

5.2.2 O Diagrama Adaptado de Precedências Estabelecido para o Mapeamento e Análise de Processos na Aplicação do Método Desenvolvido

O diagrama adaptado de precedências funciona de forma similar ao diagrama de precedências classicamente conhecido e apresentado no capítulo 4. Os aspectos que o diferenciam foram estabelecidos em função da utilização específica desse mapeamento e em função da simplificação das etapas de coleta e processamento de dados de tecnologias de edificação. Entre esses principais aspectos, deve-se confeccioná-lo sobre uma estrutura matricial composta por colunas, que representam cadeias de processos, que representam níveis de produção, estabelecidos por graus crescentes de precedência. Assim, uma tecnologia de edificação com três cadeias de processos simultâneos e dez níveis de precedências entre as atividades desses fluxos, por exemplo, deverá ser mapeada sobre uma matriz de três colunas e dez linhas. O quadro 5.7 apresenta os critérios de confecção desse diagrama, que resumem esses aspectos mencionados.

Quadro 5.7: Critérios de confecção do diagrama adaptado de precedências.

Critérios de confecção do diagrama adaptado de precedências definido para a aplicação do método proposto
1. Não deve ser considerado o tempo das atividades;
2. Deve-se representar todas as atividades de fluxo, conforme definidas por Koskela (1992) e apresentadas no item 2.5.3.3, e de conversão dos fluxos de processos analisados que alterem os materiais e que sejam executados pela empresa, externa ou internamente ao canteiro de obras, e que também sejam intrínsecos à tecnologia de utilizada e constantes;
3. A representação gráfica das atividades, quer sejam de fluxo ou de conversão, é dada sempre por um círculo ou retângulo com um código interno que referencia maiores informações contidas em uma planilha de dados de apoio;
4. Os retângulos ou círculos são graficados de forma a obedecer um sistema matricial de localização no mapeamento, composto por níveis de produção (linhas horizontais) e fluxos (linhas verticais);
5. A alocação das atividades de fluxo ou conversão nessa estrutura matricial deve ter como nível de produção a linha imediatamente posterior à linha do nível de produção da última atividade precedente, podendo esta última atividade pertencer ou não a um mesmo fluxo (possuir uma relação de dependência não física; e
6. São utilizadas setas para determinar as precedências e o sentido dos fluxos mapeados.

A desconsideração do tempo das atividades, conforme o primeiro critério de confecção citado no quadro 5.7, foi determinada em função da necessidade de se mapear apenas os processos intrínsecos sem a dimensão temporal. Esse fato, como já mencionado anteriormente, decorre de que as durações das atividades são dependentes do contexto físico e organizacional em que elas são desempenhadas, havendo ainda influências decisivas do fluxo de informações. Assim, o tempo está inerentemente ligado a variáveis como o *layout* do canteiro, a forma arquitetônica da edificação que está sendo construída, qualidade e quantidade dos recursos empregados no empreendimento e os fluxos de informações empregados nas relações do mesmo, entre outras. Essas variáveis, por sua vez, não são determinadas pela tecnologia a ser avaliada,

mas pelas características específicas de cada canteiro, empreendimento e empresa, o que justifica, portanto, essa exclusão do mapeamento das durações das atividades.

O segundo critério estabelece que apenas os processos intrínsecos e constantes que alteram o material e que são executados pela empresa é que devem ser mapeados. Essa determinação busca evitar o mapeamento de processos intrínsecos referentes à produção de um insumo material por um fornecedor, por exemplo, o que não é de competência da empresa construtora que se utiliza da tecnologia de edificação avaliada. Entretanto, no caso da realização de um estudo mais amplo, envolvendo o impacto em toda a cadeia produtiva envolvido que a tecnologia de edificação exerce, o mapeamento poderá se estender além da competência da empresa construtora. Assim, devem ser considerados os processos intrínsecos desempenhados no canteiro de obras (internos ao canteiro) ou em centrais de produção da empresa (externos ao canteiro), sendo que essa separação física não influencia o mapeamento efetuado.

Os critérios número três e seis do quadro 5.7 foram adotados somente para orientar a padronização das representações gráficas dos mapeamentos através desse diagrama adaptado de processos. Os critérios número quatro e cinco, por outro lado, estabelecem as regras de ordenação das atividades no mapeamento. Segundo eles, deve-se estabelecer uma estrutura matricial, composta por níveis de produção (as linhas da matriz) e fluxos (as colunas). Os níveis de produção dependem do grau de detalhamento do mapeamento (considerando ou não as atividades de fluxo de espera, inspeção e transporte intrínsecas da tecnologia), e os fluxos dependem da possibilidade da realização de atividades simultaneamente. A regra estabelecida para o posicionamento das atividades nessa estrutura matricial, por sua vez, busca garantir que o mapeamento represente as possibilidades de se executar os processos o quanto antes possível, dentro da estrutura de dependências da tecnologia.

Esse diagrama, desse modo, representa um mapeamento da performance ótima dos processos intrínsecos e constantes da tecnologia de edificação avaliada. A figura 5.1 ilustra um exemplo hipotético. Pode-se observar, nessa figura, que os processos intrínsecos da tecnologia mapeada possuem quatro fluxos e sete níveis de produção, permitindo, de acordo com as imposições de precedências, a adoção de até quatro unidades de produção ou frentes de trabalho diferentes (quatro fluxos simultâneos) e ainda um atraso de até três níveis das atividades M1 e M2 e de dois níveis das atividades A1, A2 e A2 sem o aumento do número total de níveis. As precedências entre as atividades mapeadas, por sua vez, são determinadas por: (a) imposições estruturais de montagem ou construção da edificação; (b) imposições tecnológicas de execução dos processos; (c) prevenção de etapas ou elementos já executados ou que necessitam de proteção; (d) proteção do ambiente de trabalho; (e) provisão de segurança no trabalho; e (f)

ordem natural de execução das operações e processos (imposta pelas técnicas construtivas utilizadas) em seu desempenho ótimo em termos de precedência física. Esses critérios, por sua vez, são propostos por Formoso (1991) e visam a consideração de grande parcela das inter-relações possíveis entre atividades.

Um ponto importante na confecção desse diagrama é a determinação das atividades constantes de tecnologias de edificação que devem ser representadas. Para tanto, deve-se identificar um conjunto de fluxos que seja continuamente repetido, configurando um ciclo de produção que se repetirá na maior parte do tempo de aplicação da tecnologia de edificação analisada. Esse conjunto de fluxos de processos é chamado de ciclo básico de produção (CBP), podendo ser, por exemplo, um pavimento tipo, uma parede padrão, ou ainda uma técnica específica, conforme a abrangência da avaliação efetuada. O CPB deve necessariamente representar o mais longo ciclo repetitivo de processos determinado pela conclusão de elementos geométricos de uma edificação construída pela tecnologia avaliada, respeitada a abrangência da avaliação efetuada.

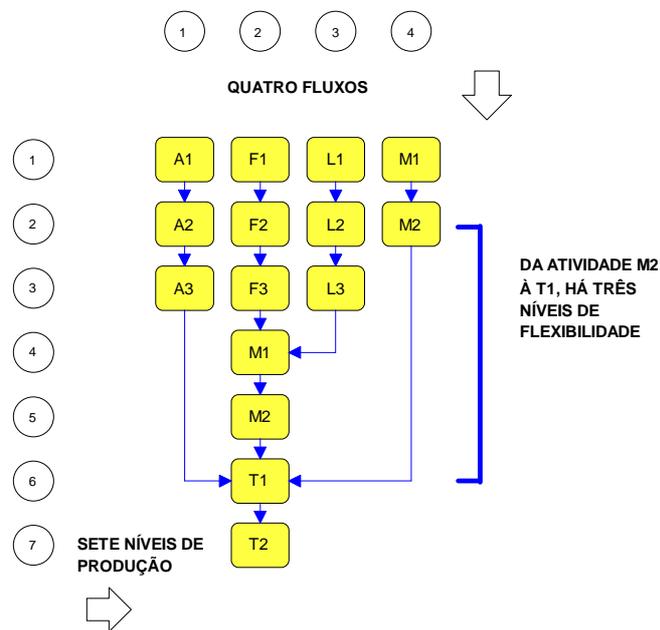


Figura 5.1: Exemplo hipotético do diagrama adaptado de precedências para o mapeamento de processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação.

6 OS INDICADORES DE DESEMPENHO E O MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTOS

Nesse capítulo são descritos os indicadores de desempenho elaborados na terceira fase da pesquisa, após a realização do estudo piloto, e a constituição final do método desenvolvido para a avaliação de tecnologias de edificação de baixo custo do ponto de vista da gestão de processos de produção. Os indicadores baseiam-se nos requisitos de desempenho propostos ao final da segunda fase da pesquisa, conforme discutido no capítulo anterior. A constituição final do método, por sua vez, considerou os critérios de utilização da ferramenta adaptada para o mapeamento de processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação, também apresentada no capítulo anterior, e de outros procedimentos que envolvem a coleta de informações e interpretação de resultados obtidos com os indicadores elaborados. No final, são destacadas as limitações de utilização do método desenvolvido.

6.1 OS INDICADORES DE DESEMPENHO DESENVOLVIDOS E SUAS RELAÇÕES COM OS REQUISITOS DE DESEMPENHO ELABORADOS

A partir das conclusões da segunda fase da pesquisa, foram realizadas, conforme mencionado no capítulo 4, quatro reuniões de grupo regidas pela técnica de *brainstorming* com o objetivo de encontrar formas de verificar, através de indicadores qualitativos e quantitativos, o atendimento das necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação de baixo custo elaboradas. Conforme a abordagem da avaliação de desempenho adotada, essa busca foi centrada na análise dos requisitos de desempenho estabelecidos a partir das características da qualidade consideradas e das possibilidades de coleta e processamento de informações relativas a tecnologias de edificação. Ao final, dez indicadores de desempenho foram elaborados para serem utilizados no método proposto.

Entre as possibilidades de processamento de informações obtidas de tecnologias de edificação, a mais marcante é o diagrama adaptado de precedências para o mapeamento de fluxos, conforme discutido no capítulo anterior. Quanto à coleta de informações, por outro lado, segundo as conclusões do estudo piloto realizado, podem ser utilizadas entrevistas, planilhas de coleta de dados, listas de verificação e o registro de imagens (fotografias e/ou filmagens). Essas possibilidades, por sua vez, balizaram a elaboração dos indicadores de desempenho no que diz respeito ao princípio da abordagem da avaliação de desempenho que determina a necessidade de medição da característica da qualidade correspondente, conforme mencionado também no capítulo 4. Não foram descartadas totalmente, entretanto, possibilidades adicionais de coleta ou

processamento de informações que não haviam sido verificadas no estudo piloto e que se julgasse viáveis nas reuniões de grupo realizadas.

Finalmente, os requisitos de desempenho estabelecidos nas conclusões da segunda fase da pesquisa foram o ponto de partida e base das discussões sobre a criação dos indicadores realizadas nessas quatro reuniões de grupo. Em geral, os principais aspectos determinantes do atendimento de cada um desses requisitos foram atendidos pelos indicadores elaborados. Para alguns requisitos, entretanto, não foi possível desenvolver indicadores que possibilitassem uma verificação sistêmica desse atendimento de forma exclusiva, ficando estabelecido, desse modo, a necessidade de se interpretar alguns resultados em conjunto. Esse fato deu-se, assim como na determinação das características da qualidade e dos próprios requisitos de desempenho, em função do propósito do método de avaliar apenas processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação, não sendo possível o desenvolvimento de indicadores que utilizassem informações mais específicas. O quadro 6.1 resume os dez indicadores de desempenho elaborados, e o quadro 6.2 apresenta as relações entre o atendimento dos requisitos de desempenho e a medição proposta por cada um desses indicadores. Nesse último quadro, os indicadores que aparecem entre parênteses indicam a existência de uma relação indireta com o respectivo requisito, prestando-se apenas para auxiliar na medição do atendimento desse último.

Quadro 6.1: Os indicadores de desempenho do método proposto.

Indicadores de desempenho	
1.	Indicador da eficiência do desenho dos processos (EDP);
2.	Indicador de Flexibilidade de robustez (IFR);
3.	Grau de interdependência de processos (GIP);
4.	Grau de habilidade exigido da mão de obra (GHMO);
5.	Grau de dependência por materiais específicos (GDM);
6.	Indicador de variedade de materiais (IVM);
7.	Grau de padronização e agregação de valor de elementos construtivos (GPAE);
8.	Grau de padronização de operações (GPO);
9.	Grau de separação física de processos (GSP);
10.	Peso dos elementos construtivos (PEC).

Quadro 6.2: As relações entre os indicadores e os requisitos de desempenho.

Característica da qualidade Considerada	Requisitos de desempenho correspondentes	Indicadores para medição
Mão de obra polivalente Menor habilidade exigida da mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar um nível mais baixo e homogêneo de habilidade exigida pelas operações intrínsecas. 	TM GHMO
Condições ergonômicas de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar elementos construtivos mais leves. 	TM PEC

Quadro 6.2: As relações entre os indicadores e os requisitos de desempenho (continuação).

Característica da qualidade Considerada	Requisitos de desempenho correspondentes	Indicadores para medição	
Formação de parcerias	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar o fornecimento freqüente de recursos por um número menor de fornecedores. 	TM	(IVM)
Tecnologia com sistema fechado de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar menor número de materiais diferentes. 	TM	IVM
Utilização dos mesmos materiais básicos			
Adaptabilidade em diferentes regiões	<ul style="list-style-type: none"> • Não depender de fornecedores específicos de uma dada região; 	TM	GDM
	<ul style="list-style-type: none"> • Não depender de materiais específicos de uma dada região. 	TM	GDM
Redução das atividades que não agregam valor	<ul style="list-style-type: none"> • Empregar elementos com maior valor agregado. 	TM	GP AE, EDP
Simplificação	<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar componentes e métodos de trabalho. 	TM	GP AE, GPO
Aumento da transparência	<ul style="list-style-type: none"> • Tornar processos mais independentes uns dos outros; 	TM	GIP, (EDP)
	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o número de etapas em obra; 	TM	GP AE
	<ul style="list-style-type: none"> • Separar processos em unidades de produção focalizadas. 	TM	GSP, EDP
Redução da variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar componentes e métodos de trabalho. 	TM	GP AE, GPO
Redução do tempo de ciclo	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o número de processos em série; 	TM	EDP, GIP
Flexibilidade de robustez	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar maior flexibilidade de fluxos de processos; 	TM	IFR
	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar maior flexibilidade de frentes de trabalho. 	TM	IFR

A seguir, são descritos cada um dos indicadores elaborados e os procedimentos necessários para a aplicação dos mesmos.

6.1.1 Indicador de Eficiência do Desenho dos Processos (EDP)

Esse indicador é baseado na análise do mapeamento dos processos com o diagrama adaptado de precedências descrito no capítulo anterior. Ele representa uma medida quantitativa que relaciona o número de diferentes atividades intrínsecas e constantes de cada nível de produção com o número total de níveis de produção mapeados.

Conforme descrito no capítulo anterior, os níveis de produção são representados pelas linhas da estrutura matricial de confecção do diagrama adaptado, sendo as colunas a representação de diferentes fluxos de produção. Portanto, obedecidos os critérios de confecção estabelecidos para a aplicação desse diagrama adaptado, o número diferentes de atividades de um mesmo nível de produção representa o número de possibilidades de estabelecimento de diferentes fluxos de produção simultâneos. Assim, a relação estabelecida por esse indicador

propõe o cálculo da média dessas possibilidades para todos os níveis de produção do ciclo básico de produção (CBP) mapeado. Lembra-se que o CPB, conforme definido também no capítulo anterior, representa o maior ciclo repetitivo de processos intrínsecos da tecnologia analisada, configurando os processos constantes da mesma.

A relação matemática estabelecida para o cálculo da eficiência do desenho dos processos (EDP) foi trabalhada para que os valores obtidos de EDP variassem entre um e zero. A expressão final resultou na seguinte equação:

$$EDP = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\text{n}^\circ \text{ de atividades do nível de produção } i} \right)}{n}$$

Onde:

- EDP = valor do indicador de eficiência do desenho dos processos;
- n = número total de níveis de produção do ciclo básico de produção (CBP).

Segundo essa equação, um valor de EDP próximo de um significa que há um número elevado de fluxos simultâneos no mapeamento realizado, e um valor próximo de zero significa que há poucos fluxos ocorrendo de forma simultânea. Desse modo, um desenho dos processos intrínsecos e constantes de produção de uma determinada tecnologia com uma configuração longa e estreita, envolvendo grandes cadeias de precedências e poucos fluxos simultâneos, ou uma configuração curta e larga, envolvendo pequenas cadeias de precedências e diversos fluxos simultâneos, pode ser determinado através do valor de EDP.

Conforme apresentado no quadro 6.2, esse indicador relaciona-se diretamente com a medição do atingimento dos requisitos de: (a) empregar elementos com maior valor agregado; (b) separar processos em unidades de produção focalizadas; e (c) reduzir o número de processos em série. Relaciona-se também com a medição indireta do requisito de tornar os processos mais independentes uns dos outros. Quatro características da qualidade em gestão de processos se envolvem, portanto, na utilização desse indicador, sendo elas a redução das atividades que não agregam valor, a simplificação, o aumento da transparência e a redução do tempo de ciclo.

A partir da discussão dessas características, realizada no capítulo 5, pode-se afirmar que quanto mais curto e mais largo o desenho dos processos, envolvendo maior número de fluxos simultâneos que dependentes, maior será a propensão a uma gestão de processos mais eficiente. Desse modo, um valor próximo de zero para o EDP conota uma baixa eficiência do desenho dos processos e uma maior dificuldade inerente da tecnologia avaliada para atingir os requisitos

mencionados. Um valor próximo de um, por outro lado, infere da tecnologia avaliada uma maior eficiência do desenho dos processos segundo esses mesmos requisitos e um melhor atingimento dos mesmos.

6.1.2 Indicador de Flexibilidade de Robustez (FR)

Assim como o EDP, esse indicador também é quantitativo e medido pela análise do mapeamento realizado com o diagrama adaptado de precedências. Ele se baseia na medição do número total de vezes que as atividades mapeadas podem se alternar entre os níveis de produção ao longo dos fluxos mapeados sem que se altere o número total de níveis de produção do CBP. Essa alternância das atividade em diferentes níveis de produção, entretanto, deve manter as relações de precedência mapeadas para que as dependências continuem sendo consideradas. Desse modo, deve-se quantificá-las ao longo de cada fluxo de processos (colunas da estrutura matricial do diagrama adaptado) de forma individual e, posteriormente, somar os quantitativos. A figura 5.1 do capítulo anterior exemplifica essa quantificação. Segundo ela, as atividades M1 e M2 podem ser alternadas em três níveis de produção diferentes sem que se aumente o número total de níveis mapeados ou se desrespeite as dependências existentes. A relação estabelecida por esse indicador, por sua vez, é expressada pela equação abaixo:

$$FR = 1 - \frac{n}{1 + NPA}$$

Essa expressão gera valores entre um e zero, sendo que o valor um refere-se à maior possibilidade de alternar os processos entre os níveis de produção, e o valor zero uma possibilidade menor. Suas variáveis significam:

- FR = valor do indicador de flexibilidade de robustez;
- n = número total de níveis do ciclo básico de produção;
- NPA = somatório do número de possibilidades de alternância das atividades de cada fluxo entre diferentes níveis de produção sem o aumento final de n.

O objetivo é identificar, dentro do CBP da tecnologia analisada, a capacidade que os fluxos de processos intrínsecos têm de admitir alterações no seqüenciamento das atividades sem que ocorram aumentos, segundo as dependências mapeadas, do número de etapas de produção. O cálculo proposto, por sua vez, indica o desempenho intrínseco da tecnologia avaliada em situações de atrasos na produção por razões diversas, baseado na preservação do número total de etapas de construção, isto é, na possibilidade de manter o tempo total de ciclo inalterado.

Assim, conforme apresentado no quadro 6.2, esse indicador relaciona-se diretamente com os requisitos de possibilitar maior flexibilidade de fluxos de processos e de possibilitar maior flexibilidade de frentes de trabalho. Seu emprego visa avaliar, portanto, até que ponto a tecnologia de edificação tem a característica da qualidade de flexibilidade de robustez na gestão de processos, que, conforme discutido nos capítulos 2 e 5, é definida pela capacidade do sistema de produção de absorver variabilidades causadas por fatores internos e externos. Desse modo, quanto mais próximo de um for o valor desse indicador, maior grau de flexibilidade intrínseca de robustez tem a tecnologia avaliada.

6.1.3 Grau de interdependência de Processos (GIP)

Esse indicador estabelece a relação direta entre o número total de atividades dos fluxos de processos e o número total de dependências estabelecidas pela tecnologia. Assim como o EDP e o FR, também se baseia no mapeamento do ciclo básico de produção com o diagrama adaptado de precedências. Conforme descrito no capítulo 6, as atividades dos fluxos são representadas por retângulos ou círculos, e as dependências por setas. A relação proposta, por sua vez, estabelece a divisão entre as quantidades de atividades e de dependências de todo o mapeamento do CBP.

A expressão matemática que define o cálculo do indicador gera valores entre um e zero, sendo valores próximos de um relativos a um número menor de dependências em relação ao número total de atividades, e um valor próximo de zero relativo à condição inversa. A equação que representa essa expressão é a seguinte:

$$GIP = 1 - \frac{NTD}{NTA}$$

Onde:

- GIP = valor do grau de interdependência dos processos;
- NTD = quantidade total de dependências no mapeamento do CBP;
- NTA = quantidade total de atividades de todos os fluxos no mapeamento do CBP.

Esse relacionamento, entretanto, considera uma análise apenas das dependências internas do sistema de produção do ponto de vista dos processos intrínsecos da tecnologia, o que limita a sua utilização para avaliar somente as interdependências de processos. Vem daí, portanto, a denominação do indicador como grau de interdependência dos processos, e sua relação com os requisitos de desempenho elaborados, conforme o quadro 6.2, atende somente o atingimento do

requisito de tornar os processos mais independentes uns dos outros. A verificação das características de simplificação e transparência são auxiliadas por esse indicador.

6.1.4 Grau de Habilidade Exigido da Mão de Obra (GHMO)

O grau de habilidade exigido da mão de obra é determinado de forma qualitativa através da classificação das operações dos fluxos de operários que necessariamente acompanham os processos intrínsecos e constantes do ciclo básico de produção da tecnologia analisada. A classificação estabelecida foi a adotada por Rosso (1980)⁵, que estabelece cinco níveis crescentes de complexidade das funções dos operários:

- a) Transporte: nível mais simples, que exige habilidades físicas e motoras não refinadas do operário;
- b) Locação: exige noções espaciais, de localização e de eventuais verificações com o uso de ferramentas;
- c) Conformação: exige noções de locação e de habilidades motoras mais específicas para a função desempenhada;
- d) Ajuste: exige noções de locação, conformação e do entendimento das funções da tarefa realizada de forma global, visando a harmonização dos materiais processados;
- e) Acabamento: nível mais complexo, que exige habilidades de ajuste, o domínio da técnica e o conhecimento das propriedades dos materiais utilizados.

A aplicação desse indicador envolve o levantamento e a análise de registros fotográficos e de filmagens a fim de se quantificar, de forma isolada, todas as operações do fluxo de operários de cada um dos níveis de habilidade descritos acima. Nos casos de avaliação de tecnologias ainda na fase de sua concepção, deve-se quantificar essas operações através da avaliação dos processos intrínsecos definidos. Nos dois casos, essa quantificação se dá sobre o ciclo básico de produção. O resultado desse indicador, por sua vez, é constituído por cinco somatórios correspondentes a cada um desses níveis de complexidade de operações definidos, e o resultado final da análise de sua utilização, conforme mencionado, é feito de forma qualitativa.

De acordo com o quadro 6.2, esse indicador pode ser utilizado para avaliar o atingimento do requisito de possibilitar um nível mais baixo e homogêneo de habilidade exigida pelas operações intrínsecas. Nesse sentido, a maioria das operações intrínsecas da tecnologia avaliada deve se concentrar nas operações de níveis mais baixos de habilidades exigidas, conforme

⁵ Em trabalho datilografado em 1980 e intitulado “Produtividade na Construção”, Teodoro Rosso apresentou diversas considerações sobre a indústria da construção, entre elas diferentes níveis de habilidade da mão de obra.

apresentado. Desse modo, mais facilmente pode-se treinar operários polivalentes, uma vez que os processos de treinamento poderão ser mais curtos. A relação desse aspecto com a gestão de processos, por sua vez, se dá pela viabilização de eventuais realocações de operários, conforme discutido no item 5.1.5.

6.1.5 Grau de Dependência por Materiais Específicos (GDM)

Esse indicador busca medir a capacidade da tecnologia de edificação avaliada de se adaptar a diferentes regiões, prescindindo de fornecedores específicos e de materiais específicos. Trata-se de um indicador qualitativo que se baseia na identificação de insumos materiais essenciais para o desempenho dos fluxos de processos mapeados e na relevância financeira dos mesmos. Seu resultado é constituído por uma lista desses insumos. Quanto mais extensa essa lista, maior é a tendência da tecnologia de depender de materiais específicos e mais dificilmente será realizada a sua utilização em diferentes regiões sem maiores conseqüências para a gestão de processos, uma vez que essa lista de insumos materiais é determinada em função de alguns critérios específicos, conforme discutido adiante. A razão principal dessa relação, por outro lado, advém das considerações estratégicas discutidas no item 3.5 sobre a seleção de tecnologias para a habitação de interesse social e das considerações realizadas nos itens 5.1.4 e 5.1.5.

Os insumos identificados devem ainda compreender apenas materiais insubstituíveis por motivos técnicos inerentes da tecnologia avaliada e que são utilizados em atividades críticas do mapeamento realizado do ciclo básico de produção. Essas atividades críticas, por sua vez, são definidas como as atividades cuja relação de dependência com as demais poderá provocar um atraso global de todos os fluxos subseqüentes, aumentando o tempo de ciclo. A mencionada relevância financeira que esses materiais devem possuir, por sua vez, foi considerada em função da importância do aspecto econômico no gerenciamento de suprimentos e estoques. Quanto mais caro o insumo, menos freqüente será a sua compra e menor será a viabilidade de formação de estoques de segurança do mesmo, como os realizados nos casos de materiais mais simples, tais como pregos, por exemplo. Assim, os insumos materiais considerados na medição do grau de dependência por materiais específicos são, em última instância, aqueles que, se faltarem na obra, atrasam os processos, não permitem a viabilidade financeira de formação de estoques de segurança, são inerentes à tecnologia avaliada e, conseqüentemente, conotam uma dependência da tecnologia pelo seu consumo regular junto a fornecedores de uma dada região. São chamados de materiais críticos da tecnologia avaliada.

Para se determinar os materiais que possuem importância financeira relevante, deve-se considerar pelo menos uma utilização da tecnologia avaliada na realização de um ciclo completo

dos processos do ciclo básico de produção da mesma e então identificar os insumos mais caros utilizados. Essa identificação envolve a cotação unitária dos preços dos materiais utilizados em diferentes regiões e a consideração das quantidades utilizadas conforme um projeto padrão de edificação, a ser definido segundo as aptidões da tecnologia avaliada e segundo os interesses relacionados à tipologia construtiva. É realizado, então, um orçamento técnico descritivo da execução do ciclo básico de produção segundo essas cotações e segundo esse projeto básico. Em seguida, os materiais financeiramente relevantes são então estabelecidos por uma listagem dos materiais mais caros, considerando-se o custo unitário e a quantidade utilizada para cada um dos insumos materiais envolvidos no ciclo básico de produção. Os critérios de delimitação dessa listagem podem ser definidos pelo aplicador do indicador, desde que estes se mantenham constantes nas demais aplicações em avaliações de outras tecnologias. Sugere-se, entretanto, a realização da cotação de preços em pelo menos três regiões diferentes e a consideração, através dos quantitativos calculados, da listagem de materiais que atende de 67% a 75% do custo total calculado e de 10% a 20% do número total de insumos cotados, conforme critérios da classificação A das curvas ABC, usualmente utilizadas nos orçamentos descritivos técnicos voltados para a construção habitacional.

É importante ressaltar que, na determinação dessa relevância financeira, a adoção de cotações em três regiões diferentes e de um projeto básico padrão são fatores à parte da avaliação da tecnologia, que criam cenários hipotéticos de utilização da mesma. Os valores financeiros calculados, portanto, não necessitam ser considerados com a exatidão requerida em orçamentos descritivos técnicos, uma vez que se busca essencialmente apenas uma noção dos insumos mais caros requeridos pela tecnologia avaliada.

Depois de identificados esses insumos financeiramente relevantes, seleciona-se, em primeiro lugar, os insumos materiais que são insubstituíveis devido às restrições técnicas da tecnologia de edificação avaliada. Em seguida, verifica-se se esses insumos materiais selecionados são utilizados nas atividades críticas do mapeamento realizado do ciclo básico de produção com o diagrama adaptado de processos. O resultado final dessa seleção e dessa verificação é, desse modo, a lista de materiais críticos exigidos pela tecnologia avaliada. Se essa lista for extensa, conforme mencionado, significa que há um maior número de insumos materiais requeridos pela tecnologia avaliada que são caros, que não podem faltar na obra e que não podem ser substituídos. A combinação desses três fatores, em geral, deixa o sistema de produção mais vulnerável a incertezas quanto ao suprimento desses materiais e, portanto, mais dependente do mercado fornecedor desses últimos.

6.1.6 Indicador de Variedade de Materiais (IVM)

Esse indicador se relaciona, conforme apresentado no quadro 6.2, diretamente com a medição do atingimento do requisito de utilizar menor número de materiais diferentes e, de forma indireta, com a medição do atingimento dos requisitos de possibilitar o fornecimento freqüente de recursos por um número menor de fornecedores e de empregar elementos com maior valor agregado. Trata-se de um indicador quantitativo.

Sua medição é efetuada a partir da análise do mapeamento realizado com o diagrama adaptado de precedências do ciclo básico de produção e da listagem dos diferentes insumos materiais requeridos pela tecnologia utilizada ao longo desse mesmo ciclo. Após a confecção dessa listagem, deve-se, então, quantificar o número total de diferentes insumos materiais requeridos e quantificar o número total de atividades dos processos contidos no mapeamento do ciclo básico de produção.

Relaciona-se, finalmente, esses quantitativos através de uma expressão matemática representada pela fórmula:

$$\text{IVM} = \frac{\text{NTA}}{\text{NTM}}$$

As variáveis consideradas nessa fórmula, por sua vez, significam:

- IVM = valor do indicador de variedade de materiais;
- NTA = quantidade total de atividades de todos os fluxos no mapeamento do ciclo básico de produção CBP;
- NTM = quantidade total de diferentes materiais requeridos pela tecnologia em seu ciclo básico de produção.

Valores altos de IVM indicam que há poucos materiais diferentes no ciclo básico de produção mapeado. Os valores próximos de zero, por outro lado, indicam que há muitos.

Conforme discutido no item 5.1.5, a maior ou menor complexidade de gerenciamento de materiais é conseqüência, em parte, do número de diferentes insumos materiais que são requeridos pela tecnologia utilizada. Em geral, quanto maior esse número, mais complexo tende a ser o gerenciamento dos suprimentos, e, em conseqüência, maior será a suscetibilidade do sistema de sofrer perdas por atraso de materiais, por necessidade de estoques ou perdas por transportes

intermediários. Desse modo, valores altos de IVM indicam um melhor atingimento dos requisitos de desempenho relacionados a esse indicador por parte da tecnologia de edificação avaliada.

6.1.7 Grau de Padronização e Agregação de Valor de Elementos Construtivos (GPAE)

Esse indicador propõe uma avaliação qualitativa dos elementos construtivos da tecnologia de edificação avaliada em níveis crescentes de uniformidade dos elementos e de aglutinação de etapas de produção que esses últimos possibilitam. Quanto maior o número de elementos construtivos classificados em um nível mais alto de uniformidade e aglutinação de etapas, maior será o grau de padronização e agregação de valor da tecnologia. Ele fornece, desse modo, a possibilidade de uma avaliação conjunta e simplificada desses dois aspectos através de uma única análise geral das características dos elementos construtivos da tecnologia de edificação analisada.

Entretanto, essa classificação dos elementos construtivos em diferentes níveis de aglutinação de etapas e de uniformidade exige uma comparação relativa com tecnologias de edificação tradicionais, descritas em cadernos de encargos como o do Banco do Brasil ou do Departamento de Edifícios e Obras Públicas do Governo do Estado de São Paulo. Além disso, o estabelecimento de diferentes níveis de aglutinação de etapas e de uniformidade dos elementos construtivos deve considerar os conceitos estabelecidos para atividade, serviço, processo e operação nos itens 2.5.3.2 e 2.5.3.3, e, de modo mais específico, a determinação do grau de uniformidade desses elementos construtivos requer uma fundamentação precisa dos critérios de classificação utilizados. Rosso (1980), no mesmo trabalho referido no item 6.1.4, discute alguns aspectos relativos à uniformidade e à padronização de elementos construtivos no subsetor edificações.

Para fins da avaliação qualitativa proposta por esse indicador, sugere-se, desse modo, três níveis diferentes de classificação dos elementos construtivos das tecnologias avaliadas com relação ao grau de aglutinação de etapas de uniformidade dos mesmos. Essa classificação é proveniente das reuniões de grupo realizadas na terceira fase da pesquisa, sendo os seus critérios os seguintes:

- Nível 1: elementos construtivos que não aglutinam etapas em relação a tecnologias de edificação tradicionais e que não precisam ser necessariamente uniformes. Exemplos: blocos cerâmicos de diferentes tamanhos, lajes, pilares e vigas confeccionados em concreto armado com o sistema de fôrmas e de tamanhos variados;
- Nível 2: elementos construtivos que aglutinam mais de uma etapa em relação a tecnologias de edificação tradicionais e que não precisam ser necessariamente

uniformes. Exemplos: vigas, lajes ou pingadeiras pré-moldadas em concreto armado de diferentes tamanhos, argamassas pré-misturadas de tipos variados e *kits* elétricos ou hidráulicos de tamanhos variados;

- Nível 3: elementos construtivos que aglutinam mais de uma etapa em relação a tecnologias de edificação tradicionais e que necessariamente têm dimensões pré-determinadas. Exemplos: lajes, vigas ou pilares pré-moldados em concreto armado de tamanhos únicos, portas prontas de dimensões constantes, painéis pré-moldados de paredes em tamanhos constantes e painéis de revestimento em tamanhos constantes.

Conforme apresentado no quadro 6.2, quanto maior o grau de padronização e agregação de valor dos elementos construtivos empregados pela tecnologia de edificação avaliada, maior será o atingimento dos requisitos de padronizar componentes e métodos de trabalho, de empregar elementos com maior valor agregado e de reduzir o número de etapas da obra. Assim, um número maior de elementos construtivos da tecnologia de edificação avaliada classificados no nível 3, descrito acima, determina um maior atingimento desses requisitos. O estudo de caso realizado considerou esses três níveis de padronização apresentados para a aplicação desse indicador, conforme será visto no capítulo seguinte.

6.1.8 Grau de Padronização de Operações (GPO)

O grau de padronização de operações é medido através da análise das atividades dos operários. Essas atividades são compostas pelas operações que acompanham os processos intrínsecos e constantes da tecnologia de edificação avaliada. Assim como o indicador do grau de habilidade exigido da mão de obra, pode-se analisar os registros de imagens das atividades dos operários realizadas em canteiro ou, no caso de aplicação do método na fase de concepção da tecnologia, prever essas atividades. Por sua vez, nessa análise, deve-se buscar o número total das operações que são realizadas mais de uma vez e relacioná-lo ao número total de operações exigidas no ciclo básico de produção da tecnologia. Lembra-se que as atividades dos operários que devem ser consideradas são as que se relacionam diretamente com os processos mapeados. A expressão matemática que representa esse indicador é dada pela fórmula:

$$GPO = \frac{NOR}{NTO}$$

Onde:

- GPO = grau de padronização de operações;

- NTO = número total de atividades dos operários exigidas pelos processos intrínsecos e constantes do CBP;
- NOR = número total de atividades dos operários exigidas pelos processos intrínsecos e constantes do CBP que se repetem.

Os valores para GPO obtidos dessa fórmula, por sua vez, variam entre zero e um, sendo que valores próximos de um indicam uma incidência maior de repetições de atividades dos operários. Quanto maior for essa incidência de repetições, por sua vez, maior será o grau de padronização de operações estabelecido de forma intrínseca pela tecnologia avaliada. Conforme o quadro 6.2, esse indicador mede de forma direta, juntamente com o grau de padronização e agregação de valor de elementos construtivos da tecnologia avaliada, o requisito de padronizar componentes e métodos de trabalho.

6.1.9 Grau de Separação Física de Processos (GSP)

Esse indicador estabelece uma relação entre a quantidade total de atividades de fluxos e conversão dos processos do ciclo básico de produção e a quantidade dessas atividades que podem ser realizadas fora ou distante do local final de conformação do elemento ou subelemento produzido por cada um dos fluxos de processos mapeados. A expressão matemática dessa relação é dada pela fórmula:

$$GSP = \frac{NAS}{NTA}$$

Onde:

- GSP = valor do indicador do grau de separação física de processos;
- NAS = quantidade de atividades de todos os fluxos no mapeamento do CBP que podem ser realizadas distantes do local final de conformação do elemento ou subelemento;
- NTA = quantidade total de atividades de todos os fluxos no mapeamento do CBP;

Os valores de GSP oriundos dessa fórmula variam entre zero e um, sendo que os valores próximos de um indicam que grande parte dos processos intrínsecos e constantes do ciclo básico de produção (CBP) podem ser realizados separadamente do canteiro de obras ou em locais variados dentro do *layout* do mesmo. Conforme apresentado no quadro 6.2, o GSP pode ser utilizado, juntamente com o indicador de eficiência do desenho dos processos, para medir o atingimento do requisito de separar processos em unidades de produção focalizadas,

contribuindo, desse modo, para o aumento da transparência e da simplificação, conforme discutido no item 5.1.4. Quanto mais próximo de um for o valor de GSP, portanto, maior será o grau de separação física dos processos de produção da tecnologia avaliada e melhor será o atingimento desse requisito.

6.1.10 Peso dos Elementos Construtivos (PEC)

Finalmente, o décimo indicador de desempenho proposto se relaciona com as condições ergonômicas de trabalho, buscando medir de forma direta o atingimento do requisito de utilizar elementos construtivos mais leves, conforme relação apresentada no quadro 6.2. Para tanto, esse indicador propõe a medição ou estimativa do peso de elementos construtivos utilizados pela tecnologia de edificação. Esses elementos devem ser os utilizados ao longo do ciclo básico de produção identificado, e a avaliação proposta é qualitativa. Ela é efetuada em cima dos dados obtidos de peso dos elementos, sendo que quanto maiores forem esses valores, pior será o atingimento do requisito relacionado, conforme discutido no item 5.1.5.

Os critérios de classificação dos valores de pesos dos elementos construtivos das tecnologias avaliadas podem ser estabelecidos pelo aplicador do indicador. Associada à avaliação qualitativa do peso, por outro lado, deve-se considerar ainda a disponibilidade e a utilização de equipamentos adequados de transporte e manuseio desses elementos que podem ser utilizados pela tecnologia, que, em geral, anulam as complicações ergonômicas do peso, porém não interferem no aspecto da segurança, permanecendo essa última numa situação pior que na utilização de elementos mais leves.

6.2 A CONSTITUIÇÃO FINAL DO MÉTODO DESENVOLVIDO

O método proposto consiste na aplicação dos indicadores de desempenho apresentados no item anterior, incluindo todas as ferramentas de coleta e processamento de informações necessárias. De acordo com as conclusões do estudo piloto realizado na segunda etapa da pesquisa, são necessárias as seguintes ferramentas para a coleta de dados: (a) entrevista; (c) lista de verificação; (b) planilha de coleta de dados; (c) registro fotográfico; e (e) filmagem. Para o processamento de informações são utilizadas as seguintes ferramentas: (a) o diagrama adaptado de precedências, apresentado no capítulo 6; e (b) tabelas de organização e classificação de informações.

A ordem de atividades que compreende a aplicação do método e a forma de utilização e aplicação dessas ferramentas, por sua vez, deve seguir os passos:

- a) Definir as prioridades competitivas em operações;

- b) Realizar uma entrevista inicial com o especialista que concebeu ou que administra o uso da tecnologia de edificação a ser avaliada. Essa entrevista envolve a coleta de informações gerais sobre as principais características da tecnologia, seus usos mais indicados, as limitações desses usos, os itens mais caros, as técnicas construtivas empregadas em partes específicas das edificações e das principais seqüências de construção. No anexo II há um exemplo dessa entrevista inicial;
- c) Aplicar uma lista de verificação, juntamente com essa entrevista inicial e também apresentada no anexo II, para a identificação do ciclo básico de produção no uso da tecnologia analisada;
- d) Aplicar a tabela P1 de listagem dos serviços da tecnologia, apresentada no anexo II, organizando algumas das informações obtidas da entrevista inicial realizada. Essas informações são sobre as principais cadeias de processos relacionadas aos principais elementos e etapas identificadas na entrevista inicial. Os campos da tabela são o código do serviço, descrição do subproduto derivado, principais atividades envolvidas e observações;
- e) Determinar os fluxos de processos do ciclo básico de produção através da análise da tabela P1, da entrevista inicial e da lista de verificação aplicada junto com essa entrevista inicial;
- f) Aplicar a tabela P2, apresentada no anexo II, para a análise específica de cada um dos fluxos de processos das cadeias listadas na tabela P1 ou de cada atividade desses fluxos de processos, conforme o grau de detalhamento definido para a aplicação do método (considerar ou não as atividades de fluxo de espera, transporte e inspeção). Essa tabela é constituída pelos campos de código da atividade ou processo, descrição da atividade ou processo, local de execução (separado ou não do local de conformação final do subelemento produzido pelo fluxo), código das atividades ou processos precedentes (obedecendo os critérios de precedência definidos no item 5.2.2), código das atividades ou processos subseqüentes, descrição das operações diretamente envolvidas e código das fotografias relacionadas. A aplicação dessa tabela, por sua vez, envolve:
- No caso da tecnologia de edificação já estar sendo utilizada: a análise da tabela P1, a observação dos processos no canteiro, o registro de imagens (fotografias e filmagens) dos processos e operações e entrevistas informais com os operários para o esclarecimento de detalhes das técnicas construtivas aplicadas;

- No caso da tecnologia de edificação não estar sendo utilizada ou estar em sua fase de concepção: a análise da tabela P1, da entrevista inicial com o especialista e de entrevistas ou *brainstormings* com os encarregados pelo desenvolvimento ou aplicação da tecnologia, deforma a prever as técnicas construtivas e as operações específicas da tecnologia;
- g) Mapear todos os processos ou atividades de processos (conforme o grau de detalhamento da avaliação) do ciclo básico de produção da tecnologia analisada com o diagrama adaptado de processos;
- h) Aplicar a tabela P3, apresentada no item 7.3, que resume todos os quantitativos que devem ser determinados pela análise direta do mapeamento com esse diagrama;
- i) Calcular os indicadores EDP, IFR e GIP com os dados da tabela P3;
- j) Aplicar o indicador GDM, determinando a listagem dos materiais críticos utilizados no ciclo básico de produção através da realização de orçamentos hipotéticos e da análise da entrevista inicial e do mapeamento realizado com o diagrama adaptado;
- k) Aplicar o indicador GHMO através da análise da tabela P2, quantificando e classificando as habilidades exigidas conforme a classificação apresentada anteriormente;
- l) Calcular os indicadores GSP e GPO através da análise da tabela P2 e dos dados da tabela P3;
- m) Aplicar a tabela P4, apresentada no anexo II, que lista todos os diferentes materiais utilizados no ciclo básico de produção, analisar a tabela P3 e calcular o indicador IVM;
- n) Analisar a entrevista inicial, a tabela P1, a tabela P2 e aplicar o indicador GPAE, quantificando quantos elementos de cada um dos níveis apresentados que são utilizados pela tecnologia;
- o) Aplicar a tabela P5, apresentada no item 7.3, que resume todos os dados obtidos com a aplicação dos indicadores;
- p) Aplicar a tabela P6, apresentada no item 6.4 e que resume as relações entre diferentes prioridades competitivas e os indicadores propostos, e interpretar os resultados dos indicadores através de forma comparativa com outras tecnologias de edificação, considerando os conceitos envolvidos nas características da qualidade selecionadas e das limitações dos requisitos e indicadores.

6.3 LIMITAÇÕES E CONDICIONANTES DO MÉTODO DESENVOLVIDO

Conforme mencionado no item 1.2, o objeto de avaliação do método são os processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação, dentro do prisma gerencial e sob o enfoque da gestão dos processos de produção. Não foi possível, portanto, a consideração da avaliação de diversos aspectos relacionados com o desempenho da gestão de processos, tais como um projeto padrão de edificação, uma configuração padrão de canteiro, uma estratégia determinada de relações com fornecedores ou ainda aspectos mais específicos de cada empresa. Esse quadro limitou, como discutido no item 5.1.3, a seleção de características da qualidade e o estabelecimento de requisitos de desempenho para a avaliação das tecnologias de edificação sob esse foco específico. Por sua vez, essa limitação e, conforme discutido também no capítulo 5, a impossibilidade de aplicação de técnicas ou ferramentas mais específicas de mapeamento e análise de processos condicionaram o desenvolvimento dos indicadores de forma a se proceder, na maioria dos casos, a medições do atingimento dos requisitos indiretamente ou em conjunto.

Outro aspecto que limita a aplicação do método é a existência de um certo grau de subjetividade quanto à determinação do grau de detalhamento de mapeamento dos fluxos de processos na tabela P2, assim como o registro e classificação das operações na determinação da habilidade exigida da mão de obra. Desvios provocados na coleta e processamento de informações devidos a esse grau de subjetividade podem alterar os resultados obtidos. Entretanto, tendo em vista que esse método foi desenvolvido para ser utilizado em comparações de diferentes opções tecnológicas, essa subjetividade passa a ser menos importante quando o método é aplicado por um mesmo especialista ou por uma mesma empresa construtora. Desse modo, cada aplicação do método desenvolvido para avaliações comparativas de tecnologias de edificação deve necessariamente ser realizada pela mesma empresa e, de preferência, pelo mesmo especialista.

Além disso, mapeamentos que consideram as atividades de fluxo intrínsecas da tecnologia em fluxos de processos intrínsecos e constantes (espera, transporte e inspeção) exigem etapas de coleta de informações e de processamento de dados longas, o que pode não ser possível em alguns casos específicos de utilização do método. Por outro lado, mapeamentos que não consideram essas atividades de fluxo, provocam a desconsideração da maior parcela do que deverá ocorrer, na prática, com o uso da tecnologia avaliada, podendo gerar resultados infundados para os indicadores. Desse modo, comparações de diferentes tecnologias realizadas com esse método devem seguir os mesmos padrões quanto à consideração ou não do mapeamento das atividades de fluxo.

De modo geral, portanto, o método desenvolvido avalia apenas parcialmente as influências de diferentes tecnologias de edificação sobre a gestão de processos. Sua aplicação, conforme o seu desenvolvimento a partir de algumas necessidades de desempenho identificadas exclusivamente para o segmento de habitações de interesse social, deve ser sobre tecnologias de edificação voltadas à produção de habitações de baixo custo. E, finalmente, o método deve ser aplicado para comparações e pela mesma empresa ou especialistas, a fim de se excluir variabilidades oriundas da subjetividade envolvida na coleta e processamento de algumas informações exigidas por alguns indicadores.

6.4 A INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES ELABORADOS

A interpretação global do desempenho da tecnologia avaliada quanto à gestão de processos deve seguir a finalidade de cada característica da qualidade correspondente a cada requisito e indicador. No quadro 6.2 são resumidas essas relações, sendo que o grau de importância ou o grau de medição do atingimento do requisito fornecido por cada indicador é variável. A priorização das características da qualidade e dos requisitos de desempenho, por sua vez, depende de outros aspectos mais estratégicos, que condicionam a gestão de processos, e da estratégia competitiva de cada empresa. O grau de medição de cada indicador do atingimento dos requisitos relacionados, por outro lado, depende de considerações de outras condicionantes específicas que cada empresa pode estabelecer segundo seus interesses, tais como, por exemplo, a tipologia das edificações que devem ser construídas ou mesmo o projeto padrão delas. Estabelecidas essas outras condicionantes, os resultados dos indicadores do método devem ser utilizados de forma complementar na avaliação das opções tecnológicas.

Importante para o contexto da interpretação dos resultados dos indicadores em conjunto com os aspectos destacados acima, entretanto, é a realização desses processos de seleção ou inovação tecnológica (no caso de aplicação do método em fases de concepção de tecnologias) segundo os princípios discutidos no capítulo 3. A verificação da adequação das características dos processos intrínsecos de cada uma das tecnologias em relação às prioridades competitivas da empresa, por sua vez, deve ser feita de forma sistemática, envolvendo uma análise global dos resultados dos indicadores. Nesse sentido, conforme identificado por Contador (1995a), há cinco campos de competição em que a empresa pode escolher competir: preço, produto, prazo, assistência e imagem. No caso específico do segmento de habitações de interesse social, conforme discutido no capítulo 3, o campo preço é em geral o principal, sendo o prazo o segundo mais importante. Assim, propõem-se a aplicação da tabela P6, apresentada no quadro 6.3. Essa tabela resume qual tecnologia, dentre as avaliadas, que obteve um melhor resultado

segundo cada indicador aplicado e cada prioridade competitiva em análise. As prioridades competitivas destacadas, por sua vez, são representadas pela melhor maneira de conseguir resultados através de processos de produção, isto é, segundo Contador (1995b), as armas de competição mais apropriadas.

Quadro 6.3: Tabela P6 para a interpretação dos resultados dos indicadores.

TABELA P6				
Indicador	Custo	Prazo de entrega	Flexibilidade de Robustez	Inovação na organização
Eficiência do Desenho dos Processos	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Flexibilidade de Robustez	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Interdependência de Processos	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Variedade de Materiais	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Separação dos Processos	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Dependência por Materiais especif.	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Habilidade de Mão de Obra	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Padronização das Operações	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Padroniz. e Agreg. valor dos elem.	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?
Peso dos elementos	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?	Qual opção ?

Observa-se no quadro 6.3 que a resposta a cada uma das perguntas sobre a opção tecnológica é obtida através da comparação dos resultados dos indicadores em cada uma das tecnologias avaliadas e da análise desses resultados em função da prioridade competitiva em questão. Ao final, é obtido um quadro com global que resume no que cada tecnologia é superior ou mais adequada. No quadro 7.3 são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso, e no item 7.4 é feita uma análise global da interpretação dos mesmos.

7 ESTUDO DE CASO: A APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Ao final da terceira fase da pesquisa, conforme mencionado no capítulo 4, foi realizado um estudo de caso para aplicar o método desenvolvido na comparação de duas tecnologias de edificação voltadas para a produção de habitações de baixo custo. Durante cerca de um mês, foram coletadas e processadas informações para aplicar os indicadores descritos no capítulo anterior em três canteiros de obras diferentes. O primeiro canteiro se localizava na cidade de Pelotas/RS e envolvia a aplicação de uma tecnologia de edificação, denominada de tecnologia A, para a construção de blocos de edifícios de quatro pavimentos. O segundo canteiro também se localizava na cidade de Pelotas/RS onde também era aplicada a tecnologia de edificação A, porém eram construídas edificações unifamiliares térreas, configurando uma tipologia e um *layout* de canteiro diferentes da obra anterior. O terceiro canteiro, finalmente, localizava-se em Alvorada/RS e envolvia a aplicação de uma outra tecnologia de edificação, denominada de tecnologia B. Esse canteiro localizado em Alvorada/RS, por sua vez, foi o mesmo observado no estudo piloto realizado na segunda fase da pesquisa.

A consideração no estudo de caso de dois canteiros de obras diferentes que utilizavam a mesma tecnologia de edificação buscou verificar inconsistências na coleta e no processamento de informações do método, uma vez que, apesar dos canteiros e das tipologias construtivas serem diferentes, os resultados deveriam ser idênticos, pois a tecnologia era a mesma. A consideração de um terceiro canteiro onde era aplicado outra tecnologia de edificação, por sua vez, buscou a geração de outros resultados para os indicadores e, portanto, subsídios para uma interpretação global mais completa, conforme discutido nas limitações do método e nos procedimentos de interpretação dos resultados, no capítulo anterior.

A seguir são descritas as etapas de aplicação do método realizadas e seus resultados. Ao final do capítulo, são realizadas algumas considerações sobre a interpretação dos resultados obtidos dos indicadores através de uma análise global sobre conceitos de estratégia de operações apresentados no capítulo 2 e sobre as conotações das características da qualidade relacionadas aos indicadores.

7.1 A ENTREVISTA INICIAL E AS CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO ANALISADAS

As tecnologias A e B avaliadas no estudo de caso são relativamente semelhantes e adotadas pela mesma empresa construtora, tanto no canteiro de Alvorada/RS quanto nos dois canteiros de Pelotas/RS que foram observados. A escolha de tecnologias de edificação

semelhantes para a aplicação do método nesse estudo de caso teve o propósito de simplificar algumas etapas de coleta e processamento de informações, permitindo que um número menor de processos intrínsecos diferentes delas tivessem que ser mapeados duas vezes.

Inicialmente, conforme as etapas estabelecidas de aplicação do método, foi realizada a entrevista inicial com o engenheiro projetista da empresa que concebeu as duas tecnologias analisadas. Foram coletadas informações sobre as características gerais de cada uma das duas tecnologias empregadas pela empresa e sobre a possibilidade da consideração de um ciclo básico de produção que fosse continuamente repetido ao longo da construção das edificações de baixo custo com a utilização dessas tecnologias, através de uma pequena lista de verificação aplicada ao final da entrevista. A forma da entrevista inicial do método e as informações obtidas estão contidas no anexo II. De modo geral, as principais características das tecnologias A e B estão resumidas no quadro 7.1.

Quadro 7.1: Resumo das principais características das tecnologias de edificação avaliadas.

Características da tecnologia A	Características da tecnologia B
<ul style="list-style-type: none"> • Fundação independente; • Alvenaria portante de blocos cerâmicos; • Pingadeiras dos peitoris pré-moldadas em concreto; • Blocos cerâmicos especiais nas formas de J e U, que possibilitavam a concretagem de coxins, vergas e cintas sem fôrmas no local; • Instalações elétricas embutidas na alvenaria; • Instalações hidráulicas com kits e dependentes da alvenaria; • Lajes pré-moldadas em concreto armado com eletrodutos embutidos; • Sistema de telhado tradicional em madeira, com o uso de beirais pré-moldados em concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fundação independente; • Alvenaria portante de blocos cerâmicos e armada; • Pingadeiras dos peitoris pré-moldadas em concreto; • Confecção de vergas e vigas semi pré-moldadas com blocos cerâmicos na forma de U e barras de aço consolidadas com concreto na parte inferior; • Instalações elétricas embutidas na alvenaria; • Instalações hidráulicas com kits e dependentes da alvenaria; • Lajes parcialmente pré-moldadas, com o uso de segmentos pré-moldados com lajotas cerâmicas e concreto armado; • Sistema de telhado tradicional em madeira, sem beirais pré-moldados.

Pode-se observar nesse quadro 7.1 que a tecnologia A é constituída basicamente pelas mesmas características da tecnologia B, com a exceção da adoção de alguns processos e de alguns elementos construtivos diferenciados. Esses processos diferenciados referem-se basicamente à produção de lajes, à produção de beirais do telhado e à produção de vigas ou vergas internas às alvenarias. Os elementos construtivos diferentes também se referiam a esses serviços.

Decidiu-se, então, em função do estudo de caso ter uma conotação de verificação da eficiência em termos de coleta e processamento de informações na aplicação do método, que o grau de detalhamento dos processos não consideraria as atividades de fluxo intrínsecas (transporte, espera e inspeção). Essa decisão permitiu que o método fosse aplicado sobre todas as principais cadeias de processos, conforme definidas no item 5.2.1, de cada uma das duas tecnologias avaliadas. Assim, pôde-se ter uma noção das dificuldades de mapeamento dos

processos intrínsecos nas mais variadas etapas das obras realizadas nos canteiros que seriam observados.

Terminada a entrevista, aplicou-se a tabela P1 do método para cada uma das tecnologias de forma separada. Essa tabela envolve, como descrito no capítulo anterior, a identificação das principais cadeias de processos da tecnologia avaliada. No anexo II encontra-se a tabela completa aplicada na análise da tecnologia A. Ao final, pôde-se estabelecer as cadeias de processos dos ciclos básicos de produção das tecnologias A e B. Os ciclos básicos definidos, para ambas as tecnologias, foram compreendidos pela execução completa de um pavimento, podendo esse ser de uma edificação ou de uma casa térrea, como foi o caso de um dos canteiros observados em Pelotas/RS. E ainda foram adicionados os fluxos relativos à execução do telhado, uma vez que havia diferenças específicas com relação a esse serviço.

7.2 COLETA DE DADOS NOS CANTEIROS

Realizada a entrevista inicial e preenchidas as tabelas P1, foram então efetuadas visitas nos canteiros para a observação dos processos intrínsecos de cada uma das cadeias de processos identificadas como pertencentes aos ciclos básicos de produção definidos. Primeiramente, foram visitados os canteiros de Pelotas/RS (tecnologia A) durante uma semana e meia, aproximadamente. Em seguida, passou-se a observar o canteiro de Alvorada (tecnologia B) durante três dias apenas. Nessa fase, alguns dados já mapeados no estudo piloto realizado puderam ser aproveitados para o caso do canteiro de Alvorada/RS.

O objetivo principal foi a aplicação da tabela P2 descrita no capítulo anterior e a confecção do mapeamento dos processos intrínsecos e constantes de cada uma das tecnologias. Como essa tabela exige a descrição das operações diretamente relacionadas com os processos intrínsecos, foram utilizados muitos registros fotográficos e algumas filmagens dos processos que estavam sendo realizados nos canteiros. No anexo II é apresentada uma das tabelas P2 do método aplicadas sobre os processos intrínsecos de execução de alvenarias da tecnologia A. Lembra-se, novamente, que nessa tabela não foram consideradas as atividades de fluxo (espera, transporte, inspeção) dos processos.

A maioria dos processos descritos nas tabelas P2 foram preenchidos após as visitas aos canteiros, com o auxílio dos registros fotográficos, das informações da entrevista inicial, da tabela P1 e das filmagens realizadas. As precedências existentes entre os processos, por sua vez, foram determinadas de acordo com os critérios de dependências apresentados na descrição do diagrama adaptado de precedências. O preenchimento dessas tabelas para as duas tecnologias durou cerca de uma semana e meia.

Por sua vez, através da análise dos dados contidos nas tabelas P2, construiu-se, de acordo com os critérios de confecção apresentados no capítulo 5, os diagramas adaptados de precedências relativos ao ciclo básico de produção das tecnologias A e B. A figura 7.1 apresenta o diagrama construído para o ciclo básico de produção da tecnologia A, e a figura 7.2 apresenta o diagrama construído para o ciclo básico de produção da tecnologia B.

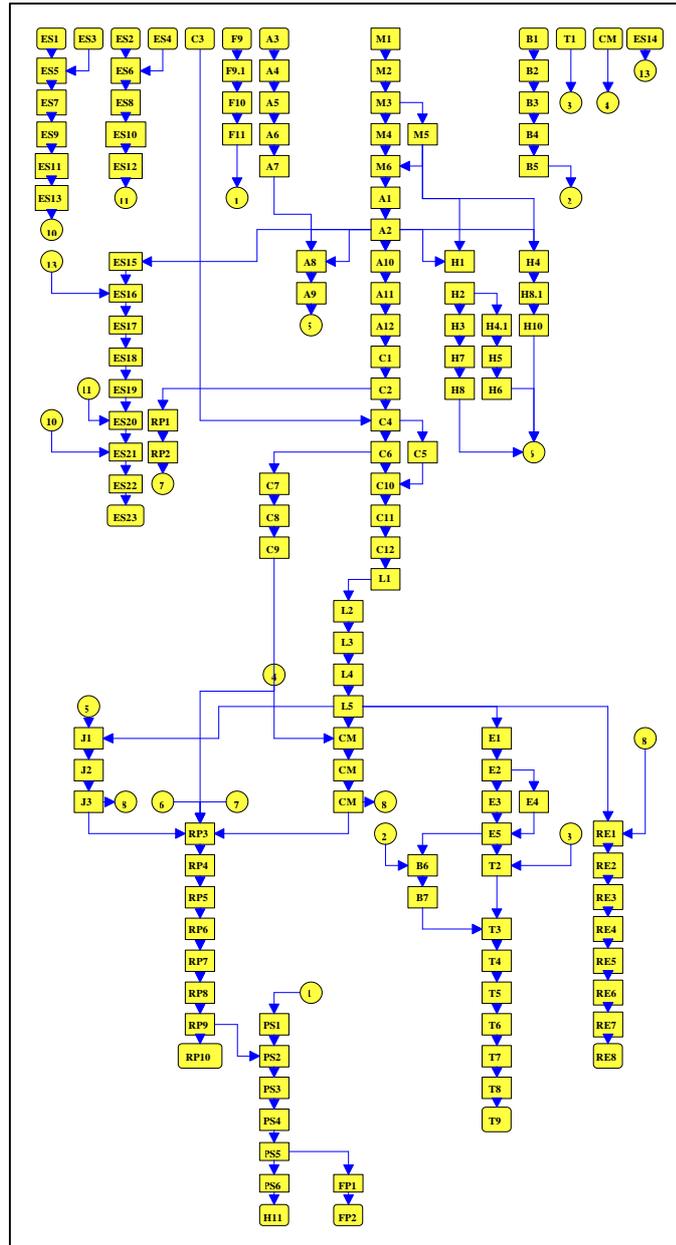


Figura 7.1: Diagrama de precedências dos processos intrínsecos e constantes da tecnologia de edificação A.

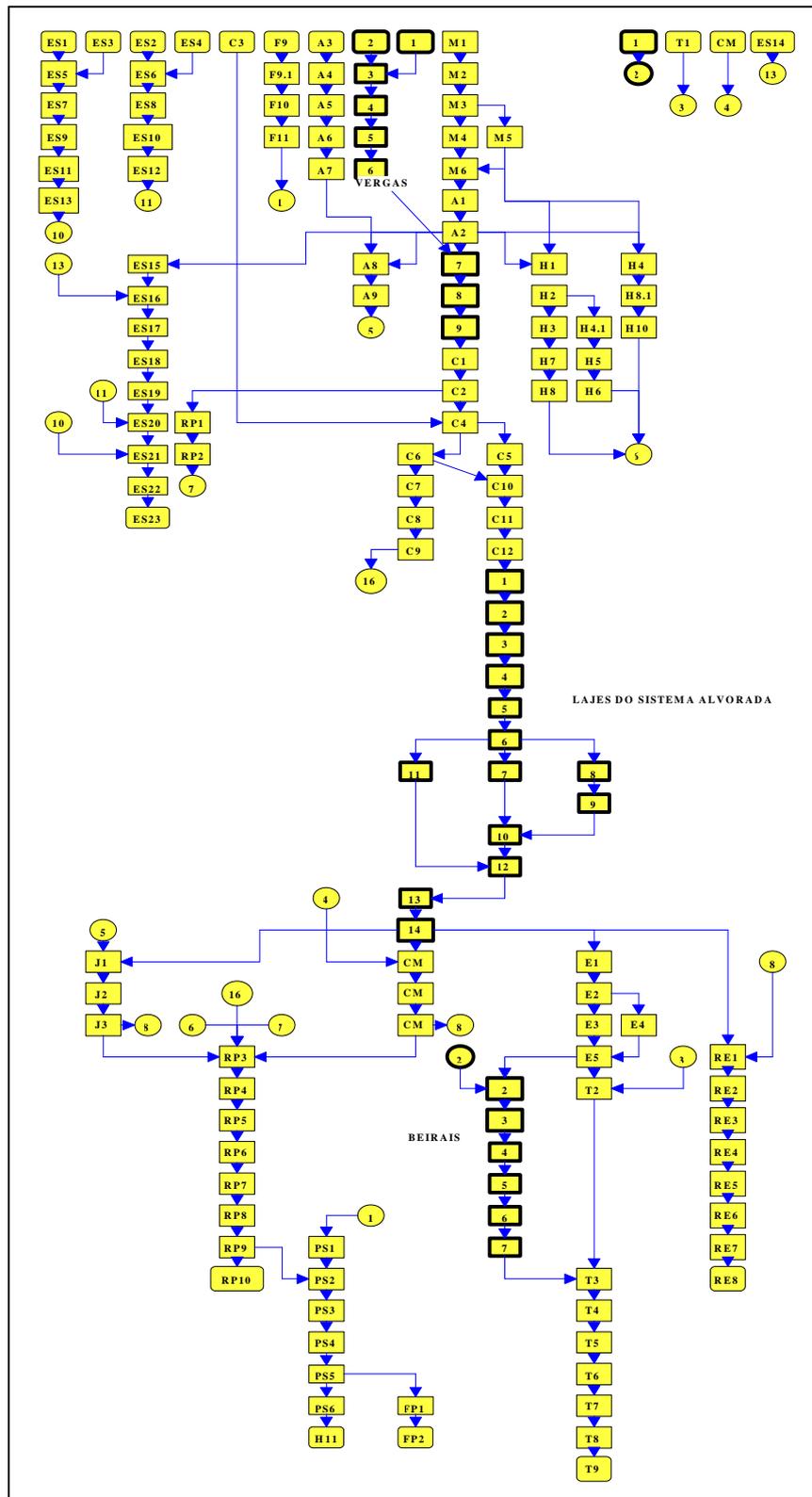


Figura 7.2: diagrama de precedência de processos intrínsecos e constantes da tecnologia de edificação B.

Os processos contornados com negrito, contidos na figura 7.2, são os processos identificados como diferentes da tecnologia B em relação à tecnologia A. O quadro 7.2 contém a listagem desses processos.

Quadro 7.2: Os processos intrínsecos diferentes das tecnologias de edificação A e B.

Fluxos: produção de vergas.			
ITENS DE COMPARAÇÃO	Tecnologia de Edificação A	Tecnologia de Edificação B	OBS
Método Adotado	Moldados no local	Parcialmente pré-moldados	
Processos intrínsecos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocação dos blocos tipo U; 2. Colocação das ferragens; 3. Produção de concreto; 4. Assentamento do concreto; 5. Cura do concreto; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Armação das ferragens; 2. Preparação dos blocos tipo U; 3. Colocação das armaduras nos blocos; 4. Produção de concreto; 5. Concretagem da pré-verga; 6. Cura; 7. Produção de argamassa; 8. Assentamento da pré-verga; 9. Enchimento com argamassa. 	
Fluxos: execução dos beirais do telhado.			
ITENS DE COMPARAÇÃO	Tecnologia de Edificação A	Tecnologia de Edificação B	OBS
Método Adotado	Beirais pré-moldados	Beirais moldados no local com uso de formas	
Processos intrínsecos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Armação das ferragens; 2. Colocação das armaduras nas fôrmas; 3. Produção de concreto para a concretagem dos beirais pré-moldados; 4. Concretagem dos beirais; 5. Cura dos beirais; 6. Produção de argamassa; 7. Assentamento dos beirais com o uso de argamassa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corte das guias, ripas, etc.; 2. Montagem das formas no local; 3. Montagem das armaduras; 4. Colocação das armaduras nas formas; 5. Produção de concreto; 6. Concretagem dos beirais; 7. Cura dos beirais. 	
Fluxos: execução de lajes.			
ITENS DE COMPARAÇÃO	Tecnologia de Edificação A	Tecnologia de Edificação B	OBS
Método Adotado	Lajes pré-moldadas com instalação elétrica	Lajes parcialmente pré-moldadas com cerâmica	
Processos intrínsecos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assentamento da laje sobre a cinta das alvenarias; 2. Conexão dos eletrodutos da laje às esperas das alvenarias; 3. Produção de argamassa; 4. Preenchimento das juntas com argamassa; 5. Cura da argamassa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparação das peças cerâmicas; 2. Colocação de barras de aço; 3. Produção de concreto ou argamassa forte; 4. Consolidação das pré-lajes; 5. Cura das pré-lajes; 6. Assentamento das pré-lajes; 7. Execução das baixadas do elétrico; 8. Instalação dos caixinhas do elétrico nas lajes; 9. Instalação dos eletrodutos sobre as pré-lajes; 10. Conexão dos eletrodutos das baixadas com os de sobre a pré-laje; 11. Colocação das esperas do hidráulico; 12. Produção de concreto; 13. Concretagem final da laje; 14. Cura da laje. 	<p>As tabelas entre as pré-lajes são insumos materiais da tecnologia B.</p> <p>Pré-lajes são os segmentos pré-moldados em concreto e lajotas cerâmicas das lajes na tecnologia B.</p>

No anexo II é apresentado o mapeamento de todos os processos da tecnologia A, podendo-se observar as diferenças com relação à figura 7.1, que representa somente os processos intrínsecos do ciclo básico de produção, e ainda a elevada complexidade existente em mapeamentos de processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação. Por outro lado, comparando-se as figuras 7.1 e 7.2, não é possível notar que a primeira possui uma configuração mais larga e curta que a segunda. Entretanto, como será visto mais adiante, o indicador de

eficiência do desenho dos processos comprova essa diferença. Conforme discutido, um desenho de processos mais largo e curto trás vantagens quanto à gestão de processos, pois indica a possibilidade da execução de processos simultâneos.

Depois de confeccionadas a tabela P2 e o mapeamento do CBP com o diagrama adaptado de precedências, aplicou-se as tabelas P3, P4 e P5, dando prosseguimento ao cálculo dos indicadores.

7.3 OS RESULTADOS DOS INDICADORES APLICADOS

O primeiro passo para o início do cálculo dos indicadores foi a análise dos diagramas e das tabelas P2. Foram levantados os dados necessários para calcular cada um dos indicadores, conforme apresentados na tabela 7.1, que representa a aplicação da tabela P3 do método.

Tabela 7.1: Resumo dos dados obtidos do diagrama de precedência para as tecnologias A e B.

Tabela P3		
Dados do diagrama adaptado de processos referente ao CBP das tecnologias A e B		
Quantitativo	Tecnologia A	Tecnologia B
n = nº total de níveis de produção	38	46
NPA = nº total de possibilidades de alternâncias de atividades entre níveis	181	190
NTD = quantidade total de dependências (setas)	142	159
NTA = quantidade total de atividades	128	143
NTO = quantidade de operações da tabela P2	223	---
NOR = quantidade de operações que se repetem	167	---
NAS = quantidade de atividades feitas separadas	54	62
NTM = quantidade de diferentes materiais utilizados	44	51

A quantidade de diferentes materiais utilizados no CBP (NTM) das duas tecnologias foi obtida através da análise de dois orçamentos técnicos discriminados fornecidos pela empresa construtora que utilizava as duas tecnologias. Verificou-se nesses orçamentos as composições dos serviços que eram realizados na construção de um pavimento inteiro, conforme definição prévia do ciclo básico de produção, e contou-se o número de diferentes materiais.

A determinação, por sua vez, dos materiais financeiramente relevantes, conforme definição apresentada na descrição do indicador do grau de dependência por materiais específicos, foi realizada de maneira aproximada. Em função do caráter de verificação do estudo de caso, considerou-se os dez primeiros insumos materiais das curvas ABC dos dois orçamentos disponibilizados pela construtora como esses insumos. A determinação do indicador do grau de dependência por materiais específicos, conforme visto anteriormente, envolve a execução de

orçamentos em diferentes regiões para que não se condicione a avaliação desse indicador a uma única região específica. Apesar disso não ter sido feito, a verificação da relevância técnica (materiais insubstituíveis) e da relevância física (serem utilizados em processos críticos), por outro lado, foi atendida.

A análise do grau de habilidade exigido da mão de obra foi realizada com base na observação dos registros fotográficos, das filmagens realizadas nos canteiro e das descrições das principais operações relacionadas diretamente a cada processo do ciclo básico de produção, contidas nas tabelas P2. Em função novamente do propósito do estudo de caso, o indicador do grau de habilidade exigido da mão de obra foi verificado somente para a tecnologia A, uma vez que as tecnologias avaliadas eram semelhantes e não quebravam a cultura de organização do trabalho do subsetor edificações. Essa abreviação da aplicação do método foi efetuada também na análise das operações que se repetem e no grau de padronização das operações.

A tabela 7.2 resume os resultados dos indicadores do método aplicados no estudo de caso para as duas tecnologias avaliadas. Essa tabela representa a tabela P5 do método, conforme descrição do capítulo anterior.

Tabela 7.2: Resumo dos resultados dos indicadores para as tecnologias de edificação A e B.

Tabela P5			
Indicador	Resultado tecnologia A	Resultado tecnologia B	
Eficiência do desenho dos processos (EDP)	0,567	0,502	
Flexibilidade de robustez (FR)	0,791	0,759	
Grau de interdependência dos processos (GIP)	0,901	0,889	
Grau de separação dos processos (GSP)	0,42	0,434	
Indicador de variedade de materiais (IVM)	2,91	2,80	
Grau de padronização das operações (GPO)	0,748	---	
Grau de dependência por materiais específicos (GDM)	Laje, bloco, cimento, janela e porta	Bloco, janela, areia média e brita 2	
Grau de habilidade exigido da mão de obra (GHMO)	Operações de transporte	115	---
	Operações de locação	20	---
	Operações de conformação	22	---
	Operações de ajuste	34	---
	Operações de acabamento	32	---

Tabela 7.2: Resumo dos resultados dos indicadores para as tecnologias de edificação A e B (continuação).

Tabela P5			
Indicador		Resultado tecnologia A	Resultado tecnologia B
Grau de padroniz. e agreg. de valor dos elementos	Elementos de nível 1	12	12
	Elementos de nível 2	5	1
	Elementos de nível 3	2	3
Peso dos elementos construtivos (PEC)	Bloco cerâmico	---	---
	Laje pré-moldada	---	---
	Pingadeira pré-moldada	---	---
	Beiral pré-moldado	---	---
	Verga semi pré-moldada	---	---

A listagem dos diferentes materiais da aplicação da tabela P4 do método encontra-se no anexo II. O indicador de peso dos elementos construtivos foi descartado de utilização no estudo de caso, pois sua medição e utilidade foram consideradas como solucionadas tendo em vista a simplicidade das atividades que estariam envolvidas. Mesmo sem a disponibilidade de uma balança, estimativas suficientemente bem aproximadas poderiam ser realizadas através da geometria e do peso específicos dos materiais constituintes desses elementos. Por outro lado, apesar de não terem sido realizadas medições ou estimativas, observou-se que a tecnologia B apresentava piores condições em termos de ergonomia, já que as vergas pré-moldadas eram demasiadamente pesadas e, no entanto, seu transporte era manual. A tecnologia A, por sua vez, possuía lajes pré-moldadas, porém com a utilização de guindaste.

De forma geral, pode-se observar que, conforme os resultados contidos nessa tabela 7.2, a tecnologia A, utilizando lajes pré-moldadas, vergas moldadas no local e beirais pré-moldados, possui um desempenho favorável em praticamente todos os indicadores em relação à tecnologia B, com exceção grau de separação dos processos. O indicador de dependência por materiais específicos, por outro lado, aponta quatro (laje, bloco, janela e porta) insumos materiais críticos no uso da tecnologia A, enquanto que no uso da tecnologia B, havia apenas três (bloco, janela e tavela). A figura 7.3 ilustra a comparação dos indicadores quantitativos.

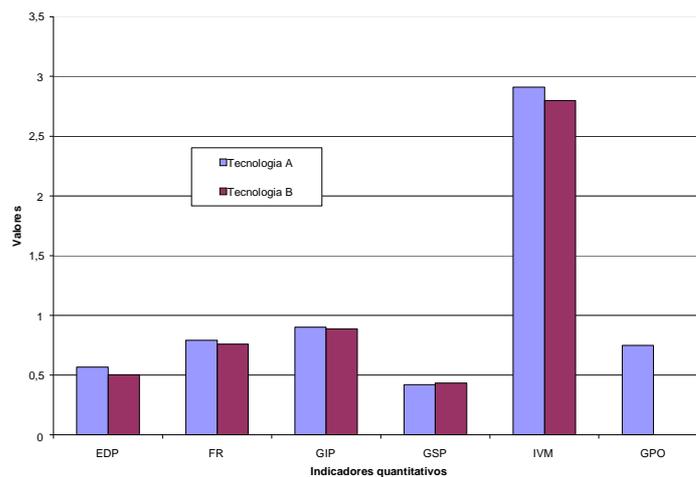


Figura 7.3: Gráfico comparativo dos resultados dos indicadores quantitativos do método para as tecnologias de edificação A e B.

7.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÃO AVALIADAS

Conforme mencionado no capítulo anterior, a interpretação dos resultados dos indicadores deve ser realizada de acordo com as conotações das características da qualidade relacionadas a cada um deles e com as limitações de medição do atingimento dos requisitos estabelecidos. Deve-se ainda considerar outros aspectos estratégicos que influenciam a gestão de processos, conforme discutidos no capítulo 2.

Conforme mencionado no item 6.4, no que diz respeito aos processos da função produção, pode-se destacar como as principais maneiras de competir nesses campos o custo do produto final, o prazo de entrega do produto, a flexibilidade de produção (principalmente as flexibilidades de robustez, volume, entrega e *mix*) e a inovação (inovação na organização). A tecnologia A, por sua vez, obteve um desempenho geral nos indicadores quantitativos relativos à gestão de processos melhor do que a tecnologia B, conforme a figura 7.3. Considerando-se os significados desses indicadores, pode-se concluir, de uma forma geral, que os campos de competição de prazo e custo têm maiores possibilidades de ser melhor atendidos pela tecnologia A do que pela tecnologia B, uma vez que a primeira possui melhor eficiência do desenho dos processos, maior flexibilidade de robustez e menor interdependência entre processos. Esses indicadores assinalam que os processos intrínsecos da tecnologia A permitem reordenações que reduzam o tempo de ciclo e permitam a maior simultaneidade dos fluxos de produção.

O quadro 7.3 ilustra a aplicação da tabela P6 com as principais características competitivas influenciáveis pelos processos de produção intrínsecos a tecnologias de edificação e a interpretação dos resultados obtidos dos indicadores na comparação das tecnologias A e B avaliadas.

Quadro 7.3: Tabela P6 - Resumo da interpretação comparativa de desempenho das tecnologias A e B segundo os resultados dos indicadores e as formas de competir nos campos prazo e preço.

TABELA P6				
Indicador	Custo	Prazo de entrega	Flexibilidade de Robustez	Inovação na organização
Eficiência do Desenho dos Processos	A	A	A	A
Flexibilidade de Robustez	A	A	A	A
Interdependência de Processos	A	A	A	A
Variedade de Materiais	A	A	A	A
Separação dos Processos	B	B	B	B
Dependência por Materiais especif.	B	B	B	B
Habilidade de Mão de Obra	Igual	Igual	Igual	Igual
Padronização das Operações	Igual	Igual	Igual	Igual
Padroniz. e Agreg. valor dos elem.	A	A	A	A
Peso dos elementos	---	---	---	---

Como pode ser observado nesse quadro 7.3, a tecnologia A, indicada pela letra A, tem uma avaliação superior em todas as formas de competir por prazo ou preço e em praticamente todos os indicadores. A tecnologia B, por sua vez, teve vantagens por depender por um material a menos que a tecnologia A e por manter os processos das vigas e vergas sendo confeccionados de forma semi pré-moldada, o que a conferiu um desempenho superior no indicador GSP.

As relações estabelecidas no quadro 7.3 são na maioria das vezes indiretas. Um melhor desempenho no desenho dos processos, possibilita um gerenciamento de realocações de fluxos com maiores possibilidades. Pode-se otimizar, portanto, o fluxo de caixa dos dispêndios com a produção sem maiores restrições impostas pela tecnologia, o que confere, no caso, um melhor desempenho para a tecnologia A quanto à redução dos custos de produção. Um maior número de processos simultâneos, por sua vez, também possibilita a antecipação da entrega do produto final e a absorção de variabilidades externas, conferindo à tecnologia também maior desempenho na competição através do prazo de entrega e da flexibilidade de robustez, conforme já discutido no item 5.1.5. A inovação da organização, por sua vez, é favorecida de forma indireta pela maior possibilidade de se realizar trabalhos simultâneos, conforme melhor desempenhada pela tecnologia A.

Por sua vez, assemelhando-se muito à eficiência do desenho dos processos, a maior flexibilidade de robustez imprime possibilidades de atrasos ou antecipações de atividades que podem favorecer o controle dos custos da produção, o atendimento de prazos mais curtos de

entrega e a introdução de novas formas de se produzir. Nesse ponto, a tecnologia A também obteve vantagens com relação à tecnologia B. Essas relações também podem ser consideradas na análise do indicador de interdependência de processos, em que a tecnologia A novamente teve melhor desempenho.

A variedade de materiais que devem ser gerenciados por suprimentos não se relaciona diretamente com nenhuma das formas de competir em prazo ou preço destacadas no quadro 7.3. Entretanto, um menor número de materiais sendo processados, conforme verificado pelo indicador de variedade de materiais no caso da tecnologia A em relação à B, facilita o gerenciamento de suprimentos, simplificando e inclusive possibilitando a formação de parcerias. Essa relação também se assemelha com a proporcionada pelo indicador de padronização e agregação de valor de elementos construtivos. Esse último possibilita a redução da variabilidade e a aglutinação de etapas, tornando o sistema produtivo mais claro e preciso. Novamente a tecnologia A obteve um melhor desempenho.

Tecnologias que dependem de um material de construção específico, por outro lado, tornam-se dependentes dos fornecedores, perdendo poder de barganha, comprometendo os prazos de entrega, inviabilizando a assimilação de incertezas devido à essa dependência e restringindo a introdução de inovações, uma vez que nesses casos, em geral, esse material é o determinante principal da tecnologia de produção. No caso da tecnologia A, por exemplo, foram identificados cinco materiais que eram predominantes. Desses, dois eram determinantes dos processos em canteiro, sendo eles o bloco cerâmico e a laje pré-moldada. A tecnologia A, portanto, apesar de obter melhor desempenho nos demais indicadores, estava dependente dos fornecedores de lajes pré-moldadas e de blocos. A tecnologia B, por sua vez, apresentou quatro materiais de importância crítica, sendo que apenas um deles era exclusivo de um determinado fornecedor, sendo ele o bloco cerâmico. Nesse aspecto, a tecnologia B se mostrou mais vantajosa que a tecnologia A.

A possibilidade de executar mais processos fora do canteiro ou afastado do local de conformação final do elementos ou subelementos que está sendo construído, por sua vez, permite, acima de tudo, o exercício de um maior controle sobre os fluxos de produção. Um maior controle dos fluxos, de forma geral, possibilita um melhor desempenho nas formas de competição destacadas no quadro 7.3. Nesse sentido, a tecnologia B se saiu melhor novamente.

De modo geral, a interpretação dos resultados dos indicadores, em termos estratégicos, conforme as considerações discutidas, deve ser sempre considerada como um indicativo ou uma tendência, guardadas as relações entre os diferentes aspectos e os diferentes conceitos discutidos

no capítulo 2. Por outro lado, a análise do atingimento dos requisitos relacionados a cada indicador possibilita avaliações mais diretas do desempenho das tecnologias observadas.

O requisito de reduzir a parcela das atividades que não agregam valor nos processos de produção relaciona-se indiretamente com o indicador do grau de interdependência dos processos (GIP), que indica a quantidade de dependências existentes entre processos, o que, em última análise, exige maior quantidade de atividades que não agregam valor. A tecnologia A apresentou menos interdependências que a B, segundo os valores de GIP obtidos. Por outro lado, o indicador de eficiência do desenho dos processos (EDP) indica o atendimento da produção em menor número de etapas, independentemente do número fluxos de processos da tecnologia, uma vez que essa medida é absoluta. Um bom desempenho nesse indicador, portanto, indica de forma mais direta uma maior eficiência de cada processo em si, determinando um maior valor agregado a cada um deles e uma redução maior das atividades de fluxo (que não agregam valor). Outro indicador que possui uma relação com a redução das atividades que não agregam valor é o grau de separação da produção (GSP). Quanto maior o número de processos realizados separados do local final do produto, maior será a quantidade de transporte (atividade que não agrega valor) necessário. Entretanto, um valor baixo para esse indicador significa indiretamente que há bastante interdependência entre os processos, pois a grande maioria deles deve ser realizada no local de produção. Dos indicadores GIP, EDP e GEP, portanto, deve-se preferencialmente analisar o atingimento desse requisito pelo EDP. Além desse, o indicador do grau de padronização e agregação de valor (GPAE), conforme apresentado no capítulo 6, também deve ser considerado de forma direta. A tecnologia A, por sua vez, obteve melhor EDP e GPAE que a tecnologia B. De forma mais direta, desse modo, ela apresenta melhores condições para diminuir de forma intrínseca as atividades que não agregam valor.

A redução do tempo de ciclo, por outro lado, pode ser avaliada pelos indicadores EDP e GIP de forma conjunta. O primeiro indicador avalia o quanto a tecnologia consegue comprimir o ciclo de produção através da realização, conforme mencionado, de fluxos simultâneos, independentemente do número de processos existentes. O GIP complementa essa análise ao confirmar o grau mais ou menos elevado de interdependências entre processos. Nesse estudo de caso, a tecnologia A se sobressai sobre a B quanto à possibilidade de redução do tempo de ciclo, uma vez que obteve EDP e GIP mais próximos de um.

Do mesmo modo, o requisito de simplificação, conforme discutido no capítulo 5, deve ser avaliado de forma mais direta pelos indicadores GPAE e GIP. Quanto menos interdependências e mais elementos que aglutinam atividades, maior será a simplificação. A tecnologia A mostrou-se, portanto, mais simples que a B.

O requisito de aumento da transparência do processo é atingido principalmente pelo melhoramento da sinalização e das condições do canteiro, conforme discutido no item 5.1.4. Não pode ser diretamente ligado à tecnologia, portanto. Entretanto pode-se avaliá-lo parcialmente através dos indicadores do grau de interdependência dos processos (GIP), da eficiência do desenho dos processos (EDP) e grau de separação dos processos (GSP). Quanto maior o GIP, menos interdependências existem no sistema construtivo, o que possibilita menor mistura e sobreposição das atividades, tornando o processo mais transparente. Quanto maior o EDP, mais frentes de trabalho independentes há no sistema (fluxos simultâneos), o que, mais uma vez, permite evitar a sobreposição das atividades e, portanto, evitar a redução da transparência do sistema. O GSP, por sua vez, dá uma idéia espacial dos processos, isto é, onde eles ocorrem. Na análise da transparência, um GSP maior indica uma tecnologia mais transparente, pois há mais processos separados do local da edificação, havendo, de novo, a maior facilidade do entendimento dos fluxos do sistema.

Entretanto, há restrições quanto à intensidade do valor desses três indicadores em relação ao atendimento desse requisito. Se eles forem muito elevados, a tecnologia provavelmente não possuirá interações físicas entre os processos. De um lado isso é bom para o entendimento global dos fluxos, mas, de outro, é ruim para o aprendizado dos operários, que terão a tendência maior de isolamento em suas funções. Esse problema, entretanto, pode ser contornado pelo gerenciamento da mão de obra, adotando-se, por exemplo, o rodízio periódico dos operários pelos processos do sistema. Deve-se, portanto, analisar também o indicador qualitativo de habilidade exigido da mão de obra (GHMO) para se avaliar a real possibilidade de se treinar operários polivalentes e contornar esse problema de transparência no aprendizado.

A tecnologia A, por sua vez, obteve melhor EDP e GIP. O GSP foi pior que o da tecnologia B, porém a diferença é pequena. A análise de GHMO, por sua vez, indica que existe um grau elevado de exigência, própria de tecnologias de edificação que se utilizam de técnicas convencionais ou tradicionais de construção, como são as duas analisadas. Pode-se afirmar, desse modo, que a tecnologia A obteve um desempenho global melhor que a B em transparência dos processos. Entretanto, deve-se salientar que o atendimento a desse requisito envolve principalmente, como mencionado, as condições de organização e *layout* de cada canteiro de obras, que não puderam ser consideradas em função do foco do método.

O requisito de redução da variabilidade deve ser analisado pelos indicadores GPAE e GPO em relação à tecnologia avaliada. Graus mais elevados de padronização conduzem a maiores níveis de uniformidade dos fluxos. No caso proposto por esses indicadores, são os fluxos de materiais e operações. A tecnologia A obteve melhor desempenho nesse requisito.

Como conclusão geral, considerando ainda os demais relacionamentos apresentados no quadro 6.2 entre requisitos e indicadores, pode-se afirmar que a tecnologia A, dentre as duas avaliadas, é a mais apropriada para a produção de habitações para o segmento de interesse social. Como discutido acima, ela se mostrou superior na maioria dos indicadores, mostrando um grau mais elevado de atingimento dos requisitos de desempenho desenvolvidos. Além disso, mostra-se também mais apta para responder a exigências estratégicas relacionadas às prioridades competitivas usuais de empresas que atuam nesse segmento, sendo essas as apresentadas no quadro 7.3 e discutidas anteriormente.

Essa análise global foi realizada em conjunto com a empresa construtora que aplicava as duas tecnologias de edificação. Ao final foi elaborado um relatório detalhado, e atualmente a empresa aplica somente a tecnologia A.

7.5 CONCLUSÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO REALIZADO

O método pôde ser aplicado com eficácia. Os mapeamentos realizados corresponderam ao que se observava, e os resultados dos indicadores coincidiram com a expectativa, tendo em vista que a tecnologia A se tratava de um aprimoramento da tecnologia B efetuado pela própria empresa proprietária dos três canteiros analisados.

Dentre as etapas mais subjetivas e trabalhosas de coleta e processamento de informações, pode-se destacar o preenchimento da tabela P2 e a análise de registros fotográficos e de filmagens. Elas determinam a interpretação da tecnologia através de seus processos intrínsecos. Entretanto, as dificuldades encontradas em função da subjetividade envolvida foram gradativamente sendo reduzidas. Esse fato se deu principalmente pelo efeito aprendizagem que acompanhou a aplicação do método. O diagrama adaptado de precedências, por sua vez, mostrou-se significativamente melhor que as ferramentas testadas no estudo piloto.

A realização da avaliação proposta pelo método desenvolvido, por sua vez, pôde ser alcançada com êxito. Todos indicadores cuja coleta de dados e medição eram duvidosas puderam ser medidos segundo os critérios estabelecidos, com exceção do indicador do grau de dependência por materiais específicos, no qual foram consideradas cotações de preços em um único local. Entretanto esse aspecto não foi considerado comprometedor no cumprimento das recomendações de aplicação desse indicador.

8 CONCLUSÕES FINAIS

A pesquisa realizada cumpriu todas as suas etapas segundo as exigências e limitações das técnicas e ferramentas utilizadas e segundo as limitações físicas e temporais assumidas. Dentre essas últimas, destacam-se a realização de entrevistas na primeira fase da pesquisa com uma variedade limitada de perfis de especialistas e a realização de um único estudo de caso para a validação do método desenvolvido. As demais foram o horizonte da pesquisa, que compreendeu cerca de oito meses, e algumas restrições quanto à disponibilidade temporal para filmagens mais detalhadas e específicas.

As principais contribuições desse trabalho, por outro lado, foram a abordagem teórica e prática de conceitos relacionados à gestão de processos na construção e a consideração, nessa abordagem, de elementos da construção enxuta. Pode-se também destacar como contribuições do trabalho:

- A identificação de necessidades de desempenho em gestão de processos de tecnologias de edificação voltadas para o segmento da habitação de interesse social;
- Propostas das definições de diferentes conceitos relativos à gestão de processos que ainda estão em discussão dentro do desenvolvimento da teoria da construção enxuta;
- O desenvolvimento de indicadores de desempenho baseados na abordagem de avaliação de desempenho para a avaliação de opções tecnológicas segundo a gestão de processos na construção de habitações de baixo custo.

A seguir, são apresentadas algumas considerações sobre a hipótese da pesquisa, os objetivos e trabalhos futuros.

8.1 DISCUSSÃO DA HIPÓTESE DE TRABALHO

Embora exista a necessidade de testar o método proposto em uma gama mais ampla de tecnologias, o estudo oferece indicações de que a hipótese de trabalho da pesquisa é verdadeira. Foi desenvolvido um método para avaliar de forma parcial tecnologias de edificação do ponto de vista da gestão de processos. Para tanto, considera-se os indicadores desenvolvidos e uma interpretação baseada no significado dos princípios e premissas assumidas como características da qualidade na abordagem da avaliação de desempenho, descritas no capítulo 5, assim como a consideração de demais aspectos relacionados aos objetivos competitivos das empresas.

O estudo teve como objeto de estudo apenas os processos intrínsecos e constantes das tecnologias avaliadas. Essa adoção decorreu da necessidade de viabilização da aplicação da abordagem de avaliação de desempenho, que se aplica somente a características estáticas, e

também da necessidade de se isolar as influências devidas à tecnologia das influências devidas às demais variáveis relacionadas à gestão de processos (configurações de canteiros, tipologias construtivas, características dos empreendimentos, etc.).

8.2 ANÁLISE DO ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS

A pesquisa atingiu o seu objetivo principal e os seus objetivos específicos. Em sua terceira fase foi possível propor e testar o método para avaliar tecnologias de edificação ou sistemas construtivos para a habitação de interesse social do ponto de vista da gestão de processos. Esse método, por sua vez, considera os indicadores de desempenho desenvolvidos e objetivos competitivos genéricos do contexto do segmento de habitações de interesse social. Desse modo, ele pode ser utilizado como ferramenta de apoio na seleção tecnológica ou no desenvolvimento de inovações tecnológicas para a produção de habitações de baixo custo segundo a gestão dos processos de produção.

Os objetivos específicos também foram atingidos. No capítulo 5 são apresentadas e comentadas as necessidades de desempenho identificadas para tecnologias de edificação de baixo custo do ponto de vista da gestão de processos. No capítulo 6, por sua vez, são apresentados os indicadores de desempenho desenvolvidos.

8.3 COMENTÁRIOS FINAIS

A revisão bibliográfica relativa ao gerenciamento de inovações tecnológicas, seleção de tecnologias e aos aspectos estratégicos da administração de operações apontaram para a importância da consideração da organização do trabalho e da performance adequada da função produção aos objetivos competitivos das empresas através de conceitos e princípios da gestão de processos. Nesse sentido, os resultados obtidos nesse trabalho colaboram para que tais conceitos e princípios sejam efetivamente considerados na seleção de tecnologias para a habitação de interesse social.

Deve-se, entretanto, sempre considerar nas decisões finais com relação às opções tecnológicas os demais prismas de avaliação mencionados no capítulo 1: prisma técnico, prisma ambiental e prisma social. Embora o método desenvolvido auxilie na avaliação de forma parcial das opções tecnológicas relativas ao prisma de avaliação considerado mais importante (prisma gerencial) do ponto de vista das empresas, a decisão final, portanto, dependerá da análise conjunta dessas diferentes perspectivas.

8.4 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Sugere-se como foco de pesquisas futuras relacionadas ao tema abordado:

- Aplicação do método desenvolvido em uma gama de tecnologias de edificações e de contextos mais ampla;
- A investigação de outras necessidades de desempenho de tecnologias de edificação para outros segmentos do subsetor edificações que possam gerar o desenvolvimento de novos indicadores de desempenho através da abordagem da avaliação de desempenho;
- A ampliação do número de indicadores desenvolvidos e o aprimoramento do objeto de análise dos mesmos através da investigação de possíveis desdobramentos das necessidades de desempenho identificadas para o caso do segmento de habitações de interesse social;
- O desenvolvimento de um modelo de simulação do efeito dos processos intrínsecos e constantes de tecnologias de edificação considerando diferentes configurações de canteiro e contextos de produção. Considerando-se também indicadores relativos a aspectos mais operacionais da gestão de processos;
- E o desenvolvimento de um modelo global de introdução de inovações tecnológicas que envolva a avaliação sob o ponto de vista da gestão de processos e a avaliação dos outros prismas de avaliação de tecnologias de edificação mencionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1993). **Sistemas construtivos industrializados**, Caderno Técnico, Ed. PINI.
- ABDALLA, J.G.F. (1995). Quadro de classificação da produção de sistemas construtivos em três momentos da industrialização das construções. In: VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 2. Rio de Janeiro, UFRJ.
- ABERNATHY, W. J.; CLARK, K. B. (1988). Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction. In: **Readings in the Management of Innovation**. Ed. Ballinger, Cambridge, EUA. Pp 55-78.
- ALARCÓN, L. F. (1997). *Modelling Waste and Performance in Construction*. In: **Lean Construction**. Editor A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1997. Pp. 51-65.
- AGAPIOU, A.; CLAUSEN, L. E.; FLANAGAN, R.; NORMAN, G. (1998). *The Role of Logistics in the Materials Flow Control Process*. **Construction Management and Economics**. Vol. 16, pp. 131-137.
- AKINTOYE, A. A. (1995). *Just in Time Application and Implementation for Building Material Management*. **Construction Management and Economics**. Vol. 13, pp. 105-113.
- AMORIM, S.L. (1996). Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores. **Gestão & Produção**, Vol. 3, Nº 3, UFSCar – Universidade Federal de São Carlos/SP.
- AURÉLIO (1986). **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2ª Edição. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro/RJ. 1838p.
- BALLOU, R. H. (1995). Logística Empresarial. Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. Ed. Atlas. Tradução: Hugo T. Y. Yoshizaki. Título original: *Basic Business Logistics*. São Paulo – SP. 388p.
- BARKER, R.C. (1994). *The Design of Lean Manufacturing Systems Using Time-Based Analysis*. **International Journal of Operations and Production Management**. Vol. 14, Nº 11, Ed. University Press, Inglaterra. Pp 86-96.
- BARNES, R. M. (1977). **Estudo de Movimentos e Tempos: projeto e medida do trabalho**. Ed. Edgard Blücher, 6ª edição, 635p. Título Original: *Motion and Time Study: design and measurement of work*, 1968, Ed. John Wiley & Sons, Inglaterra.
- BARON, C.M.P.; MARTUCCI, R. (1995). História de Tecnologias para Conjuntos Habitacionais. In: VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 2. Rio de Janeiro, UFRJ.
- BARROS, M.M.B. (1996). **Metodologia para a Implantação de Metodologias Construtivas Racionalizadas na Produção de Edifícios**. São Paulo, 1996. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado.
- BERTALANFFY, L. (1975). **Teoria Geral dos Sistemas**. Ed. Vozes, 2ª Edição. Tradução: Francisco M. Guimarães. 351p.
- BETZ, F. (1987). *Managing Technology. Competing Through New Ventures, Innovation, and Corporate Research*. Ed. Prentice-Hall, Nova Jersey, EUA, 249p.
- BISHOP, D. (1968). *The background to management studies by B.R.S.* **Building Research Station. Current Paper 60/68**. Inglaterra.
- BISHOP, D. (1972). *Productivity in the building industry*. **Philosophical Transactions of the Royal Society London**. Pp. 533-563, Inglaterra.

- CARDOSO, F.F. (1993). Novos enfoques sobre a gestão da produção: como melhorar o desempenho das empresas de construção civil. In: V Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 93). São Paulo, 17 a 19 de novembro de 1993. **Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações**. São Paulo, EPUSP. Pp. 557-569.
- CARVALHO, M. S.; FENSTERSEIFER, J. E. (1996). Discussão Sobre o Conceito de Flexibilidade na Manufatura Aplicado ao Subsetor Edificações da Indústria da Construção Civil. In: XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 96).
- CHAO, L. & SKIBNIEWSKI, M. J. (1998). *Fuzzy Logic for Evaluating Alternative Construction Technology*. **Journal of Engineering and Management**. July/August. Pp. 297-304.
- CONTADOR, J.C. (1995a). Campos da Competição. **Revista de Administração**, Vol. 30, Nº 1, Jan./Mar.
- CONTADOR, J.C. (1995b). Armas da Competição. **Revista de Administração**, Vol. 30, Nº 2, Abr./Jun.
- CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N. (1994). **Just in Time, MRP II e OPT. Um enfoque estratégico**. Ed. Atlas, 2ª edição. São Paulo/SP. 186p.
- CORRÊA, H. L.; SLACK, N. (1994). Flexibilidade Estratégica na Manufatura: Incertezas e Variabilidade de Saídas, **Revista de Administração**, Vol. 29, Nº1, Jan./Mar.
- COSTA, C.E.S.; SALGADO, M.S. (1995). Moradia urbana e rural: propostas para uma política de habitação popular. In VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95). Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 2. Rio de Janeiro, UFRJ.
- CROMBERG, T. (1975). *Performance Requirements for Buildings – a study based on user activities*. **Swedish Building Research Summaries**. Swedish Council for Building Research. Document D3: 1975. Estocolmo, Suécia.
- CRUZ, A. L.; RODRIGUES, C. T.; NOVAES, A. G. (1998). Modelo Logístico para a Construção Civil. In: VII Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 98). **Qualidade no Processo Construtivo**. Anais. Vol. 2. Florianópolis – SC, 27 a 30 de Abril.
- CSILLAG, J. M. (1986). **Análise do Valor. Metodologia do Valor**. Ed. Atlas, 2ª edição. 284p.
- CUNHA, C.J.C.A. et al. (1995). Elementos para o estudo das mudanças estratégicas nas empresas da construção civil. In VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 1. Rio de Janeiro, UFRJ.
- DALCUL, A.L.F.C. (1995). Avaliação da capacitação tecnológica de empresas construtoras: proposta de um modelo facilitador (MACT), In: VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 1. Rio de Janeiro, UFRJ.
- DANIEL, I. P. (1995). Políticas públicas para a habitação e o desenvolvimento de teorias de apoio. In: VI Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 2. Rio de Janeiro, UFRJ.
- DIAS, M. A. (1997). **Administração de Materiais**. Ed. Atlas, 4ª edição. São Paulo/SP. 289p.
- DORFMANN, G. (1988). Especialização da mão de obra. Alternância das equipes de trabalho e descontinuidade do ciclo produtivo na edificação. In: **I Seminário Latino-Americano Sobre Economia da Edificação**, UFRGS, Porto Alegre/RS.
- DOSI, G. (1982). *Technological Paradigms and Technological Trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technological change*. **Research Policy** Nº 11. Ed. North Holland Publishing Company, Holanda. Pp. 147-162.
- EDOSOMWAN, J. A. (1989). **Integrating Innovation And Technology Management**. Ed. John Wiley & Sons, Nova Iorque, EUA, 294p.

- FARAH, M.F.S. (1988a). Diagnóstico tecnológico da indústria da construção civil: caracterização geral do setor. In: **Tecnologia de Edificações**, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Ed. PINI, 1988.
- FARAH, M.F.S. (1988b). **Alterações na organização do trabalho na construção habitacional: a tendência de racionalização**. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 12º, Águas de São Pedro, 1988. Trabalho datilografado.
- FARAH, M.F.S. (1993). Estratégias empresariais e mudanças no processo de trabalho da construção habitacional do Brasil. In: **ENTAC 1993**, São Paulo – SP.
- FINE, B. (1977). *Production Management. Construction Industry Conference. Anais*. Londres, 10 e 11 de novembro de 1977.
- FINE, B. (1979). *Models of Construction Processes. Fine and Curtis Ltd*. Londres, Inglaterra. 16p.
- FORBES, W. S. (1969). *A survey of progress in house building. Building Technology and Management*. Vol. 7(4), Abril, pp. 88-91.
- FORBES, W. S. (1977). *The rationalization of house building. Building Research Establishment, 1977. Current Paper 48/77*.
- FORMOSO, C. T. (1991). *A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects. University of Salford*. Tese de Doutorado. Fevereiro de 1991. 327p.
- FORMOSO, C. T. et al. (1994). Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte. Porto Alegre, **Programa da Qualidade e Produtividade na Construção Civil - RS**, 1994.
- FORMOSO, C. T. et al. (1996). Análise da formulação estratégica de produção de pequenas e micro-empresas de construção. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 96)**, 1996.
- GARVIN, D.A. (1987). *Competing on the Eight Dimensions of Quality, Harvard Business Review*. Nov.-Dez. 1987.
- GERWIN, D. (1993). *Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective, Management Science*. Vol. 39, Nº4, Abril 1993.
- GRANT, R.M.; KRISHMAN, R.; SHANI, A. B.; BAER, R. (1991). *Appropriate Manufacturing Technology: A Strategic Approach, Sloan Management Review*. Outono de 1991.
- HAMPSON, K. D. (1996). *Technology management in construction: a management, teaching and research framework. In: The Organization and Management of Construction: Shaping theory and practice*. Vol. 3. ISBN 0 419 22250 2, 1996.
- HAYES, R. C.; WHEELRIGHT, S. C. (1984). *Competing Through Manufacturing. Harvard Business Review*. Jan.-fev., 1985.
- HEINECK, L. F. (1983). *On the Analyses of Activity Durations on Three House Buildings Sites*. Universidade de Leeds. Inglaterra, 1993. Tese de Doutorado.
- HELENE, P. R. L.; SOUZA, R. (1988). Controle da Qualidade na Indústria da Construção Civil. In: **Tecnologia de Edificações**, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Ed. PINI, 1988.
- HILL, T. J. (1992). *Incorporating Manufacturing Perspectives in Corporate Strategy, In: VOSS, C., Manufacturing Strategy: Process and Content*. Ed. Chapman & Hall, 1992, p. 3-11.
- IANNOU, P. G.; MARTINEZ, J. C. (1996). *Comparison of Construction Alternatives Using Matched Simulation Experiments. Journal of Construction Engineering and Management*. Setembro. Pp. 231-241.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil 1990**. Rio de Janeiro, 1990. 783p.

- ISHIWATA, J. (1991). **IE for the Shop Floor**. *Productivity Press*. Portland, Oregon, EUA. 182p.
- KOSKELA, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report # 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University. 75p.
- KOSKELA, L. (1997). *Lean Production in construction*. In: **Lean Construction**. Luis Alarcón, Ed. A. A. Balkema Publishers, Holanda, 1997. Pp. 1-9.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. (1992). **Operations Management. Strategy and Analysis**. Ed. Addison-Wesley - 3ª Edição. EUA, 1992. 904p.
- LAGENTE, P. (1974). *Qualitel – A Method for Evaluating Housing Quality*. **Industrialization Forum**. Vol. 5, Nº 4. Londres, Inglaterra.
- LOCKAMY, A.; COX, J. F. (1991). *Using V-A-T Analysis for Determining the Priority and Location of JIT manufacturing Techniques*. **International Journal of Production Res.** Vol. 29, Nº 8, pp. 1661-1672.
- MARIOTTO, F. L. (1991). O Conceito de Competitividade da Empresa: Uma Análise Crítica. **Revista de Administração de Empresas**, Vol. 31, Nº 2, Abril/Junho 1991.
- MARQUIS, D. G. (1988). *The Anatomy of Successful Innovation*. In: **Readings in the Management of Innovation**. Tushman, M. & Moore, W. L. Ed. Ballinger, Cambridge, EUA. Pp 79-87.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. (1998). **Administração da Produção**. Ed. Saraiva. São Paulo – SP. 443p.
- NUTTALL, J. F. (1961). *Some principles of the production control of building work. The application of queue theory and of simulation techniques*. **Journal of Industrial Economics**. 1961, 10(1), pp. 36-50.
- NUTTALL, J. F. (1965). *The Control of Repetitive Construction*. **Building Research Station**. Current Paper Nº 34, 1965, Reino Unido.
- PALÁCIOS, V.H.R.; VILLACRESES, X.E.R. (1994). Análise do perfil estratégico de empresas de construção civil de pequeno porte. In: **IV Seminário da Qualidade na Construção Civil**, Porto Alegre, 1994.
- PRIES, J.; JANSZEN, G. (1994). Innovation in the Construction Industry: the dominant role of the environment. **Construction Management and Economics**. Vol. 13, Nº 1. Pp.
- ROBERTS, E. B. (1979). *Stimulating Technological Innovation – Organizational Approaches*. **Research Management** November, 1979.
- ROSENFELD, Y. (1994). *Innovative construction methods*. **Construction Management and Economics**. Vol. 12, pp. 521-541.
- SABBATINI, F. (1989). **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. 321p. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SANTOS, C. H. S. (1992). **Análise de Valor de Processo Produtivo**. PPGA/UFRGS – Programa de Pós-Graduação/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado.
- SANTOS, A. (1995a). **Método de Intervenção em Canteiros de Obras**. CPGE/UFRGS – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado.
- SANTOS, M.C.O. (1995b). Requisitos e critérios para a análise e avaliação da eficácia de programas de habitação popular no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL EM TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC 95), Rio de Janeiro, 20 a 22 de novembro de 1995. **Qualidade e tecnologia na habitação**. Vol. 2. Rio de Janeiro, UFRJ, 1995.
- SANTOS et al. (1996). Série Construção Civil. Método de Intervenção para a Resolução de Perdas na Construção Civil. Manual de Utilização. **SEBRAE/RS**. Volume 4. Ed. Sebrae. Porto Alegre-RS, 103p.

- SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; CURADO, M. T. (1999). *Reducing Cycle Time: Missing Links Between Theory and Practice*. In: **International Conference on Construction Process Re-Engineering**. Anais. 12 e 13 de Julho de 1999. Sydney, Austrália.
- SCARDOELLI, L. (1995). **Iniciativas de Melhoria Voltadas à Qualidade e à Produtividade Desenvolvidas por Empresas de Construção de Edificações**. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 148p. Dissertação de Mestrado.
- SENIOR, B. A.; HALPIN, D. W. (1998). *Simplified Simulation System for Construction Projects*. **Journal of Construction Engineering and Management**. Janeiro/Fevereiro, 1998. Pp. 72-81.
- SESI (1991). **Diagnóstico da Mão de Obra do Setor da Construção Civil**. Brasília, 1991.
- SHINGO, S. (1989). **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Ed. Bookman. Porto Alegre, 1996. Título Original: “*A Study of the Toyota Production System from an Engineering Viewpoint*”. Ed. Productivity Press, 1989.
- SHINGO, S. (1988). **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Ed. Bookman. Porto Alegre, 1996. Título Original: “*Non-Stock: The Shingo System for Continuous Improvement*”. Productivity Press. 380p.
- SILVA, M.A.C. (1986). **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção de empresas de edificações**. Porto Alegre, CPGEC-UFRGS, 1986. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, M.A.C. (1996). **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. São Paulo, EPUSP, 1996. Tese de Doutorado.
- SKINNER, W. (1969). *Manufacturing - Missing Link in Corporate Strategy*, **Harvard Business Review**. Maio-Junho, 1969.
- SKINNER, W. (1992). *Missing the Links in Manufacturing Strategy*, In: VOSS, C., **Manufacturing Strategy: Process and Content**. Ed. Chapman & Hall, 1992, pp. 13-25.
- SLACK, N. (1993). **Vantagem Competitiva em Manufatura**. Tradução: Sônia Maria Corrêa. Título original: “*The Manufacturing Advantage: achieving competitive manufacturing operations*.” Ed. Atlas. 198p.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. (1997). **Administração da Produção**. Ed. Atlas. Traduzido por Ailton B. Brandão, Carmem Dolores, Henrique Corrêa, Sônia Corrêa e Irineu Gianesi. Título original: “*Operations Management*”. São Paulo/SP. 726p.
- SLAUGHTER, S. (1993). *Innovation and learning during implementation: a comparison of user and manufacturer innovations*. **Research Policy N° 22 (1993)**. Pp. 81-95.
- SOIBELMAN, L. (1993). **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, CPGEC-UFRGS, 1993. Dissertação de Mestrado.
- SOUZA, R. (1988). **Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para a habitação**. In: **Tecnologia de Edificações**, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Ed. PINI, 1988.
- STALK, G.; HOUT, T. M. (1990). **Competing Against Time**. Ed. The Free Press, Nova Iorque. Pp. 107-148.
- SUAREZ, F. F.; CUZUMANO, M. A.; FINE, C. H. (1995). *An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing*, **Sloan Management Review**, Outono de 1995.
- TATUM, C. B. (1986). **Construction Innovation: demands, successes and lessons**. *ASCE Convention in Seattle*, Abril. Ed. ASCE, Nova Iorque, EUA. Pp 31-43.
- TATUM, C. B. (1988). *The Impact of International Competitiveness on Construction Technology*. Ed. ASCE, Nova Iorque, EUA.

- THOMAZ, E. (1988). Desenvolvimento de Produtos na Construção Civil. **Tecnologia das Edificações**. IPT - Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo. Ed. Pini. São Paulo.
- TOMMELEIN, I. D. (1998). *Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique*. **Journal of Construction Engineering and Management**. Julho/Agosto, 1998. Pp. 279-288.
- UMBLE, M. M. (1992). *Analyzing Manufacturing Problems Using V-A-T Analysis*. **Production and Inventory Management Journal**. Second Quarter. Pp. 55-60.
- VARGAS, N. (1983). Racionalidade e racionalização: o caso da construção habitacional. In: FLEURI, A.C.C.; VARGAS, N., **Organização do trabalho**. Atlas, 1983. pp. 195-220.
- VILLACRESES, X.E.R. (1994). Análise estratégica da subcontratação em empresas de construção de pequeno porte. In: **IV Seminário da Qualidade na Construção Civil**, Porto Alegre, 1994.
- VON HIPPEL, E. (1978). *Successful Industrial Products From Customer Ideas. Presentation of a new customer-active paradigm with evidence and implications*. **Journal of Marketing**. Pp. 39-49.
- WAKEFIELD, R. R.; GLENN, A. (1997). *Petri Nets for Simulation and Modeling of Construction Systems*. **Journal of Construction Engineering and Management**. Junho, 1997. Pp. 105-112.
- WELLS, J. (1993). *Appropriate Building Technologies: Na appraisal based on case studies of building projects of Senegal and Kenya*. **Construction Management and Economics**. Vol. 11. Pp. 203-206.
- WETHERBE, J. G. (1987). **Análise de Sistemas para Sistemas de Informação por Computador**. 3ª Ed. Rio de Janeiro. Ed. Campus, 1987. 279p. Tradução: Helena Lindenber Lemos: "Systems Analysis For Computer-Based Information Systems". 1987.
- WHEELWRIGHT, S. C. (1984). *Manufacturing Strategy: Defining The Missing Link*, **Strategic Management Journal**. Vol. 5, 1984.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. (1990). **The machine that changed the world**. Ed, Rawson Associates, Nova Iorque, 1990, 323p.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. (1992). **Lean Thinking**. Ed. Rawson Associates, Nova Iorque, 1992, 323p.
- YIN, R. K. (1994). **Case Study Research. Design and Methods**. 2ª edição. Ed. Sage. Londres, Inglaterra. 171p.
- ZACARELLI, S. B. (1990). **Administração Estratégica da Produção**. Ed. Atlas. São Paulo – SP. 134p.
- ZAIRI, M. (1996). *Benchmarking for Best Practice: continuous learning through sustainable innovation*. Ed. Butterworth-Heinemann. Pp. 132-180.

ANEXOS

ANEXO I: DETALHE DO ESTUDO PILOTO REALIZADO

Descrição das Planilhas de Coleta de Dados Utilizadas no Estudo Piloto

Planilha 1 – Croqui do canteiro.

Planilha 2 – Descrição das atividades da tecnologia em análise (o quê ? Onde ? Quando ? Quem ? Por quê ? Como ?).

Planilha 3 – Listagem geral das dependências entre as atividades.

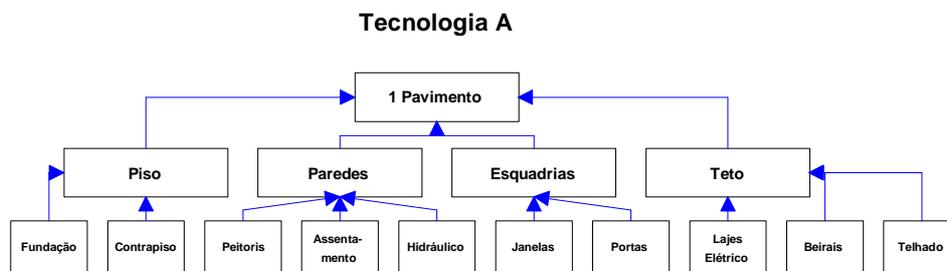
Planilha 4 – Descrição dos equipamentos e ferramentas requeridas pela tecnologia analisada.

Planilha 5 – Identificação dos fluxos: diagrama de processos.

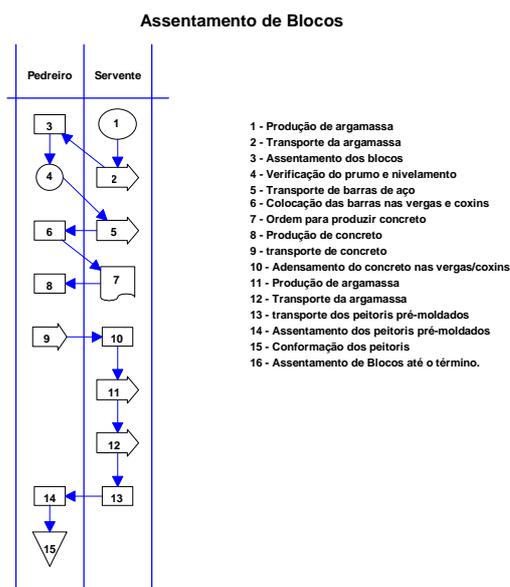
Planilha 6 – Levantamento das interfaces entre serviços.

Planilha 7 – Levantamento da mão de obra utilizada: tipo, atividade, grau de habilidade e forma de contratação.

Exemplo de Aplicação da estrutura V das análises V-A-T no Estudo Piloto

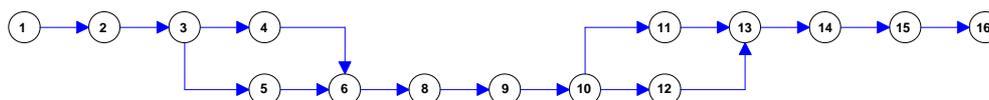


Exemplo de Aplicação do Fluxograma no Estudo Piloto



Exemplo de Aplicação do Diagrama de Precedências no Estudo Piloto

Assentamento de Blocos



Exemplo de Aplicação do Diagrama de Processos no Estudo Piloto

Diagrama de Processos								
Produção de Lajes Pré-Moldadas em concreto e lajotas cerâmicas – canteiro de Alvorada/RS								
Atividade N°	Tempo (min)	Distância (pés)	○	⇒	□	Ω	τ	Descrição do Processo
1	-	-					X	Lajotas no estoque da central.
2	-	-		X				Transporte das lajotas para estoque intermediário.
3	-	-	X					Molhagem das lajotas.
4	1400	-				X		Espera.
5	0,66	-	X					Adição de argamassa às bordas da lajota.
6	-	-	X					Conformação das lajotas à forma de segmento de laje.
7	-	-	X					Ajuste da lajota com o uso de martelo de borracha.
8	-	-			X			Verificação da posição da lajota.
9	-	-		X				Transporte de barras de aço até o posto de trabalho.
10	-	-	X					Conformação das barras de aço à forma.
11	1	-	X					Retirada de excessos de argamassa devido ao ajuste.
12	0,2	-	X					Ajuste final das barras de aço.
13	1	-			X			Verificação da posição das barras de aço.
14	-	-		X				Transporte da forma até uma outra bancada.
15	1,5	-	X					Consolidação das barras de aço com argamassa.
16	0,3	-		X				Transporte até a pilha de estoque.
17	-	-	X					Retirada do estrado inferior de apoio.
18	-	-		X				Transporte até a bancada de trabalho anterior.
19	-	-	X					Limpeza do estrado.
20	-	-					X	Permanência do segmento de laje no estoque.
21	-	-		X				Transporte do segmento até o local de uso final.

ANEXO II: DETALHES DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO REALIZADO

Os Tópicos da Entrevista Inicial com o Especialista da Tecnologia Avaliada e o Exemplo para a Tecnologia A no Estudo de Caso

Empresa: -----	Entrevistador: Alberto P. San Martín	Data: 29/10/97
Entrevistado: -----	Cargo: Engenheiro Projetista	Folha n°: ----

PARTE I – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÃO:

1. Descrição Geral:

- Concepção: alvenaria portante não armada
- Componentes Pré-Fabricados: elementos da escada, peitoril, lajes
- Método de Construção: tradicional racionalizado
- Alvenaria: utilização de “grout” em regiões de concentração de tensões, uso de armaduras (grampos) nas amarrações e em regiões de concentração de tensões.
- Revestimento: tradicional - chapisco e massa corrida.
- Materiais: tradicionais.

2. Usos Adequados:

- Sistema Aberto
- Conjuntos habitacionais, casas, etc.
- Tecnologia não possui restrições quanto à área a ser construída
- Existe grande aceitação de novos materiais

3. Condições de Uso (edificações térreas, prédios, modulação, requisitos, etc.):

- Número de Pavimentos: até 4 pavimentos
- Modulação: modulação de acordo com o bloco (31 cm)

4. Custos (mão de obra, materiais, equipamentos):

Mão de obra subcontratada e própria

PARTE II – TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DA TECNOLOGIA:

5. Tipos de Produção (pré-fabricado, mód. racional, tradicional, etc.):

ELEMENTO	TÉCNICA
Fundações	A tecnologia não exige nenhum tipo especial de fundação, podendo ser realizada qualquer tipo que melhor se enquadre em cada caso. Há a exigência, entretanto da execução de um piso para o início das tarefas de alvenaria do pavimento térreo.
Estrutura	A estrutura é constituída de alvenaria portante. A estrutura da escada é executada com concreto armado, com a utilização de formas tradicionais.
Fechamento	Alvenaria racionalizada. Método tradicional.
Divisórias	Alvenaria racionalizada. Método tradicional
Revestimentos Verticais	Método tradicional de revestimento, sem emboço. Execução do chapisco e reboco final. Aplicação de massa corrida.
Revestimentos De Piso	O método de revestimento de pisos é o tradicional, com aplicação de cerâmica ou carpete sobre contrapiso.
Laje/Forro	Constituída de lajes pré-moldadas que incluem a instalação elétrica. O forro é a face inferior da laje, havendo rebaixamento em áreas de tubulações hidráulicas.
Cobertura	Mesmo método da laje, com a utilização de telhas cerâmicas no telhado. As telhas cerâmicas são assentadas com argamassa somente nos beirais, sendo apenas colocadas nas demais regiões.

6. Instalações Complementares:

ELEMENTO	TÉCNICA
Águas Pluviais	Método de produção tradicional.
Esgotos	As esperas são definidas no piso do pavimento térreo. O processo é tradicional e é realizado em paralelo à elevação da alvenaria.
Água Fria	Método de produção tradicional com utilização não significativa de kits hidráulicos. Produção junto com a elevação da alvenaria.
Água Quente	Produção tradicional com utilização não significativa de kits hidráulicos. Produção junto com a elevação da alvenaria.
Inst. Elétrica	Realizada após a colocação das lajes, não interferindo na seqüência de produção da alvenaria. Na alvenaria, os eletrodutos somente seguem a direção vertical, internamento aos alvéolos dos blocos cerâmicos.
Marcos e Caixilhos	As janelas postas prontas em obra e são de PVC As portas são de madeira (compensado) e são postas prontas. Há uma colocação prévia de marcos nas golas das portas.
Revestimentos	Realizado um chapisco e após uma aplicação de massa fina.

PARTE III – CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO SISTEMA:

7. Principais Componentes:

Componente	Descrição	Uso
Lajes	Concreto armado. Incluem eletrodutos.	Lajes e Cobertura
Vergas e coxins	Constituídas de blocos em forma de U dispostos longitudinalmente e consolidados com barras de aço e concreto ou argamassa forte (grout) moldado no local.	Alvenaria acima dos vãos
Peitoril	Constituídos de concreto armado, moldados em uma forma na obra.	No cimo de vãos de janelas
Blocos Parede	Cerâmicos com 2 alvéolos verticais.	Paredes
Blocos Tipo J	Cerâmicos com forma de J	Cinta de paredes externas
Blocos Tipo U	Cerâmicos com forma de U	Cinta de paredes internas
Degraus e Espelhos	Concreto armado moldado antecipadamente já incluindo acabamento final (cerâmica)	Escadas
Laterais das Escadas	Concreto armado moldado antecipadamente.	Escadas

PARTE IV – LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DO CICLO BÁSICO DE PRODUÇÃO:

Itens para Verificar	Sim	Não
1 – Existe um conjunto de serviços que se repete na construção de uma parte da edificação com essa tecnologia de edificação ?	X	
2 – Esse conjunto envolve a aplicação de todos os elementos específicos da tecnologia identificados nos itens 6 e 7 da entrevista ?		X
3 – Esse conjunto repetitivo de serviços representa o mais longo ciclo de produção da tecnologia de edificação dentro de uma única edificação ?	X	
4 – Os serviços desse conjunto são realizados em todas as tipologias possíveis de construção erguidas por essa tecnologia de edificação ?		X

Ciclo provável: um pavimento inteiro sem revestimentos do acabamento.

Exemplo da Tabela P1 para a Tecnologia A

LISTAGEM DOS SERVIÇOS DA TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÃO

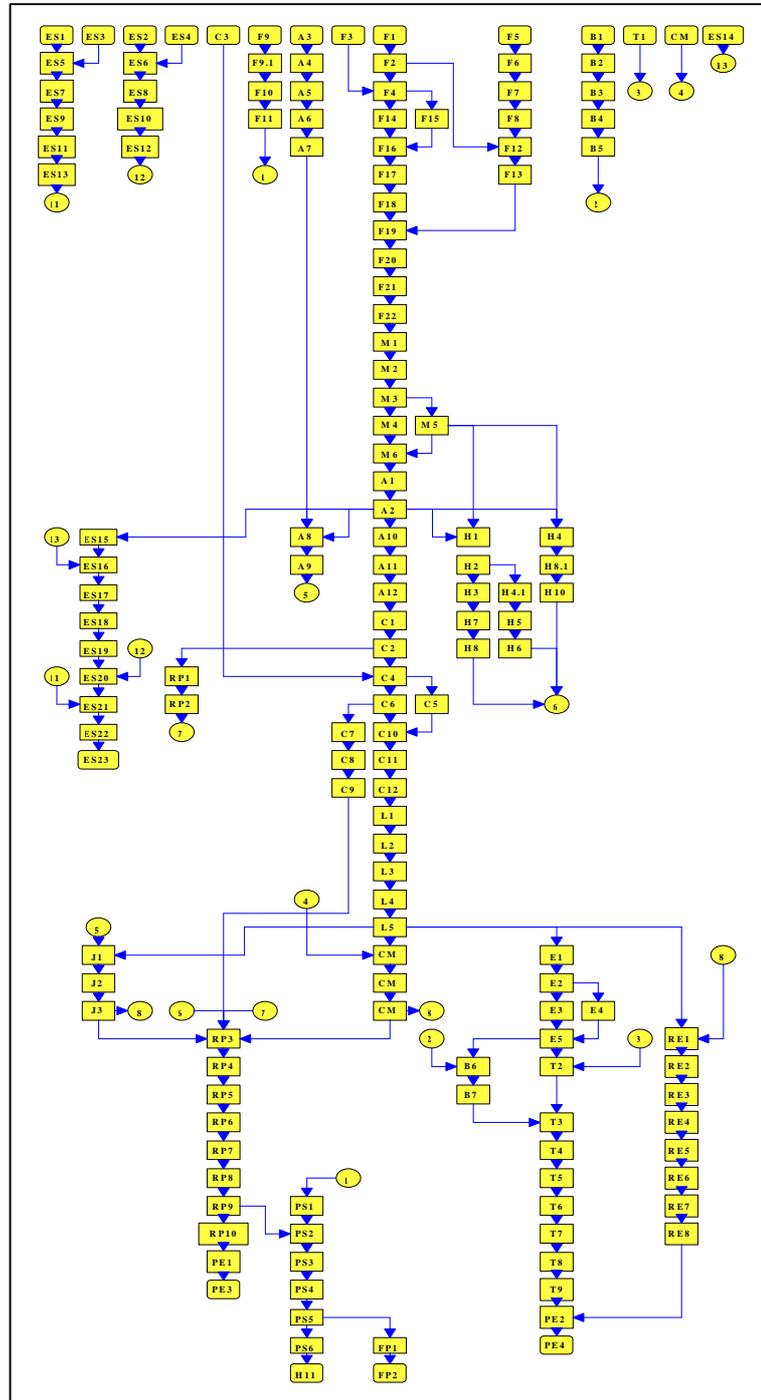
P1

CÓD.		DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	DESCRIÇÃO DO SUBPRODUTO DERIVADO DO SERVIÇO	PRINCIPAIS ATIVIDADES ENVOLVIDAS	OBS.
Empresa: -----			Observador: Alberto	Data: 29/10/97	
Tecnologia A			Folha nº: 1/2		
F	FUNDAÇÃO	Piso da casa acabado	Colocação das esperas hidráulico. Forma e concretagem das vigas e do piso		
M	MARCAÇÃO	Primeira fiada da alvenaria pronta, com esperas do hidráulico e do elétrico	Impermeabilização, Produção de argamassa Execução da primeira fiada.		
A	LEVANTAMENTO DAS ALVENARIAS	Todas as paredes da casa concluídas, com as golas de portas e janelas.	Prod. de argamassa Assentamento de blocos, vergas, peitoris, montagem de andaimes, etc.		
H	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	Instalações nas alvenarias de tubos de água quente, fria e esgoto concluídas.	Produção de Kits Colocação in loco. Instalação in loco.		
C	CONCLUSÃO DAS ALVENARIAS	Cintas de apoio da laje prontas, com esperas elétrico e hidráulico.	Produção de argamassa Assentamento blocos U e J, colocação das ferragens, execução elétrico, concretagem		
L	COLOCAÇÃO DAS LAJES	Teto da casa concluído, com instalações conectadas.	Colocação das lajes, execução das conexões, concretagem das juntas.		
E	EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS DOS OITÕES	Alvenaria dos oitões concluída.	Corte de blocos. Produção de argamassa. Assentamento dos blocos.		
B	COLOCAÇÃO DOS BEIRAIS	Beirais fixados em todo contorno da casa.	Produção de argamassa. Produção de beirais, Assentamento dos beirais.		
T	EXECUÇÃO DO TELHADO	Telhado concluído e completo.	Execução do madeiramento. Colocação das telhas		
CM	COLOCAÇÃO DOS MARCOS DAS PORTAS	Marcos colocados com um "fundo" de proteção	Marcação, Ajuste, Produção de Argamassa, Fixação, Vedação		
J	COLOCAÇÃO DAS JANELAS	Janelas colocadas e prontas.	Marcação, Ajuste, Produção de argamassa, Fixação, Vedação		
RP	EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO INTERNO DAS PAREDES	Paredes revestidas, prontas para a pintura final.	Produção de argamassa, Chapisco, Produção de argamassa, Taliscagem, Reboco.		
PS	EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DO PISO	Pisos acabados e revestidos	Produção de argamassa, Taliscagem, Execução contrapiso, Colagem de cerâmica.		
FP	FIXAÇÃO DAS PORTAS	Portas colocadas, com fechaduras.	Marcação, Ajuste, Fixação		
RE	REVESTIMENTO EXTERNO	Paredes externas rebocadas e lisas. Prontas para pintura.	Produção de argamassa, taliscagem, assentamento, etc.		
PE	PINTURA INTERNA E EXTERNA	Paredes internas e externas e teto pintados.	Lixamento das superfícies, Preparo das tintas, Pintura.		
ES	ESCADA	Conclusão das escadas	Concretagem dos elementos pré-moldados. Concretagem da estrutura da escada. Montagem.		

Exemplo da Tabela P2 da Tecnologia A

DETALHES DOS PROCESSOS INTRÍNSECOS						P2
Empresa:			Observador: Alberto San Martín		Data: 30/10/97	
Tecnologia de edificação A – NÃO FORAM CONSIDERADAS AS ATIVIDADES DE FLUXO			SERVIÇO: LEVANT. ALVENARIAS		CÓD.: A	
CÓD.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	LOCAL	PROCESSOS PRECEDENTES	PROCESSOS SEGUINTE	DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES ENVOLVIDAS	FOTOS
A1	Produção de argamassa para o assentamento dos blocos das paredes.	Externo à edificação	M6	A2	Dosar areia, cal, cimento. Transportar materiais. Misturar na betoneira. Transportar até postos de trabalho.	Foto 6
A2	Assentamento de blocos das paredes com uso de argamassa.	Paredes da edificação.	A1	A8 ES15 A10 H1 H4	Cortar blocos cerâmicos (caixinhas do elétrico), assentar blocos, alinhar blocos, prumar blocos, marcar janelas. Transportar materiais. Erguer andaimes. Verificar ortogonalidades.	Foto 29 Foto 33 Foto 37 Foto 43 Foto 100
A3	Armação das ferragens dos peitoris das janelas com aço de bitolas variadas.	Externo à edificação	----	A4	Cortar, dobrar e amarrar barras de aço de variadas bitolas.	Foto 101
A4	Colocação das armaduras dos peitoris nas formas de peitoris.	Externo à edificação	A3	A5	Transportar materiais, assentar armadura, ajustar espaçamentos.	Foto 103
A5	Produção de concreto para os peitoris das janelas	Externo à edificação	A4	A6	Transportar materiais, dosar materiais, misturar materiais.	
A6	Concretagem dos peitoris das janelas.	Externo à edificação	A5	A7	Lançar e adensar concreto.	
A7	Cura dos peitoris das janelas.	Externo à edificação	A6	A8	Esperar.	
A8	Produção de argamassa para o assentamento dos peitoris	Externo à edificação	A7, A2	A9	Dosar areia, cal, cimento. Transportar materiais. Misturar na betoneira. Transportar até postos de trabalho.	Foto 6
A9	Assentamento de Peitoris sob os vãos das janelas com uso de argamassa.	Em todas as aberturas de janelas.	A8	J1	Transportar e erguer o peitoril até o local. Colocar argamassa. Assentar o peitoril. Verificar nível, prumo, alinhamento.	Foto 32 Foto 43 Foto 102
A10	Armação das ferragens das vergas e coxins com barras de aço de bitolas variadas.	Acima de todos os vãos da alvenaria.	A2	A11	Cortar, dobrar e amarrar aço. Transportar materiais. Transportar armaduras até local de uso.	
A11	Produção de argamassa forte (grout) ou concreto para as vergas e coxins da alvenaria.	Externo à edificação	A10	A12	Transportar materiais, dosar materiais, misturar materiais	
A12	Execução das vergas e coxins da alvenaria.	Acima de todos os vãos da alvenaria.	A11	C1	Assentar armadura da verga. Transportar grout. Lançar grout. Adensar grout.	

**Exemplo de Mapeamento com o Diagrama Adaptado de Precedências
(mapeamento completo da tecnologia A)**



Exemplo da Tabela P4

LISTAGEM DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO CICLO BÁSICO DE PRODUÇÃO

P4

CÓD. SERVIÇO		DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	MATERIAIS UTILIZADOS	Nº TOTAL DE DIFERENTES MATERIAIS UTILIZADOS
M		MARCAÇÃO	Blocos cerâmicos, areia, cal hidratada, cimento, prego, fio de nylon e guias de madeira	Aprox. 7
A		LEVANTAMENTO DAS ALVENARIAS	Blocos cerâmicos, areia, cal hidratada, cimento, prego, fio de nylon, guias de madeira, tela de estupe, barras de aço e argamassa forte (<i>grout</i>)	Aprox. 10
H		INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	Tubos de bitolas variadas, joelhos, tees, nípel, fita veda rosca, adesivo, arame, válvulas diversas, caixas de gordura, etc.	Aprox. 20
C		CONCLUSÃO DAS ALVENARIAS	Blocos cerâmicos, areia, cal hidratada, cimento, prego, fio de nylon, guias de madeira, tela de estupe, barras de aço, argamassa forte (<i>grout</i>), blocos tipo U e tipo J, eletrodutos, caixas de pontos elétricos da alvenaria.	Aprox. 15