

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GERENCIAMENTO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE
SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NA PRÉ-
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE UNIDADES RESIDENCIAIS.

MARCO ANTONIO ARANCIBIA RODRÍGUEZ

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA.

Porto Alegre
Dezembro 1992

ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Curso de Pós-Graduação.

Prof. Francisco José Kliemann Neto
Orientador

Prof. Ademar Gilberto Groehs
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA

- Prof. Francisco José Kliemann Neto (Orientador)
Dr. pelo Institut National Polytechnique de Lorraine
- Prof. Carlos Torres Formoso
Ph. D. pela University of Salford
- Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck
Ph. D. pela University of Leeds
- Prof. Hélio Adão Greven
Dr. pela Universitaet Hannover

Aos meus pais

ANTONIO e MARUJA

AGRADECIMENTOS

Aos professores Francisco José Kliemann Neto e Carlos Torres Formoso pela orientação dada no desenvolvimento do trabalho.

Ao engenheiro Hans Bruhn pelas facilidades dadas durante a parte prática do trabalho.

Ao professor Luiz Fernando M. Heineck pela leitura e crítica do trabalho.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo auxílio financeiro dado a este trabalho.

Aos professores do NORIE pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

Aos colegas do NORIE, em especial à turma de 1990, pela convivência e amizade durante todo este tempo.

A Lilian pelos desenhos.

A Juliana Z. Bonilha pela organização das referências bibliográficas.

À minha querida família pelo seu apoio desde longe.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. ORIGEM DO TRABALHO	1
1.2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	2
1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO	5
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	6
1.5. LIMITES DO TRABALHO	7
CAPÍTULO 2 - QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO	8
2.1. INTRODUÇÃO	8
2.2. CONCEITOS GERAIS DE QUALIDADE	8
2.2.1. Qualidade	8
2.2.2. Produtividade	10
2.2.3. Garantia da qualidade	11
2.2.4. Controle de qualidade	12
2.3. TQC ("TOTAL QUALITY CONTROL")	13
2.3.1. Conceitos gerais	13
2.3.2. Qualidade no TQC	15
2.3.3. Gerência no TQC	15
2.3.4. O controle de qualidade e garantia da qualidade	18
2.3.5. Gerência de recursos humanos	18
2.3.6. O TQC na indústria da construção	19
2.4. GARANTIA DA QUALIDADE	23
2.4.1. Histórico	23
2.4.2. A garantia da qualidade no processo produtivo	27
2.4.3. Medidas de garantia da qualidade	29
2.4.4. Uso das normas ISO 9000	30
2.4.5. Tendências da garantia da qualidade	31
2.4.6. A garantia da qualidade no contexto nacional	34

CAPÍTULO 3 - A GERÊNCIA NA FASE DE EXECUÇÃO.....	37
3.1. INTRODUÇÃO.....	37
3.2. A EXECUÇÃO DE SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO.....	37
3.3. A GERÊNCIA NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS.....	39
3.4. O SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE E A EXECUÇÃO DE SERVIÇOS.....	40
3.4.1. O sistema de garantia da qualidade.....	40
3.4.2. Plano de garantia da qualidade.....	44
3.4.3. Plano de controle.....	45
3.5. O CONTROLE DE QUALIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS.....	45
3.6. A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS.....	47
3.6.1. Produtividade dos materiais.....	47
3.6.2. Produtividade da mão-de-obra.....	48
3.7. O TQC E A FASE DE EXECUÇÃO.....	50
3.7.1. Condições favoráveis à adequação do TQC.....	50
3.7.2. Dificuldades da adequação do TQC.....	50
3.7.3. Os serviços na fase de execução.....	52
3.7.4. As ferramentas usadas no TQC.....	53
 CAPÍTULO 4 - DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS COM ÊNFASE NA QUALIDADE.....	 56
4.1. PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS.....	56
4.2. ANÁLISE DO EMPREENDIMENTO.....	58
4.3. PLANEJAMENTO DO CONTROLE DOS SERVIÇOS.....	60
4.3.1. Divisão do serviço em processos.....	60
4.3.2. Elaboração do diagrama causa-efeito.....	62
4.3.3. Divisão dos processos em operações.....	63
4.3.4. Análise dos processos.....	64
4.3.5. Padronização.....	72
4.4. A IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE.....	74
4.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA.....	74
4.6. CONTROLE GLOBAL.....	76
4.6.1. Indicadores de produtividade.....	76
4.6.2. Indicadores de desempenho operacional.....	77
4.6.3. Indicadores de tendências.....	78
4.6.4. Indicadores comparativos.....	79

CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO	81
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	81
5.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	82
5.2.1. Dados gerais.....	82
5.2.2. Componentes.....	84
5.2.3. Processo construtivo.....	85
5.3. A METODOLOGIA E O ESTUDO DE CASO.....	88
5.4. PLANO DE GARANTIA DA QUALIDADE.....	90
5.5. DIVISÃO DA OBRA EM MACRO-SERVIÇOS.....	96
5.6. HIERARQUIZAÇÃO DE SERVIÇOS A SEREM CONTROLADOS.....	97
5.6.1. Custo dos serviços.....	97
5.6.2. Outros fatores.....	98
5.7. SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (FÁBRICA).....	99
5.7.1. Divisão do serviço em processos.....	99
5.7.2. Elaboração do diagrama causa-efeito do serviço.....	101
5.7.3. Divisão dos processos em operações.....	101
5.7.4. Análise do processo.....	103
5.7.5. Padronização.....	117
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES	131
6.1. CONCLUSÕES GERAIS.....	131
6.2. CONCLUSÕES A RESPEITO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	132
6.3. CONCLUSÕES A RESPEITO DO ESTUDO DE CASO.....	133
6.4. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	135
6.4.1. Trabalhos a nível geral.....	135
6.4.2. Trabalhos a nível específico.....	136
ANEXO - LEVANTAMENTO DE DADOS DE CONSUMO DA MÃO-DE-OBRA	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 -	Diagrama de Ishikawa (Causa-Efeito)	16
Figura 2.2 -	Ciclo PDCA	17
Figura 2.3 -	Conceito da tripla função de Juran aplicado à construção	21
Figura 2.4 -	Fases do processo construtivo	28
Figura 2.5 -	Objetivos do plano de qualidade nas fases do processo produtivo.	28
Figura 2.6 -	Medidas de garantia da qualidade nas fases de projeto, execução e uso	29
Figura 2.7 -	Uso da série de normas ISO 9000	31

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 -	Interação do sistema de qualidade e a fase de execução	42
Figura 3.2 -	Medidas de garantia da qualidade na fase de execução	44

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 -	Fluxograma para o gerenciamento dos serviços	58
Figura 4.2 -	Macro-fluxo da produção de edificações	59
Figura 4.3 -	Diagrama causa-efeito relativo ao processo de fabricação de painéis de madeira	62
Figura 4.4 -	Fluxo do processo de montagem de painéis de cobertura	63
Figura 4.5 -	Análise dos processos	64
Figura 4.6 -	Ficha de análise do processo de produção de vigas	68
Figura 4.7 -	Ficha de padrões do processo de produção de vigas	69
Figura 4.8 -	Lista de verificação do processo de produção de vigas	69
Figura 4.9 -	Fichas de controle da mão-de-obra dos processos de produção de vigas e placas (sub-equipe 1)	70
Figura 4.10 -	Análise e solução de problemas	72
Figura 4.11 -	Ficha de cálculo de indicadores de produtividade de materiais	80

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 -	Planta da unidade	83
Figura 5.2 -	Vista do aspecto exterior da unidade	83
Figura 5.3 -	Tipos de unidades habitacionais	84
Figura 5.5 -	Estrutura organizacional e responsabilidades	92
Figura 5.6 -	Sub-divisão do serviço de produção de pré-moldados de concreto em processos com suas equipes	100
Figura 5.7 -	"Lay-out" do processo de produção de vigas	100
Figura 5.8 -	Diagrama causa-efeito do concreto pré-moldado	101
Figura 5.9 -	Fluxo do processo de produção de vigas	102
Figura 5.10 -	Fluxo do processo de aço vigas	102
Figura 5.11 -	Fluxo do processo de produção de placas	102
Figura 5.12 -	Fluxo do processo de transporte de placas	103
Figura 5.13 -	Fluxo do processo de aço placas	103
Figura 5.14 -	Ficha de análise do processo de aço vigas	105
Figura 5.15 -	Ficha de análise do processo de produção de placas ...	105
Figura 5.16 -	Ficha de análise do processo de aço placas	106
Figura 5.17 -	Ficha de análise do processo de produção de concreto	106
Figura 5.18 -	Ficha de controle de aceitação do concreto	109
Figura 5.19 -	Ficha de controle de produção do concreto	110
Figura 5.20 -	Ficha de padrões do processo de aço vigas	111
Figura 5.21 -	Lista de verificação do processo de produção de placas	112
Figura 5.22 -	Ficha de padrões do processo de produção de placas ...	113
Figura 5.23 -	Ficha de padrões do processo de aço de placas	113
Figura 5.24 -	Ficha de padrões do processo de produção de concreto	114
Figura 5.25 -	Ficha de controle da mão-de-obra do processo de produção de placas (sub-equipe 3)	114
Figura 5.26 -	Ficha de controle da mão-de-obra do processo de produção de placas (sub-equipe 2)	115
Figura 5.27 -	Ficha de controle de produtividade de materiais.	115
Figura 5.28 -	Ficha de análise e solução de problemas do processo de produção de placas	116
Figura 5.29(a) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de vigas	118
Figura 5.29(b) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de vigas	119
Figura 5.30 -	Fluxograma com pontos de controle do processo de produção de vigas	119
Figura 5.31(a) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de vigas	120

Figura 5.31(b) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de vigas	121
Figura 5.32(a) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de placas	122
Figura 5.32(b) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de placas	123
Figura 5.33 -	Fluxograma com pontos de controle do processo de produção de placas	124
Figura 5.34 -	"Lay-out" do processo de produção de placas	124
Figura 5.35(a) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de placas	125
Figura 5.35(b) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de placas	126
Figura 5.36(a) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de concreto	127
Figura 5.36(b) -	Ficha do padrão técnico do processo de produção de concreto	128
Figura 5.37 -	"Lay-out" do processo de produção de concreto	128
Figura 5.38(a) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de concreto	129
Figura 5.38(b) -	Ficha do procedimento operacional do processo de produção de concreto	130

ANEXO

Figura A1(a) -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto	138
Figura A1(b) -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto	139
Figura A1(c) -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto	140
Figura A2(a) -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de cobertura e oitões de madeira	140
Figura A2(b) -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de cobertura e oitões de madeira	141
Figura A3 -	Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra no canteiro	142

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 - Origem de falhas nas edificações (em %)	34
--	----

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 - Participação percentual dos serviços no custo de uma unidade	97
Tabela 5.2 - Serviços mais representativos em termos de custo	98
Tabela 5.3 - Quantidades e classes de concreto para os elementos pré-moldados de uma unidade	107

RESUMO

Qualidade e produtividade atualmente são importantes temas de discussão na construção civil, tendo assumido crescente destaque pelo baixo desempenho dos processos e pela qualidade deficiente de seus produtos. As empresas de construção, pelas suas características próprias de produção, não possuem de uma forma geral estruturas organizacionais adequadas, nem contam com ferramentas gerenciais eficazes para desenvolver de forma sistematizada tanto a qualidade como a produtividade.

O objetivo principal deste trabalho é de analisar a aplicabilidade do sistema de gestão denominado TQC ("Total Quality Control") na indústria da construção, dando especial ênfase à fase de execução.

São discutidos os princípios e técnicas de gerenciamento do TQC que podem ser aplicadas na construção, definindo um conjunto de critérios para gerenciar serviços individuais e a etapa de execução como um todo.

Tomando como base a análise anterior e um estudo de caso num conjunto habitacional, diretrizes e técnicas são propostas para gerenciar a fase de execução.

ABSTRACT

Quality and productivity are important themes of discussion in the construction industry nowadays, and have assumed growing significance because of the low performance of the production process and the lack of quality of its products.

Due to its characteristics of production, construction companies usually lack an adequate structure as well as do not have effective managerial tools for developing quality and productivity in a systematic way.

The main objective of this study is to investigate the applicability of the management system named TQC ("Total Quality Control") in the construction industry, specially focusing the production stage.

The principles and the management techniques from TQC that can be used in the construction industry are discussed, defining a number of criteria for managing individual tasks and the production stage as the whole.

Based on the above discussion and on a case study carried out on a house building site, some directions and techniques for managing the production stage are proposed.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. ORIGEM DO TRABALHO

O desenvolvimento da qualidade tem recentemente despertado o interesse da indústria da construção, dado o baixo desempenho dos seus produtos, os quais normalmente se encontram abaixo do nível desejado para um setor do seu porte.

Por outro lado, na indústria tradicional observa-se que o contínuo desenvolvimento tecnológico associado à prática de princípios do gerenciamento científico, representados por filosofias como o TQC ("Total Quality Control"), JIT ("Just-in-Time") e técnicas como o MRP ("Material Requirements Planning"), OPT ("Optimized Production Technology"), entre outras, têm representado avanços significativos na qualidade e produtividade, especialmente em países desenvolvidos.

Todas estas filosofias modernas ainda são pouco associadas à construção, pelas características próprias deste setor, que o diferenciam da indústria tradicional. Entretanto, é possível que algumas destas filosofias possam oferecer subsídios úteis para a gerência na construção.

Alguns programas de desenvolvimento da qualidade estão sendo conduzidos por iniciativa própria de empresas de construção de grande porte. As empresas de pequeno porte, por outro lado, não atuam em uma escala de produção que comporte significativos investimentos de caráter individual em programas desta natureza. Estas representam mais de 90% das empresas de construção do Rio Grande do Sul, segundo levantamento de Formoso et al. (21).

Este fato justifica a necessidade de se desenvolver ferramentas para o gerenciamento do processo de produção na construção, particularmente para empresas de pequeno porte, considerando os fatores que afetam a qualidade e a produtividade das mesmas. O presente trabalho insere-se nesta proposta, abordando especificamente a etapa de execução dos serviços.

1.2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Na indústria da construção civil, o sub-setor edificações, ao qual está referido este trabalho, vem enfrentando uma crescente demanda por produtos de melhor qualidade, a qual provém de um nível de exigência crescente por parte dos consumidores, da alta incidência de falhas patológicas no produto final, e da própria preocupação das empresas em elevar o nível de desempenho de seus produtos num mercado cada vez mais competitivo.

A indústria da construção sempre se caracterizou por uma grande inércia às mudanças e inovações tecnológicas. Esta é uma das razões pelas quais ainda prevalecem os sistemas construtivos tradicionais sobre os sistemas industrializados ou inovadores.

Embora os sistemas tradicionais venham sendo empregados há bastante tempo, existem ainda sérios problemas relativos à qualidade alcançada, devido a vários fatores, entre os quais falta de estrutura organizacional nas empresas, normalização insuficiente, reduzidos investimentos em pesquisa, ausência de políticas de desenvolvimento do setor e as características próprias do processo produtivo.

A produtividade na construção também tem sido tradicionalmente um fator de preocupação por parte do setor produtivo, pelos baixos índices de eficiência da mão-de-obra. Mesmo em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, observa-se que a produtividade da indústria da construção tem diminuído nos últimos tempos: Arditi⁽²⁾ aponta que a produtividade do setor caiu em aproximadamente 20% ao longo da década do 70,

apresentando também uma tendência decrescente para os seguintes anos.

Ainda existe em alguns segmentos empresariais o conceito de que a qualidade e produtividade são contrapostos, já que o controle tradicional, feito pela inspeção, leva à segregação de produtos defeituosos e, como consequência, à menor produtividade. Este conceito está associado ao fato de que não se tem claros critérios de controle no processo produtivo. Isto faz com que muitas vezes sejam aceitos produtos e serviços que não têm o nível de qualidade desejado, dando desta forma a impressão de que a obtenção da qualidade reduz a produtividade pelo pressuposto de que um bom trabalho toma mais tempo, assim como pela complexidade associada à execução dos retrabalhos.

Entretanto, dentro do novo contexto de qualidade, a gestão desta é centrada no controle dos processos, o que resulta num melhor desempenho da qualidade e da produtividade. Assim, à medida que se evitam erros e defeitos pelo controle do processo, através de uma racionalização das tecnologias convencionais e o desenvolvimento de tecnologias industrializadas, pode-se melhorar simultaneamente a qualidade e a produtividade.

A importância de considerar a qualidade na gerência da produção de forma planejada e sistematizada traduz-se em ganhos quanto à redução de custos e tempo, tanto para as empresas como para os usuários, que, além disso, beneficiam-se com produtos que têm melhor desempenho. Estes ganhos tornam-se visíveis quando se consideram os efeitos da falta de qualidade, tais como perdas de materiais, retrabalhos, reclamações, perda de contratos, etc.

Atualmente não existem muitos dados de quanto representa cada um destes efeitos indicados acima. Existem apenas alguns estudos de caráter limitado, como o de Pinto⁽⁴⁴⁾, realizado no Brasil, que apontam perdas de materiais na ordem do 20% do peso total de uma edificação ou 6% do seu custo total.

Dos resultados de pesquisas feitas em países desenvolvidos, podem-se citar entre os mais relevantes:

- a) Na Noruega e Suécia, estima-se que o custo da falta de qualidade está na ordem do 15-20% do faturamento das empresas⁽³⁰⁾;
- b) Um estudo feito nos Estados Unidos, em projetos industriais, indica o custo da falta de qualidade como sendo 12% do custo total dos empreendimentos, salientando que este valor é conservador por terem sido considerados só os custos diretos⁽⁶⁾; e
- c) Na Bélgica, num estudo feito em 2.079 empresas, constatou-se que o custo da qualidade está na ordem de 15% do custo total dos empreendimentos⁽²⁵⁾.

Um outro aspecto inerente à fase de execução, e de difícil medição ou quantificação, é a perda devida aos problemas gerenciais derivados da falta de racionalização no uso dos recursos humanos e materiais, tais como baixa produtividade da mão-de-obra, interferências entre equipes, remanuseio de materiais, etc.. Percebe-se então um grande benefício no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa relacionados à melhoria da qualidade e produtividade na produção de edificações.

Até o presente momento, poucos trabalhos foram desenvolvidos nesta área no Brasil. O presente estudo pretende dar particularmente subsídios para melhorar o desempenho da fase de execução, no que se refere aos aspectos de qualidade e produtividade, devendo ser inserido em planos mais gerais que cubram todas as fases do processo produtivo, desde a concepção até o uso.

Cabe salientar a necessidade de também desenvolver pesquisas relativas às demais fases do processo de construção, as quais estão intimamente relacionadas ao desempenho da construção em termos de qualidade e produtividade.

A consideração de diretrizes e metodologias do TQC em parte deste trabalho, deve-se ao fato de que, segundo Campos⁽¹²⁾, o emprego deste sistema no contexto nacional pode

trazer um grande benefício às empresas. Por outro lado, Grazia⁽²⁶⁾ indica que o TQC na construção pode ajudar a resolver problemas crônicos do setor em relação a qualidade e produtividade, tendo a vista tendências observadas em países desenvolvidos.

O fato de se abordar apenas a fase de execução neste trabalho, deve-se principalmente aos seguintes motivos:

- a) Limitações quanto a tempo e recursos não permitem elaborar propostas mais gerais que cubram todas as fases do processo construtivo, nem mesmo considerar profundamente todos os fatores intervenientes na fase de execução, tais como custos, programação, motivação da mão-de-obra, segurança, etc.;
- b) A fase de execução é responsável por uma percentagem significativa de defeitos nos edifícios, entre 25-30%, conforme apontam García⁽²³⁾ e Calavera⁽¹¹⁾. Uma adequada gerência desta fase pode levar a reduzir este índice de defeitos; e
- c) Há necessidade de desenvolver ferramentas que permitam gerenciar efetivamente o processo produtivo deixando de lado a postura tradicional de aceitar que a etapa de execução, pelas suas características próprias, é difícil de ser controlada.

1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal do trabalho consiste em propor uma metodologia para a gerência de serviços na fase de execução, com ênfase na qualidade, tomando como base alguns princípios encontrados no "Total Quality Control".

Além do objetivo principal, esta pesquisa tem os seguintes objetivos secundários:

- a) Revisar as principais características do TQC, e analisar a implicação que estas têm na construção nas condições em que a mesma encontra-se atualmente;
- b) Analisar o estágio atual do desenvolvimento da gestão da qualidade na construção em diversos

ambientes, para assim propor diretrizes gerais que permitam ao setor engajar-se neste movimento pela qualidade:

- c) Caracterizar a fase de execução de edificações quanto a sua dependência de outras fases e processos internos, assim como assinalar as características que esta deve ter para aplicar a metodologia proposta anteriormente; e
- d) Aplicar a metodologia proposta num estudo de caso, relativo à produção de unidades habitacionais por meio de um sistema semi-industrializado.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho divide-se em duas partes, uma teórica e outra prática. A análise teórica visa a estabelecer algumas diretrizes para implantar a gestão da qualidade na construção, a nível de empresas, e mais especificamente na fase de execução.

A parte prática do trabalho consiste no desenvolvimento de uma metodologia e na sua aplicação em um estudo de caso.

No Capítulo 2 faz-se primeiramente uma revisão de alguns conceitos básicos relacionados ao TQC, discutindo suas implicações na construção. A seguir, discute-se a garantia da qualidade, quanto a seu estado atual em países desenvolvidos, normas que poderiam ser empregadas e tendências observadas. Também é analisada a possibilidade de adaptar sistemas de garantia da qualidade no contexto atual da construção civil.

No Capítulo 3 faz-se uma caracterização da fase da execução quanto ao planejamento, controle da qualidade e produtividade, e à forma como alguns elementos de filosofias como o TQC podem ser aplicados nesta fase.

No Capítulo 4 é apresentada uma proposta de metodologia para a gerência dos serviços na fase de execução, baseada nos conceitos revisados anteriormente.

No Capítulo 5 descreve-se o estudo de caso, o qual consiste na aplicação da metodologia proposta no planejamento da construção de um conjunto habitacional.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e apontadas sugestões a serem consideradas em estudos futuros.

1.5. LIMITES DO TRABALHO

Dada a diversidade de produtos da indústria da construção, o presente trabalho está dirigido ao sub-setor de edificações, embora os conceitos apresentados na parte teórica possam, de uma forma geral, ser aplicados aos sub-setores construção pesada e montagem industrial.

O desenvolvimento do estudo de caso não teve a extensão prevista inicialmente devido ao fato de que, após o levantamento das características do sistema construtivo e organização do sistema de controle, não foi possível implementá-lo de forma sistematizada devido às limitações de tempo. Além disto, alguns aspectos do sistema não puderam ser analisados com profundidade pois, para isto, seria necessária a adoção de medidas complementares, que fogem do âmbito do trabalho, tais como treinamento e motivação da mão-de-obra, aspectos relativos a custos e programação, avaliação de fornecedores, etc..

Também em função de restrições de tempo, no estudo de caso são analisados apenas alguns serviços, considerados como os principais para o sistema construtivo empregado.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos importantes relativos à qualidade e discutidas as principais características do TQC e da garantia da qualidade.

O TQC é discutido em linhas gerais, a fim de se ter uma idéia dos seus princípios, fazendo-se uma discussão sobre a sua aplicação na construção e apontando alguns fatores a serem levados em conta na implantação da qualidade total na construção.

No que tange à garantia da qualidade ("quality assurance"), discute-se a forma como o problema da qualidade na construção tem sido enfrentado nos países desenvolvidos, e as condições atuais do setor que dificultam ações neste sentido.

2.2. CONCEITOS GERAIS DE QUALIDADE

Antes de se entrar na discussão sobre a gestão da qualidade propriamente dita, convém fazer uma breve revisão do significado de alguns termos freqüentemente utilizados, tais como qualidade, produtividade, garantia da qualidade e controle de qualidade.

2.2.1. Qualidade

São muitas as definições dadas para a qualidade. Embora não se pretenda fazer uma revisão conceitual exaustiva

do termo, cabe apresentar aquelas relevantes para o presente trabalho.

Segundo Crosby⁽¹⁴⁾, qualidade é "a conformidade do produto às suas especificações". As especificações em geral contêm e estão referidas a normas onde se indicam o que devem cumprir os produtos ou a sua elaboração, sob a forma de variáveis, quando possível, ou atributos. A qualidade, neste enfoque, está associada ao cumprimento destas especificações, cujo conteúdo é variável e dinâmico, dependendo do grau de avanço tecnológico.

A NBR 8541⁽⁴⁾ define a qualidade como "o grau de adequação de um item ou serviço à finalidade que se destina". Tal definição implica uma avaliação subjetiva do usuário, já que o mesmo pode ter seus próprios critérios para avaliar o desempenho do produto.

Alguns autores, como Feigenbaum⁽¹⁹⁾, definem a qualidade em termos de valor. O valor é a relação entre o desempenho e o custo, sendo assim a qualidade tanto maior quanto melhor o desempenho a um custo menor. Neste enfoque, existe a dificuldade de quantificar o desempenho, o que pode não ser possível com relação a determinados atributos de um produto.

No âmbito da indústria da construção, Burt⁽⁹⁾ define a qualidade como:

"A totalidade de atributos de uma edificação, os quais fazem com que esta seja capaz de satisfazer necessidades, incluindo a forma na qual os atributos individuais são relacionados, balanceados e integrados na totalidade da edificação e seus arredores".

Dentre tais atributos podem ser citados como mais importantes os de segurança, habitabilidade, durabilidade, estética e adequação ambiental. Esta definição fundamentalmente refere-se ao produto enquanto este satisfaz as necessidades do usuário.

A visão mais recente de qualidade, segundo a filosofia do TQC, incorpora também o desempenho do processo produtivo,

que embora já esteja associado ao desempenho do produto, traz consigo novas variáveis como a organização, eficiência, produtividade e custos⁽²⁶⁾.

2.2.2. Produtividade

Em termos gerais, produtividade pode ser definida como a relação OUTPUT/INPUT, ou seja, a relação entre a produção e um ou vários fatores de produção. Os fatores de produção podem ser sub-divididos segundo Drexin⁽¹⁶⁾ em: capital, materiais, equipamentos, trabalho humano e energia. A produção é geralmente expressa em termos de quantidades físicas de um produto homogêneo ou através de seu valor monetário, caso se queira expressar o somatório de diferentes produtos.

A produtividade pode assumir diferentes significados, dependendo das variáveis envolvidas. O uso mais corrente de produtividade está referido ao trabalho humano, sendo utilizado como fator de produção o tempo que dura a execução de uma determinada tarefa ou conjunto destas. Deve-se notar também que a produtividade do trabalho não só depende do esforço da mão-de-obra, como também de outros fatores, tais como equipamentos, melhorias técnicas, eficiência da organização, etc.

Na construção, a definição de produtividade é usada em vários níveis, dependendo de seus objetivos. Thomas et al.⁽⁵⁰⁾ indica que a produtividade pode ser considerada como parâmetro econômico englobando todo o setor, a nível de projetos específicos, e a nível de consumo de mão-de-obra em atividades específicas nos canteiros.

A respeito da medição da produtividade nestes diferentes níveis, pode-se indicar⁽⁵⁰⁾:

- a) Como parâmetro econômico: a medição é realizada em unidade monetárias, já que esta é a medida comum que mais facilmente expressa tanto a produção como os fatores de produção anteriormente citados;
- b) Em projetos específicos: os fatores de produção são restritos ao trabalho, equipamento e materiais. Desta forma a produtividade pode, por exemplo, ser

expressada em m^2/custo , ou através do inverso desta relação; e

- c) Em atividades específicas: usa-se o trabalho como fator de produção (produtividade da mão-de-obra). Em geral é usada a inversa entre o fator de produção (homens-hora) e a produção. O número de homens-hora por m^2 de alvenaria ou por kg de aço, são exemplos de relações de produtividade. Pode-se também expressar as horas trabalhadas em função de seu custo.

Em geral, a definição de produtividade da mão-de-obra é a mais utilizada (principalmente a nível de empresas), a tal ponto que, quando se menciona produtividade, é subentendido que está referida à mão-de-obra, salvo se outro fator de produção é especificamente indicado.

Neste trabalho, também se adota o termo produtividade para se referir, de forma genérica, à produtividade da mão-de-obra. Outros fatores de produção, quando considerados, são indicados especificamente.

2.2.3. Garantia da qualidade

Garantia da qualidade é definida pela norma ISO 9000⁽³⁶⁾ como "todas as ações planejadas e sistemáticas necessárias para prover confiança adequada de que um produto ou serviço atenda aos requisitos definidos de qualidade". Esta definição é aceita na literatura de forma geral e, segundo García⁽²²⁾, abrange dois principais componentes: a organização de medidas e a demonstração de que tais medidas foram efetivamente tomadas.

Deve-se definir em cada fase do processo produtivo aquelas ações que vão assegurar o cumprimento dos requisitos de qualidade especificados, tentando minimizar a probabilidade de se cometer erros. As medidas a serem tomadas devem considerar a garantia da qualidade do produto terminado, assim como a do processo produtivo, atendendo aqueles requisitos de desempenho como segurança, habitabilidade, durabilidade, etc..

Na construção, as medidas de garantia da qualidade nas diversas fases do processo produtivo poderiam ser por exemplo, a seleção de materiais e seus requisitos de qualidade na fase do projeto, elaboração de plantas da edificação que foi efetivamente construída ("as-built"), documentação de modificações do projeto, etc.

Deve-se indicar que o uso da expressão garantia da qualidade tem tomado dois sentidos. Num sentido amplo identifica-se com o conceito de gestão da qualidade, que é abordado no item 2.4, e no sentido mais restrito refere-se à demonstração documentada de que se tem efetuado o controle de qualidade, conforme a definição dada neste item.

2.2.4. Controle de qualidade

O controle de qualidade tem diversas definições. Na ISO 9000⁽³⁶⁾ é definido como "um conjunto de técnicas operacionais e atividades utilizadas para atender aos requisitos de qualidade", compreendendo atividades como ensaios, testes e verificações.

Juran⁽³⁹⁾, por sua vez afirma que:

"Controle de Qualidade é o processo regulador através do qual medimos o real desempenho em termos de qualidade dos produtos e processos, comparamos este com os padrões ou normas, e atuamos na diferença encontrada".

Neste enfoque, o controle de qualidade associa-se às especificações e às ações corretivas, quando houver desvios, sendo estas últimas estabelecidas com base no controle estatístico da produção.

Na construção, a verificação dos cálculos estruturais do projeto e ensaios de resistência do concreto são exemplos de atividades de controle de qualidade.

Deve-se notar que o controle de qualidade é uma parte da garantia da qualidade, não devendo ser confundido com esta. Segundo García⁽²²⁾, o controle de qualidade compreende fundamentalmente medidas técnicas, sendo estas direcionadas ao monitoramento do processo, enquanto as ações de garantia da

qualidade definem os responsáveis pelo processo, os requisitos de qualidade, quem fará o controle e como este será documentado.

2.3. TQC ("TOTAL QUALITY CONTROL")

2.3.1. Conceitos gerais

A qualidade tem tomado importância crescente em outros ramos industriais, produzindo-se avanços significativos quanto ao desempenho dos produtos, produtividade e competitividade.

Embora este avanço ainda não seja tão notório no Brasil, já se tem sintomas evidentes que os diversos setores industriais estão encaminhando-se nesta direção. O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP) já aponta estas tendências existentes neste sentido, inclusive no seu sub-programa para o sub-setor edificações⁽⁴⁸⁾.

Entretanto, é necessário, a nível de empresas, a adoção de políticas da qualidade e diretrizes para a gestão desta. Neste sentido, observa-se a importância crescente que tem tomado o TQC ("Total Quality Control"), que é um sistema administrativo que engloba uma nova postura ante a qualidade, na qual todos os setores da empresa participam da obtenção da qualidade.

O TQC pode ser visto como o resultado da evolução dos princípios da qualidade inicialmente lançados por Juran, Deming e Feigenbaum, a partir da década do 50, quando foram introduzidos no Japão, onde conceitos como o controle de qualidade e garantia da qualidade evoluíram da inspeção dos produtos ao controle dos processos⁽²⁶⁾.

Feigenbaum⁽¹⁹⁾ define o TQC como:

"Um sistema eficaz que integra esforços dos diferentes grupos da organização no desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade, para tornar possível tanto uma produção da forma mais econômica como uma adequada assistência, que permitam a total satisfação do consumidor".

No Japão, o TQC foi aperfeiçoado e introduzido de uma forma ampla, tendo sido denominado CWQC (Company Wide Quality Control). O CWQC diferencia-se do TQC inicialmente pregado por Feigenbaum pelo fato de que, neste último, o controle de qualidade é realizado por especialistas⁽²⁶⁾.

No Brasil, o CWQC é conhecido como CQTE (Controle de Qualidade por Toda a Empresa), mas esta denominação não é de uso frequente, sendo mais usada a denominação TQC. Portanto, quando se faz referência neste trabalho ao TQC, deve-se entender como sinônimo de CQTE.

Juntamente com o TQC, existem técnicas mais específicas para a administração da produção e dos materiais, tais como o JIT ("Just-in-Time"), MRP ("Material Requirements Planning") e OPT ("Optimized Production Technology") entre outras, e que podem estar ou não inseridas dentro de sistemas de gestão da qualidade total. O MRP dá ênfase ao fluxo de materiais. O JIT é orientado pela meta dos estoques nulos e pode combinar-se com o MRP. O OPT está orientado pela otimização da produção com base na capacidade do sistema produtivo⁽⁴¹⁾.

A respeito do uso destas técnicas na construção, Melles, Robers e Wamelink⁽⁴¹⁾ indicam que estas são de difícil aplicação tal como encontradas na literatura, uma vez que foram concebidas para solucionar problemas específicos de outras indústrias.

Segundo estes autores, esta inadequação deve-se principalmente às características do processo produtivo na construção, que fazem com que este não possa ser classificado dentro dos diversos tipos de produção observados nas outras indústrias, tais como montagem, produção em série, montagem para pedidos de produção, produção em massa e produtos únicos. A construção é uma mistura de todos estes.

Nos itens 2.3.2 a 2.3.5, são descritos alguns dos conceitos mais importantes do TQC, os quais dão uma idéia geral desta filosofia. Muitos destes conceitos têm por base o livro

de Campos intitulado "Gerência da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira"⁽¹²⁾.

2.3.2. Qualidade no TQC

O objetivo de uma empresa quando utiliza o TQC consiste na satisfação das pessoas que se vinculam a esta, sendo a primeira prioridade o consumidor, vindo, a seguir, os empregados e, finalmente, os acionistas e os vizinhos. Este objetivo é atingido por meio da qualidade, que então assume uma dimensão mais ampla, além daquela associada ao produto, compreendendo toda a empresa e o sistema produtivo.

A qualidade consta de dois fatores:

- a) Qualidade ampla: objetiva a satisfação das pessoas, e implica tanto a ausência de defeitos no produto, referente às definições anteriormente dadas de adequação ao uso e conformidade com especificações, como também o bom desempenho da empresa quanto à sua administração, seu sistema de informação, organização, desenvolvimento de recursos humanos, etc.; e
- b) Custo e atendimento: objetiva principalmente a satisfação do consumidor, por meio do oferecimento de um preço menor do produto, e o correto atendimento quanto a prazos, quantidade e assistência.

2.3.3. Gerência no TQC

No TQC, o controle tem o significado de gerência, sendo referido a dois aspectos em cada um dos processos ou operações da empresa: rotina e melhorias.

A rotina diz respeito ao atingimento das metas estabelecidas nas normas, padrões e procedimentos, sem apresentar desvios relativamente aos limites estabelecidos.

A melhoria está associada às mudanças significativas no próprio processo, que fazem com que este alcance níveis superiores de qualidade e produtividade, em função de mudanças de tecnologia, procedimentos, materiais e equipamentos. Uma melhoria implica na mudança dos padrões utilizados na rotina.

A rotina, quando implantada, deve trazer a previsibilidade sobre a produção e a qualidade dos produtos, mas pode-se perder a competitividade em relação a outras empresas, pela preocupação de manter metas estáveis. Por esta razão, diz-se que a rotina é o primeiro estágio na implantação do TQC na empresa, após o qual deve ser implementada a melhoria.

O controle no TQC é feito em cada um dos processos da empresa, os quais podem ser de manufatura ou de serviços. Cada um dos processos em que se divide a empresa pode ainda ser subdividido em outros, conforme a necessidade do controle.

O processo é analisado e representado como um conjunto de causas, sendo útil neste ponto o uso do diagrama de Ishikawa (Fig. 2.1), que relaciona as causas com seus efeitos. As causas são normalmente agrupadas em conjuntos denominados de matéria-prima, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra e método - são os chamados "6M".

O produto resultante de um processo tem vários atributos ou efeitos (características da qualidade), sendo os mais importantes escolhidos como itens de controle. As causas mais importantes de desvios no processo são associadas a itens de verificação, podendo estas ser itens de controle de um processo anterior.

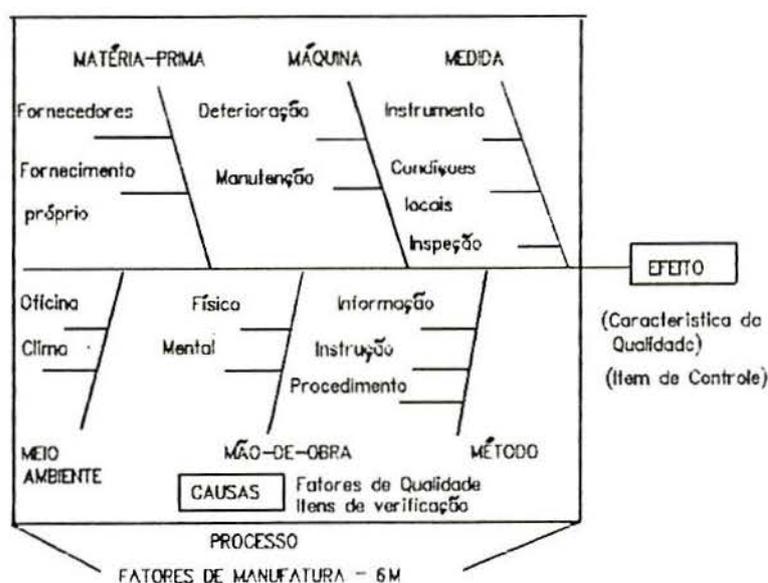


Figura 2.1 - Diagrama de Ishikawa (Causa-Efeito)⁽¹²⁾

No controle dos processos, tanto nos estágios de rotina como melhoria, é usado o método gerencial denominado PDCA (Fig. 2.2). O significado de cada etapa do ciclo é descrito a seguir:

- a) Planejar (P): estabelecer as metas e os métodos utilizáveis para alcançá-las, empregando para isto um sistema de padrões, e definir os itens que serão controlados;
- b) Execução (D): executa-se os processos conforme o planejamento, com pessoal adequadamente treinado. É feita a coleta de dados para a etapa seguinte;
- c) Verificação (C): os dados coletados são comparados com as metas planejadas; e
- d) Ações corretivas (A): fazem-se as correções necessárias para que os problemas detectados na etapa anterior não se repitam, atuando nas causas fundamentais destes.

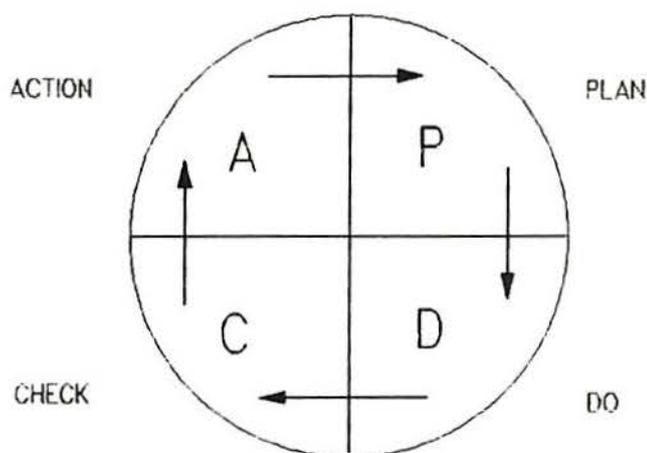


Figura 2.2 - Ciclo PDCA. (12)

O ciclo PDCA, embora seja de simples compreensão, não é de fácil implantação, pela insuficiência de sistematização dentro das empresas. Sua aplicação tem variações, dependendo se é usado em processos repetitivos (abordagem por sistemas) ou não repetitivos (abordagem por projetos).

2.3.4. O controle de qualidade e garantia da qualidade

No TQC, o controle da qualidade vem a ser o gerenciamento da rotina e melhorias. A garantia da qualidade é vista como um dos objetivos finais do controle, uma vez alcançada a confiança de que as operações da qualidade estão sendo conduzidas adequadamente.

A garantia da qualidade pode estar associada à etapa de inspeção, ao controle dos processos e/ou ao desenvolvimento de novos produtos. Dependendo do estágio em que a empresa se encontra, um destes aspectos pode ter maior ênfase.

2.3.5. Gerência de recursos humanos

Existem dois fatores básicos para que uma organização torne-se mais competitiva: a modernização dos equipamentos, e o desenvolvimento físico e mental dos seus empregados. A gerência do crescimento do ser humano é tão importante quanto os métodos e sistemas. Por mais promissores que estes sejam, não conduzirão a bons resultados sem antes considerar o fator humano.

No TQC, o fator humano tem um caráter participativo, já que a essência do controle, o PDCA, é executado por todas as pessoas comprometidas na produção nas suas diferentes etapas, principalmente através dos círculos de controle de qualidade (CCQ).

Os CCQ são pequenos grupos de empregados de um mesmo setor, treinados adequadamente, que se reúnem voluntária e regularmente para identificar e analisar problemas relativos ao seu trabalho, sugerir soluções e implementá-las. Isto corresponde a uma estratégia diferente da tradicional divisão do trabalho pregada por Taylor, onde o empregado executa sua tarefa sem questioná-la, deixando o planejamento e controle às chefias.

Alguns estudos do comportamento humano como os de Maslow e Herzberg, entre outros, têm contribuído para entender os princípios de motivação do ser humano. No TQC, todos estes aspectos e premissas são levados em conta quando se trata de gerenciar o crescimento do ser humano, reconhecendo e

satisfazendo as necessidades do pessoal em ordem de importância, assim como eliminando os fatores de insatisfação e incrementando os de satisfação. Tudo isto é acompanhado de um adequado treinamento no trabalho, em todos os níveis da empresa.

A descrição apresentada corresponde a apenas uma noção geral sobre o TQC. Existem ainda outros aspectos como a gerência da rotina e melhorias, a análise estatística, ou a análise de Pareto, que, quando necessário, são indicados no desenvolvimento deste trabalho. Descrições mais detalhadas do TQC podem ser encontradas na literatura (Ishikawa^{37,38}, Campos^{12,13}, Juran^{39,40}).

2.3.6. O TQC na indústria da construção

Antes de se passar à discussão sobre o TQC na construção, convém fazer uma breve definição do processo de produção de edificações. Este pode ser sub-dividido em 5 fases:

- a) Concepção: nela faz-se a identificação das necessidades do cliente e/ou das pessoas que se beneficiarão com a edificação; analisa-se distintas soluções considerando limitações de custos, de prazos, legais, ambientais, técnicas e de vizinhança, adotando-se uma solução técnica; e toma-se a decisão de construir;
- b) Projeto: nesta fase é desenvolvida em detalhe a solução adotada com a participação de diversos especialistas, constando o projeto final das partes gráfica (plantas) e escrita (memória justificativa e discriminação técnica);
- c) Fabricação de materiais e componentes: refere-se à fabricação dos materiais, componentes e equipamentos que são empregados na fase de execução;
- d) Execução: nela o projeto é concretizado fisicamente, com o uso de recursos tanto humanos como materiais, fazendo-se primeiramente o planejamento da execução, e, após, a execução propriamente dita; e

- e) Uso: é a fase em que o usuário usufrui do bem, dando-lhe a manutenção que este requer para seu bom funcionamento.

O processo de produção de edificações na indústria da construção tem características próprias que a diferenciam das outras indústrias, e pelos quais resulta mais difícil a implantação do TQC. A seguir, são indicadas algumas destas características, apontadas por García⁽²³⁾:

- a) Existe uma falta de constância de condições, quanto a matérias-primas e processos;
- b) Os produtos são únicos, salvo exceções;
- c) A produção é concentrada, com operários móveis atuando sobre um produto fixo, dificultando a organização e controle;
- d) A mão-de-obra é pouco qualificada, de caráter eventual e pouco motivada, o que contribui para ter baixa produtividade e qualidade;
- e) A produção é exposta às intempéries, com dificuldades de armazenagem, clima, segurança, etc.;
- f) O ciclo de vida das edificações é longo, sendo o produto quase sempre único na vida do usuário. Em consequência, sua experiência de uso não tem muita influência na qualidade; e
- g) Não existe uma clara definição de responsabilidades entre as partes envolvidas.

Na produção de edificações, pode-se identificar o emprego de dois tipos de sistemas construtivos: industrializado e tradicional. Na construção industrializada tende a ser mais fácil a implantação de sistemas administrativos como o TQC, pois grande parte da produção é concentrada nas fábricas, com processos claramente definidos e mais fáceis de controlar. A continuidade da produção evita a rotatividade, fazendo com que o pessoal fique gradualmente mais familiarizado com o trabalho.

Na construção tradicional, dado o grau de incerteza e falta de previsibilidade nas operações, é normalmente mais difícil a implantação do TQC, existindo a necessidade de adaptar as técnicas e metodologias às circunstâncias.

Segundo Grazia⁽²⁶⁾, a implantação do controle da qualidade na construção tende a seguir a seguinte ordem: fabricação de materiais, execução de obras, projeto e planejamento e manutenção

Cada uma destas fases requer uma abordagem diferente, e de forma gradativa, dadas as diferentes características de cada uma. A gestão da qualidade na etapa de produção de materiais é a mais estudada e desenvolvida até o momento.

A implantação do TQC requer, antes de mais nada, uma profunda mudança de mentalidade nas pessoas envolvidas no processo produtivo, particularmente aquelas envolvidas em funções gerenciais. Deve-se introduzir aqui o conceito de rompimento⁽¹²⁾.

O rompimento significa tomar consciência de que a empresa pode ser continuamente melhorada e que não existe fim para este processo, sendo a administração da empresa a responsável pelo mesmo.

Associado ao conceito de rompimento, o princípio de satisfação do consumidor pode ser levado aos intervenientes do processo produtivo, destacando o que Juran⁽⁴⁰⁾ define como a tripla função dos participantes - cliente, executor e fornecedor, o qual pode ser visualizado na Figura 2.3.

Nesta figura, observa-se que o projetista é cliente do proprietário, elabora o projeto e fornece este ao construtor. Por sua vez, o construtor é cliente do projetista e usa o projeto para executar a construção, fornecendo esta ao proprietário. Este conceito ainda deve ser levado aos processos internos das diferentes fases do processo produtivo.

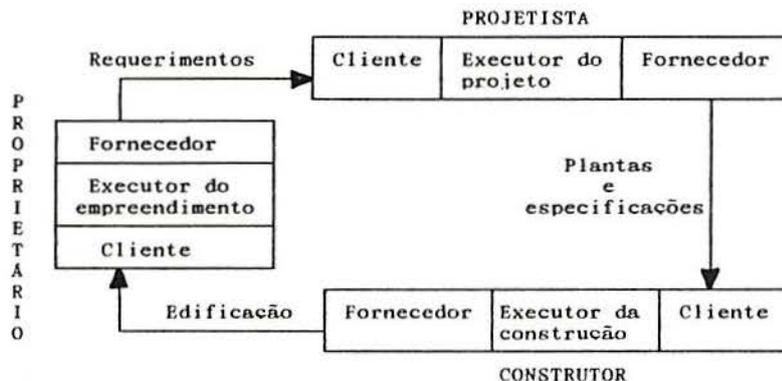


Figura 2.3 - Conceito da tripla função de Juran aplicado à construção. (8)

No caso da construção, parece difícil envolver os níveis mais baixos da mão-de-obra neste processo, pela rotatividade que esta tem. Entretanto, deve-se pensar numa primeira instância em chegar até níveis hierárquicos de mestres e encarregados, que normalmente sentem-se mais comprometidos com a empresa. Sem a participação efetiva dos recursos humanos, as ações no sentido de melhorar a qualidade seriam restritas a ações de fiscalização.

Embora existam dificuldades para uma ampla aplicação do TQC na construção, o uso de algumas de suas técnicas e metodologias, com uma prévia e adequada adaptação, pode trazer melhorias no desempenho dos produtos, incorporando aspectos como qualidade, produtividade, custos e programação, necessários para um bom gerenciamento dos empreendimentos.

Em alguns países desenvolvidos, já existem esforços neste sentido. Gilly, Touran e Asai⁽²⁴⁾, por exemplo, apontam que no Japão várias empresas da indústria da construção vêm implementando o TQC desde meados dos anos 70, e nos Estados Unidos a partir dos anos 80. Estas são em geral, de grande porte, e em número maior no Japão.

Um dos primeiros passos para a implantação da qualidade na construção, na visão do TQC, deve ser a rotinização de procedimentos via o ciclo PDCA. O domínio tecnológico dos processos por si só já melhoraria significativamente o desempenho destes. Esta estratégia exigiria uma estrutura de organização mais rigorosa, determinada a executar certas ações que normalmente não são consideradas com a devida importância, entre as quais⁽²⁷⁾:

- a) Elaboração de planos de garantia da qualidade e controle de qualidade;
- b) Análise do desempenho técnico do produto;
- c) Estudo de custos do produto, adequando-o às condições do mercado;
- d) Controle de custos;
- e) Políticas de motivação;
- f) Estudo das necessidades do consumidor; e

- g) Definição das características de qualidade do produto.

As diretrizes e ferramentas a serem usadas para considerar estes fatores podem ser tomadas e adaptadas do TQC, ou mesmo de sistemas similares ou normalizados de qualidade, como a ISO 9000, constituindo-se no que se têm denominado de sistema de garantia da qualidade, abordado no item seguinte.

2.4. GARANTIA DA QUALIDADE

2.4.1. Histórico

A preocupação com a qualidade na construção sempre esteve presente de maneira intrínseca. Entretanto, somente a partir de meados dos anos 60 surgiram os primeiros procedimentos formais que visavam a assegurar a qualidade em empreendimentos de construção. Fletcher⁽²⁰⁾ indica que tais procedimentos foram inicialmente empregados em países desenvolvidos, como Inglaterra, Estados Unidos e França, sobretudo na construção de usinas nucleares, onde era evidente a necessidade de garantir a qualidade para evitar o risco de acidentes graves. Foi a partir de aquele momento que se desenvolveu a garantia da qualidade ("quality assurance") na construção.

Nos Estados Unidos, a partir dos anos 60, o exército daquele país passou a exigir sistemas de garantia da qualidade por parte dos seus empreiteiros, além de planos de controle de qualidade antes de dar início às obras⁽³⁵⁾.

Na Inglaterra, a garantia da qualidade foi inicialmente utilizada na construção de usinas nucleares, usando para isso a norma BS 5882 (1979), que é específica para este tipo de obras e a BS-5750, de caráter semelhante à ISO 9000. Na França, a implantação da garantia da qualidade também iniciou-se nas usinas nucleares, tendo como base a norma 5-C-QA (1974), da "Atomic Energy International Agency", sediada em Viena.

Na Noruega, desde a primeira metade da década do 80, existem exigências contratuais de planos de garantia de qualidade para instalações de plataformas marítimas no Mar do Norte⁽²⁰⁾.

Em todos os casos, foram órgãos governamentais que tomaram a iniciativa de exigir planos de garantia da qualidade, em função do porte e importância dos empreendimentos. A demanda por garantia da qualidade no setor habitacional ainda hoje é pequena. Nos poucos casos reportados na literatura, como na Inglaterra, são órgãos governamentais que a exigem.

Existem dois tipos de abordagens para a garantia da qualidade: formal e informal. Por abordagem formal entende-se a certificação de empresas por parte de órgãos certificadores governamentais ou privados, com base em requisitos estabelecidos em normas.

A abordagem informal da garantia da qualidade, por sua vez, refere-se ao próprio desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade por iniciativas próprias das empresas.

A Inglaterra é o país onde a garantia da qualidade tem tomado mais importância do ponto de vista de abordagens formais, existindo vários órgãos de certificação, como por exemplo, a "British Standard Institution (BSI) Quality Assurance Division". A respeito da situação criada nesse país, Fletcher⁽²⁰⁾ indica:

- a) A existência de diversos órgãos de certificação tem levado a uma competição entre estes;
- b) No sub-setor construção pesada daquele país, uma organização empresarial intitulada "Federation of Civil Engineering Contractors" vem desenvolvendo um sistema informal de garantia da qualidade que inclui a preparação de documentos de qualidade para uso entre empreiteiros. Esta organização reivindica que o desenvolvimento destes planos e sistemas deve ser feito dentro da indústria, levando assim a uma competição entre os diferentes órgãos;

- c) Outras ações estão sendo conduzidas por associações de fabricantes, que representam diversos setores fornecedores da indústria da construção. Por exemplo, a "British Steel Construction Associaton" tem desenvolvido planos para projeto, fabricação e montagem de estruturas de aço; e
- d) No setor de construção habitacional, a "BSI Quality Assessment Division" elaborou um documento intitulado "Quality Assessment Guide for Housebuilders", registrando firmas em concordância com a BS 5750. Outras instituições têm desenvolvido sistemas próprios e consideram a certificação pela BS 5750 como uma possibilidade opcional no futuro.

Assim como na Inglaterra, na França também emprega-se a abordagem formal de garantia da qualidade. Nesse país existe um plano de certificação denominado "3AQ", o qual é aberto aos construtores, mas não é especificamente elaborado para os mesmos (20,35).

Nos Estados Unidos, por sua vez, observa-se o seguinte panorama (35):

- a) A "American Society of Civil Engineers (ASCE)" produziu o documento "Quality in the constructed project", que dá diretrizes para implementar o controle de qualidade na fases de projeto e execução;
- b) As firmas de grande porte têm em geral seus próprios sistemas de garantia da qualidade, alguns baseados nos requerimentos do "United States Army Corps of Engineers";
- c) Firms de projeto, de uma forma geral, tendem a oferecer uma relativa resistência a sistemas de certificação externa, por não quererem a presença de outras empresas revisando sua organização e trabalho; e
- d) Firms construtoras de pequeno porte, quando obrigadas contratualmente a apresentar planos de qualidade, como no caso de obras do exército dos

Estados Unidos, cobram uma margem adicional de 10% do custo da construção, pelo gasto que isto representa para sua organização.

Na Noruega, destaca-se o trabalho realizado pelo "Norwegian Building Research Institute", que tem desenvolvido sistemas de garantia da qualidade através de um trabalho cooperativo com construtores e associações de fabricantes. A abordagem dada neste trabalho é baseada em diretrizes da norma ISO 9004, referente à gestão da qualidade interna nas empresas⁽²⁰⁾.

Cabe aqui, fazer uma distinção entre diferentes termos que vem sendo empregados na literatura sobre qualidade na construção, tais como gerenciamento total da qualidade ("total quality management") e gerenciamento da qualidade ("quality management").

O gerenciamento total da qualidade ("total quality management") refere-se a uma abordagem informal da qualidade, assemelhando-se a propostas como a do TQC (Japão), na qual existe uma ênfase crescente no fator humano⁽⁷⁾.

O gerenciamento da qualidade ("quality management"), tem o mesmo significado da garantia da qualidade, mas no sentido informal e mais a nível interno das empresas, tal como no caso da Noruega.

Embora existam estas diferenças, é comum encontrar autores que usam os termos acima em diversos sentidos, sem precisar o real significado do termo que estão usando. Em geral, a expressão mais freqüentemente usada é garantia da qualidade.

Por outro lado, deve-se salientar que nenhum destes conceitos tem o mesmo significado que o TQC, mas são de certa forma complementares a este. A diferença está em que o TQC engloba objetivos que estão além de uma estrita garantia da qualidade. São eles a melhoria contínua e a participação de todos na gerência dos processos.

Pode-se, então, afirmar que num determinado processo é possível obter-se a garantia da qualidade sem o TQC, mas a qualidade no TQC não será obtida sem a garantia da qualidade.

2.4.2. A garantia da qualidade no processo produtivo

A garantia da qualidade, requer cinco ações quanto à qualidade⁽²²⁾:

- a) Definí-la, o que implica em especificações;
- b) Produzi-la, o que requer procedimentos;
- c) Comprová-la, o que implica no controle de produção;
- d) Demonstrar-la, o que implica no controle de recepção;
- e
- e) Documentá-la, o que significa uma documentação e arquivo do efetuado.

Para a condução destas ações é necessário o estabelecimento dos seguintes elementos^(36,22):

- a) Sistema de garantia da qualidade: é a estrutura organizacional, responsabilidades, procedimentos, processos e recursos para a implementação da garantia da qualidade, devendo cobrir a administração da empresa e a execução de tarefas, não estando limitado somente a itens que têm influência direta na qualidade.
- b) Manual de Qualidade: vem a ser a descrição do sistema de garantia da qualidade, servindo também como referência para a implementação e manutenção deste sistema. Ele pode-se ter vários níveis, cobrindo a empresa ou setores desta, sendo seu objetivo descrever como a empresa funciona e se organiza.
- c) Plano de Qualidade: é o documento onde se descreve a aplicação do manual de qualidade a uma obra particular, contendo as medidas da garantia da qualidade a serem tomadas no projeto.

As ações anteriormente citadas devem ser implementadas nas diversas fases do processo de produção de edificações, as quais estão indicadas na Figura 2.4 juntamente com seus participantes. Cada participante do processo deve ter seu próprio plano de qualidade.

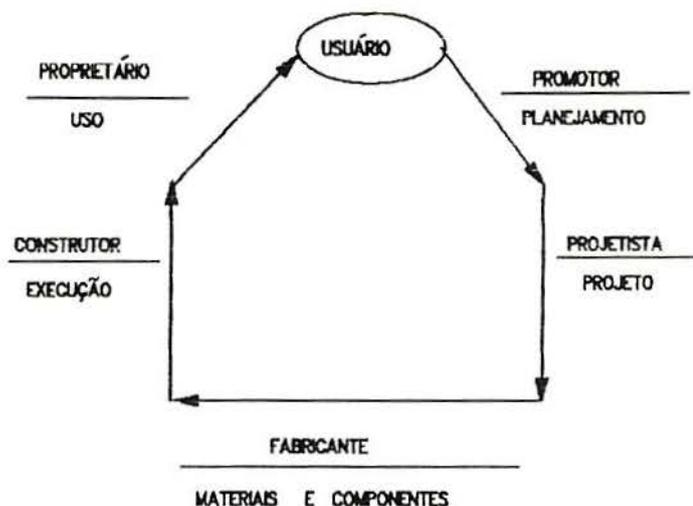


Figura 2.4 - Fases do processo construtivo. (23)

Esta multiplicidade de planos deve levar a uma interação entre os participantes até estabelecer um equilíbrio adequado entre estes, o qual depende de fatores como o porte do empreendimento, complexidade deste, economia, tecnologia empregada, etc.

Os objetivos de um plano de qualidade no processo produtivo de edificações são indicados de forma geral na Figura 2.5, onde o processo está dividido em oito etapas.

FASE	ATIVIDADE	OBJETIVO	CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE
A	Identificação de necessidades	Considerar a qualidade	É a construção a melhor solução às necessidades?
B C	Planejamento Anteprojeto	Definir a qualidade	Requisitos de desempenho
D	Projeto	Especificar a qualidade	Soluções técnicas
E	Planificação da execução	Decidir e oferecer a qualidade	Bases para licitação ou oferecer propostas
F	Execução	Produzir e controlar a qualidade	Planejamento e execução da obra
G	Entrega	Comprovar a qualidade	Qualidade da construção e documentação
H	Uso	Conservar a qualidade	Manutenção e inspeções periódicas

Figura 2.5 - Objetivos do plano de qualidade nas fases do processo produtivo. (22)

2.4.3. Medidas de garantia da qualidade

Um plano de qualidade, conforme definido no item 2.4.2, deve conter um conjunto de medidas de garantia da qualidade, que permitam a obtenção da qualidade e demonstrar que esta foi alcançada.

Na Figura 2.6, apresentam-se alguns exemplo de medidas de garantia da qualidade, indicadas por García⁽²²⁾ para as fases de execução, projeto e uso. Pode-se observar a diferente participação e o nível de responsabilidade dos diferentes intervenientes na condução de tais medidas.

MEDIDA	PARTICIPANTES				
	D	P	C	M	U
<u>PROJETO</u>					
- Listagem de autoridades a consultar		*			
- Estabelecimento de reuniões de coordenação entre projetistas	+	*	+	+	+
- Consideração das condições climáticas durante a construção e uso		*	+		
- Seleção de materiais e definição de seus requisitos de qualidade		*	+	+	
- Documentação dos cálculos		*			
- Revisão das plantas e dos cálculos		*			
<u>EXECUÇÃO</u>					
- Documentação das responsabilidades		*	+	+	
- Estabelecimento de reuniões de coordenação	+	*	*	+	
- Definição de requisitos de qualidade de materiais não especificados no projeto			*	+	
- Definição de serviços a sub-contratar			*		
- Elaboração do plano de controle para a execução	+	*	+		
- Preparação de plantas "as-built"		*	+		
- Comprovação final e arquivamento de documentos		*	+	+	
<u>USO</u>					
- Supervisão do pessoal de serviço		*			+
- Documentação de modificações	+				*
- Aplicação do manual de uso	+				*
- Inspeção periódica do edifício e de riscos		*			+
<u>LEGENDA</u>					
D= proprietário		M = fabricante de materiais ou sub-empregado			
P= projetista		U = usuário			
C= construtor					
* significa responsabilidade de realizar a ação					
+ indica que o participante será consultado ou informado da ação					

Figura 2.6 - Medidas de garantia da qualidade nas fases de projeto, execução e uso.⁽²²⁾

2.4.4. Uso das normas ISO 9000

As série de normas ISO 9000, relativas à gestão e garantia da qualidade, são de uso geral, para diferentes tipos de indústrias, tendo, resumidamente o seguinte conteúdo⁽³⁶⁾:

- a) ISO 9000: estabelece diferenças e inter-relações entre os principais conceitos de qualidade, e dá diretrizes para a seleção e uso de uma série de normas, as quais podem ser utilizadas para gestão da qualidade interna (ISO 9004) ou para garantia da qualidade externa (ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003);
- b) ISO 9001: usada quando a conformidade com requisitos especificados tiver que ser garantida pelo fornecedor durante vários estágios, como projeto/desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica;
- c) ISO 9002: usada quando a conformidade com requisitos especificados tiver que ser garantida pelo fornecedor durante a produção e instalação;
- d) ISO 9003: usada quando a conformidade com requisitos especificados tiver que ser garantida somente na inspeção e ensaios finais; e
- e) ISO 9004: dá um conjunto básico de elementos, através dos quais sistemas de gestão da qualidade podem ser desenvolvidos e implementados.

Dentro da construção, as normas ISO 9001 a 9003 podem ser usadas para fins contratuais entre os diversos participantes do processo. Na Figura 2.7, são indicadas quais as normas que podem ser satisfeitas, em diferente situações.

Estas normas podem ser usadas para relações contratuais entre cliente e empresa contratada. Entretanto, isto não exclui a possibilidade de que a empresa contratada tenha seus próprios requerimentos internos de garantia da qualidade, os quais podem ser baseados na norma ISO 9004. Esta norma descreve os elementos básicos de um sistema para implementar a gestão da qualidade numa empresa.

USO DAS NORMAS ISO 9000	
- Arquitetos, engenheiros consultores	ISO 9001
- Empreendimentos do tipo "turnkey" *	ISO 9001
- Obras contratadas com base em projetos já elaborados	ISO 9002
- Empreendimentos pequenos, empreiteiros	ISO 9003
- Fornecimento de materiais (o tipo de produtos determina possíveis requerimentos adicionais ou uso de 9001-02)	ISO 9003
* Os empreendimentos denominados como "turnkey" são aqueles em que o contrato destes compreende a concepção, execução, e montagem dos equipamentos necessários para a operação da edificação, sendo esta entregue ao proprietário para seu uso imediato.	

Figura 2.7 - Uso da série de normas ISO 9000. (30)

2.4.5. Tendências da garantia da qualidade

A garantia da qualidade, tanto em abordagens formais como informais, vem sendo implementada em países desenvolvidos há algum tempo. Embora a sua implementação tenha um caráter incipiente em vários destes, pode-se destacar algumas avaliações e conclusões importantes.

As primeiras implementações de sistemas de garantia da qualidade realizadas na Inglaterra (1982) no setor habitacional, resultaram em recomendações, as quais incluíam listas de verificação para projetistas e construtores, para serem seguidas em implantações futuras como por exemplo, as indicadas por Hall e Fletcher⁽²⁹⁾:

- a) As melhorias são necessárias em todas as etapas do processo construtivo, dando ênfase ao projeto e execução;
- b) O acesso do projetista às informações deve ser melhorado, no que tange a produtos, tecnologia construtiva, aspectos relativos à construtividade, e a capacidade do staff da obra;
- c) Há uma clara necessidade de melhorar as informações nas plantas e especificações;

- d) É necessário melhorar a supervisão nos canteiros, para que os empregados entendam o que pretende o projetista e evitar a repetição de erros; e
- e) Deve-se dar ênfase à motivação voltada à qualidade.

Com base em resultados de estudos mais recentes, Grover⁽²⁸⁾ discute alguns fatores que têm impedido o avanço mais decidido da implementação de sistemas de garantia da qualidade. São eles:

- a) Os sistemas de garantia da qualidade deveriam ser fáceis de implantar, com custos reduzidos, tanto em empresas de pequeno e médio porte quanto nas empresas de grande porte;
- b) Os sistemas de garantia de qualidade devem mostrar-se comercialmente viáveis. O custo da qualidade é tido como o custo dos defeitos. No entanto, ainda deve ser estabelecida a relação entre um dado nível de garantia da qualidade e o seu resultado expresso em termos de defeitos prevenidos; e
- c) O cliente precisa ter um papel mais ativo na obtenção da qualidade. Ele é parte indispensável da cadeia de conformidade, sem a qual a qualidade não pode se conseguida.

Por sua vez, a comissão W88 do CIB ("International Council for Building Research, Studies and Documentation"), relativa à garantia da qualidade, estabeleceu algumas diretrizes para trabalhos futuros, entre as quais destacam-se⁽³⁵⁾:

- a) O controle do projeto deve ser mais objetivo que subjetivo, uma vez que a base da prática da garantia da qualidade é a medição conforme os objetivos das normas;
- b) O desenvolvimento de estudos de caso que convençam aos clientes e companhias de seguros que a garantia da qualidade é eficaz na redução de problemas e custos;

- c) A experiência na Inglaterra tem demonstrado que a série de normas ISO 9000 necessita ser ampliada de forma a ser mais adaptável à indústria da construção. Neste caso, é importante considerar se esta ampliação será de interesse internacional, se terá o status de norma e a forma como tal ampliação deve ser desenvolvida;
- c) Deve-se monitorar aplicações experimentais de garantia da qualidade na fase de execução para avaliar o sucesso em obter qualidade e motivar a mão-de-obra; e
- d) O trabalho para desenvolver planos de garantia da qualidade envolvendo grupos de empresas de construção em cooperação com associações de fabricantes pode levar a bons resultados.

Barrett⁽⁵⁾ afirma que, apesar de existir uma estrutura de certificação independente estabelecida na Inglaterra, menos de 40 firmas entre 10.000 que atuam em projeto e consultoria na indústria da construção daquele país, obtiveram uma certificação formal. O mesmo autor chama atenção para a necessidade de adequar os sistemas de certificação às necessidades das empresas sob pena de que a garantia da qualidade perca o interesse que tem suscitado.

Pelo que foi exposto até agora, a garantia da qualidade requer uma série de medidas tanto dentro das empresas, como também a nível de associações e órgãos governamentais. As abordagens adotadas diferem de país a país, sendo que alguns autores como Barrett⁽⁵⁾ e Hansen e Sjøholt⁽³⁰⁾ consideram a abordagem informal como a mais adequada.

Atualmente, a principal aplicação da garantia da qualidade é ainda na fabricação de insumos, onde, nos países desenvolvidos, tem-se chegado a desempenhos bastante satisfatórios. No entanto, tem surgido um crescente interesse nas etapas de projeto e execução, devido, em parte, à observação de que a maioria das falhas das edificações têm sua origem nestas fases, conforme pode ser apreciado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Origem de falhas nas edificações (em %). (23)

	Bélgica	Reino Unido	R.F. Alem.	Dinamarca	Roménia	Espanha	Média
Projeto	46 a 49	49	37	36	37	41	40-45
Execução	22	29	30	22	19	31	25-30
Materiais	15	11	14	25	22	13	15-20
Uso	8 a 9	10	11	9	11	11	10
Causas naturais imprevisíveis						4	

2.4.6. A garantia da qualidade no contexto nacional

Embora os conceitos descritos nos itens anteriores sejam aplicáveis à indústria da construção em geral, as experiências de países desenvolvidos devem apenas servir de base para adaptá-los à realidade de países sub-desenvolvidos.

A seguir, apresenta-se uma análise da atuação dos principais participantes do processo de construção no Brasil, no que se refere a fatores observados que dificultam a adoção de sistemas de garantia da qualidade.

- a) Usuário: dado o grande déficit habitacional, o usuário, especialmente o de baixa renda, não está acostumado a exigir qualidade, avaliando o produto principalmente em termos de seu custo, e também com base em critérios particulares, em geral de caráter estético. O usuário, via de regra, adquire o bem sem saber o que pode exigir e o papel que deve cumprir quanto ao uso e manutenção do produto.
- b) Projetista: existe, em muitos casos, a falta de preocupação no acompanhamento do desempenho do produto, que permita um "feed-back" para melhorar a qualidade de futuros projetos.

Com frequência, os projetos são elaborados sem suficiente detalhamento e especificações, deixando que as decisões sejam tomadas no canteiro. Esta deficiência deve-se, em parte, à postura do cliente, que não percebe a importância de contar com um projeto devidamente detalhado.

Os prazos de elaboração dos projetos em geral são curtos, o que não permite uma avaliação crítica destes, e muito menos o controle adequado desta etapa.

- c) Construtor: existe um grande número de firmas de pequeno porte, sem estrutura organizacional adequada para implementar sistemas de garantia da qualidade. Normalmente, é dada maior atenção a aspectos como prazo e custo, em detrimento da qualidade.

Embora muitos deles saibam que a qualidade resultante está abaixo do desejado, não são efetuadas medidas corretivas quando se apresentam defeitos, fato este agravado pela falta de critérios de controle nos diferentes serviços.

O uso de uma grande diversidade de materiais, aliado ao intenso emprego de mão-de-obra sub-empregada em determinados serviços, dificulta o estabelecimento de sistemas de controle eficazes.

A inspeção, quando existe, preocupa-se mais com o avanço físico da obra, enquanto a qualidade é avaliada por checagens visuais e alguma documentação limitada.

- d) Fabricante de materiais: como não existe uma normalização adequada, existem produtos que são produzidos com base em normas estrangeiras ou em critérios próprios. No caso dos materiais artesanais encontra-se muita variação nas características dos produtos.

Os produtos são oferecidos sem suficiente informação quanto a características físicas, de manuseio, estocagem, aplicação e uso, dificultando o trabalho do projetista que os especifica, e do construtor que os utiliza.

Nos países desenvolvidos, a competição nos mercados, tanto internos como externos, tem contribuído fortemente para a adoção de sistemas de garantia da qualidade. Na nossa

realidade, pode-se observar que apenas recentemente passou-se a dar uma maior importância à qualidade como fator de competitividade entre as empresas.

Como a construção é um setor fortemente dependente do governo, cabe a este o importante papel de estimular o desenvolvimento de programas que visem a melhorar o desempenho do setor em termos de qualidade, em colaboração com instituições de pesquisa, empresas e associações de fabricantes.

O recente Código de Defesa do Consumidor preenche de certa forma a falta de atuação do usuário. Este fato, por si só, pode não ser suficiente na medida que os demais intervenientes mantenham uma atitude defensiva em relação ao desenvolvimento da qualidade. Em outras palavras, tanto projetistas, como fabricantes e construtores preocupam-se em cumprir com as exigências do usuário, mas ainda não é observada uma preocupação geral em implementar sistemas de gestão da qualidade que não só permitam que esta seja obtida, mas também continuamente melhorada.

O conjunto de normas para a construção civil é ainda bastante limitado, existindo a necessidade de preencher lacunas importantes. Isto daria um importante suporte à implementação de sistemas de garantia da qualidade. Neste sentido, o sistema de normalização pode promover o estabelecimento de selos de conformidade para os principais materiais usados na construção e critérios para o controle de projetos e execução de obras.

Enfim, a nível geral, pode-se fazer as seguintes recomendações para estimular o desenvolvimento da qualidade no país:

- a) Estabelecer iniciativas setoriais para planejar e promover a garantia da qualidade;
- b) Planejar campanhas gerais que transmitam aos participantes do processo produtivo as vantagens de melhorar a qualidade; e
- c) Desenvolver programas de cooperação entre associações de empresas e entre estas e associações de fabricantes de produtos.

CAPÍTULO 3

A GERÊNCIA NA FASE DE EXECUÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo faz-se uma caracterização da fase de execução no que se refere à forma como os conceitos descritos nos capítulos anteriores podem ser aplicados, são indicados os principais fatores a serem considerados na gestão da qualidade, alguns dos quais são discutidos na proposta apresentada no Capítulo 4.

3.2. A EXECUÇÃO DE SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO

A execução é a fase onde são conjugados os recursos humanos, materiais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros, com o objetivo de concretizar fisicamente o projeto. Pode ser dividida em duas etapas: planejamento e execução propriamente dita.

Esta etapa pressupõe dois pré-requisitos necessários para seu desenvolvimento: o projeto e a fabricação de materiais e componentes.

Estas fases prévias devem ser controladas conforme o sistema de garantia de qualidade da empresa. Algumas diretrizes para este controle foram propostas por García^(22,23), Stukhart⁽⁴⁹⁾, e na própria série de normas ISO 9000⁽³⁶⁾, entre outros.

O projeto compreende: a apresentação gráfica (plantas) e a apresentação escrita (discriminações técnicas). A respeito destas, Faillace⁽¹⁸⁾ indica que as plantas devem conter, numa

adequada organização e simbologia, informações claras do projeto com suficientes detalhes que permitam uma correta interpretação e execução da obra, tomando como guia as normas técnicas existentes ao respeito. O mesmo autor afirma que as discriminações técnicas devem conter a descrição dos materiais e componentes, indicar os locais onde estes serão aplicados e técnicas exigidas para seu emprego.

Schmitt⁽⁴⁷⁾ aponta a existência de três tipos comuns de problemas que devem ser evitados com relação ao projeto: incompatibilidade entre os diferentes projetos (arquitetônico, estrutural, instalações, etc.), falta de detalhes gráficos e a incorreta interpretação da representação gráfica utilizada.

Por outro lado, as discriminações técnicas, tais como definidas, aparecem como uma forma restrita de visualizar o processo de execução. Sua relevância parece ser maior em situações contratuais, como instrumento de fiscalização por parte do contratante.

Já na execução, dentro do contexto de novas filosofias de qualidade, onde se procura melhorar gradualmente o processo produtivo, as informações dadas nas discriminações técnicas devem ser repassadas para documentações mais flexíveis, que incorporem a forma particular em que as empresas conduzem seus processos de produção, e permitam acompanhar as melhorias desenvolvidas.

Quanto aos materiais e componentes, o cumprimento dos requisitos técnicos do projeto deverá ser garantido através de operações de compra e recebimento destes no canteiro. Na compra deverá ser especificado:

- a) Tipos, classes e requisitos de desempenho especificados nas discriminações técnicas;
- b) Quantidades necessárias para a execução, com a devida programação de compra e fornecimento ao canteiro; e
- c) Requisitos a exigir no recebimento dos materiais e componentes.

3.3. A GERÊNCIA NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

A gerência nesta fase, pode ser definida a partir das seguintes funções: planejar, organizar, alocar recursos, dirigir e controlar.

A implementação destas funções num empreendimento deve atender os objetivos definidos da qualidade e produtividade, quanto a materiais, procedimentos e produtos.

Dentro da política da qualidade de uma empresa, deve existir ainda um objetivo maior do que conseguir os níveis de qualidade e produtividade desejados num determinado empreendimento. Este objetivo consiste em que a empresa alcance o domínio tecnológico dos processos de produção.

Ter domínio tecnológico dos processos é definido por Campos⁽¹³⁾ como:

- a) A capacidade de implementar sistemas (inclui especificar e projetar produtos e processos);
- b) Assegurar que o que está sendo executado pelas pessoas corresponde ao que está registrado no sistema;
- c) Assegurar os objetivos de qualidade, custo e prazo;
e
- d) A capacidade de analisar o sistema para garantir o atendimento dos objetivos.

O planejamento da execução é a etapa em que se faz a programação dos serviços no tempo e se alocam recursos humanos e materiais. Uma das técnicas empregadas para este fim é o PERT/CPM. Alguns autores, como Heineck⁽³¹⁾, Arditi⁽¹⁾ e Melles, Robers e Wamelink⁽⁴¹⁾, entre outros, indicam que esta técnica apresenta uma série de limitações, entre as quais destacam-se:

- a) A complexidade de sua formulação e dificuldade na sua atualização, o que requer a intensa atuação de pessoas qualificadas para aplicar a técnica;
- b) A dificuldade de ter um controle total da produção, pela presença de sub-empregados; e

- c) A separação da execução de serviços de diferente natureza, assumida no PERT/CPM, não existe na maioria das atividades nos canteiros, existindo uma tendência de sobreposição entre as mesmas.

Em função destas limitações, o PERT/CPM não permite ter a flexibilidade necessária para gerenciar a produção, especialmente em obras de pequeno porte, levando em conta o fato de que o gerenciamento é focado através das atividades nas quais é dividida a execução.

A aplicação do PERT/CPM no planejamento está dirigida principalmente a minimizar a duração dos empreendimentos, e não é capaz de resolver todos os problemas de custos, prazos e qualidade nos projetos, fato este que talvez não tenha sido percebido pelos que inicialmente empregaram esta técnica^(41,42).

No processo de planejamento, além de se definir a programação, conforme tem sido a prática usual, deve-se também dar ênfase ao planejamento do controle dos serviços. Para isto, a existência de um sistema de garantia da qualidade deve conduzir a ações no sentido de elaborar o plano de garantia da qualidade e o plano de controle. No seguinte item, isto é discutido de forma mais detalhada.

3.4. O SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE E A EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

3.4.1. O sistema de garantia da qualidade

O sistema de garantia de qualidade numa empresa pode ser dividido em um sistema geral para toda a empresa, e em sistemas setoriais, de acordo com as principais áreas de atuação desta. De uma forma geral, para cada sistema ou parte destes deverá existir, segundo o que foi definido no item 2.4.2:

- a) A estrutura organizacional;
- b) As funções das pessoas,
- c) As responsabilidades de cada uma delas;

- d) A forma de circular a informação;
- e) A descrição dos procedimentos; e
- f) Os recursos necessários.

A seguir, indica-se em forma resumida, como estes sistemas anteriores poderiam ser sub-divididos, a título de exemplo. Esta sub-divisão é feita com base em diversos autores como Umeda⁽⁵¹⁾, e Hansen e Sjøholt⁽³⁰⁾. Entretanto deve-se observar que não existe uniformidade a este respeito entre os mesmos.

a) Sistema de garantia da qualidade da empresa

- Organização geral da empresa;
- Contratação de Obras;
- Concepção e projeto;
- Orçamentos;
- Adquisição de materiais e equipamentos;
- Planejamento e execução de obras;
- Marketing;
- Vendas; e
- Manutenção.

b) Sub-sistema de planejamento e execução de obras

- Organização da obra;
- Programação de obras e controle do avanço físico;
- Execução de serviços;
- Controle de qualidade e produtividade;
- Sub-contratação;
- Controle de estoques de materiais;
- Manutenção de equipamentos; e
- Recursos humanos;

A aplicação de um sistema de garantia da qualidade num empreendimento constitui-se no que foi definido em 2.4.2 como plano de qualidade, tendo entre seus principais elementos o plano de garantia da qualidade e o plano de controle, os quais serão descritos nos itens seguintes.

A Figura 3.1 apresenta a forma como estão relacionados os conceitos anteriormente descritos. Nesta figura aparecem, por um lado, os sub-sistemas gerais da empresa (sistema de garantia de qualidade) e, por outro lado, a título de exemplo, os elementos do sub-sistema de planejamento e execução de obras (plano de qualidade). Entre estes elementos, observa-se o plano de garantia da qualidade e o plano de controle, aos quais é dado ênfase neste trabalho.

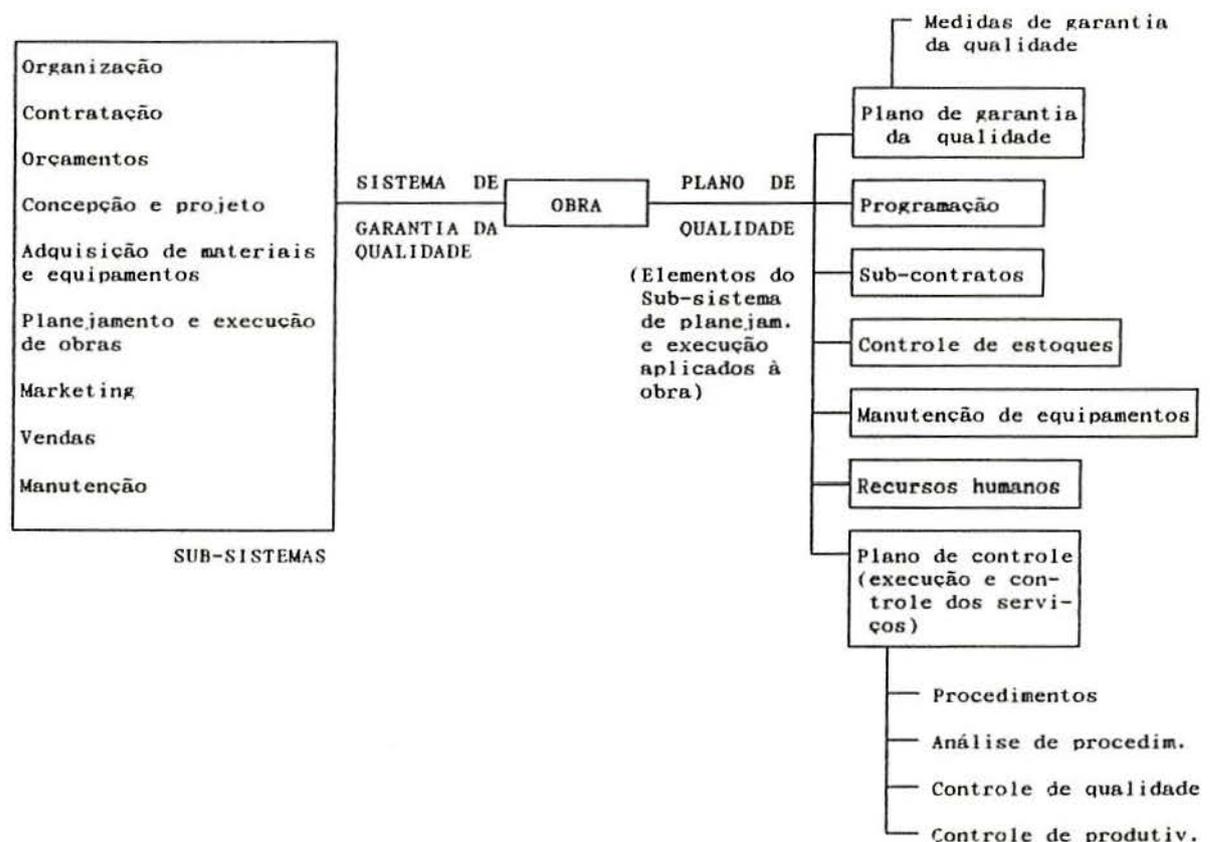


Figura 3.1 - Interação do sistema de qualidade e a fase de execução

Uma parte importante de um sistema é a estrutura organizacional. A partir desta pode-se indicar quais as principais funções que recaem nas pessoas que conduzem a fase do execução. Saldanha⁽⁴⁶⁾ propôs a seguinte divisão hierárquica de tarefas entre o gerente do empreendimento, o gerente do canteiro e o mestre de obras:

a) Gerente do empreendimento:

- Estudar a disponibilidade e qualificação da mão-de-obra e a disponibilidade e qualidade dos materiais e equipamentos;

- Negociar com os fornecedores as condições de compra, quanto à qualidade, custos e prazo de entrega dos materiais;
- Negociar com os sub-empregados a qualidade dos materiais a serem usados, custos e prazos de execução, assim como a forma de controle dos serviços a serem executados;
- Avaliar o desempenho do processo construtivo quanto à qualidade, visando à correção e melhoria dos procedimentos; e
- Relacionar-se com o cliente, transmitindo suas necessidades e exigências para o que está sendo executado no canteiro.

b) Gerente do canteiro:

- Definir o "lay-out" do canteiro, com o fluxo de materiais, equipamentos e pessoal;
- Definir as equipes de trabalho, organização destas e local de trabalho;
- Estabelecer as hierarquias dentro do canteiro (mestre, contramestre, encarregados, etc.);
- Definir a forma de contratação da mão-de-obra (bônus, tarefa, etc.), e a forma de implementá-la; e
- Monitorar o controle da qualidade, revisando os serviços e procedimentos empregados.

Mestre de obra:

- Organizar as equipes de trabalho, localização de ferramentas e equipamentos de segurança;
- Motivar o pessoal;
- Avaliar o pessoal quanto à sua capacidade de aprendizagem, relacionamento com os demais, assistência, qualidade e produtividade no trabalho; e
- Conhecer a correta execução dos serviços, para fiscalizar a qualidade e produtividade, e ensinar o pessoal.

Todas estas funções indicadas não são exclusivas de cada hierarquia, podendo as mesmas ser assumidas de forma individual ou coletiva.

3.4.2. Plano de garantia da qualidade

As medidas contidas neste plano podem ser de caráter geral ou específico e, quando implementadas, devem conduzir a um bom desempenho do processo produtivo. Por exemplo, uma medida geral como a revisão do projeto antes da execução permite levantar as incertezas, incompatibilidades, dificuldades tecnológicas para construir, as quais, se devidamente esclarecidas e definidas, evitarão falhas posteriores e interrupções durante a construção.

Alguns exemplos de medidas são indicados na Figura 2.6 (Cap. 2) e na Figura 3.2, onde estas são específicas para a fase de execução.

MEDIDA	PARTICIPANTES				
	D	P	C	M	U
- Listagem das autoridades a consultar	+	*	+		
- Documentação de responsabilidades		*	+	+	
- Consideração do nível de qualificação dos participantes	+	*	*	+	
- Consideração dos parâmetros que influem na execução confiável de uma tarefa.		+	*	+	
- Estabelecimento de reuniões de coordenação	+	*	*	+	
- Revisão geral do projeto		+	*	+	
- Definição dos requisitos de qualidade de materiais não especificados no projeto				*	+
- Revisão de dados do projeto relativos ao terreno		+	*		
- Definição de serviços a sub-contratar				*	
- Descrição de requisitos de garantia da qualidade para fornecedores e sub-empregados				*	
- Identificação dos principais riscos existentes no processo de execução		+	*		
- Preparação de medidas contingenciais para responder rapidamente aos imprevistos		+	*		
- Documentação de materiais e componentes		+	*		
- Preparação do plano de controle para a execução		+	*	+	
- Preparação de plantas "as-built"		*	+		
- Documentação dos resultados do controle		*	+		
- Documentação de modificações		*	+		
- Preparação do manual de uso		*	+	+	+
- Comprovação final da documentação e arquivo de documentos		*	+	+	
LEGENDA					
D= proprietário		M = fabricante de materiais ou			
P= projetista		sub-empregado			
C= construtor		U = usuário			
* significa responsabilidade de realizar a ação					
+ indica que o participante serão consultado ou informado da ação					

Figura 3.2 - Medidas de garantia da qualidade na fase de execução. (22)

Quanto à fase de execução, pode-se indicar que medidas como a documentação de responsabilidades, identificação de riscos ou a documentação de modificações, provavelmente não são conduzidas num grande número de empresas. Da mesma forma, algumas decisões que deveriam ser tomadas ao longo do projeto e do planejamento, como a definição de requisitos para os materiais ou a definição de serviços a sub-contratar, normalmente são deixadas para a fase de execução propriamente dita.

Embora não seja fácil implementar todas as medidas indicadas na Figura 3.2, o fato de considerar algumas delas pode eliminar a curto prazo algumas incertezas próprias do canteiro, melhorando o desempenho do processo construtivo. Para isto, é necessário que os participantes indicados estejam cientes das suas responsabilidades.

3.4.3. Plano de controle

O plano de controle é, em linhas gerais, a proposta apresentada no Capítulo 4, compreendendo o desenvolvimento sistemático de ações técnicas, assim como as ferramentas e os processos visando a cumprir os requisitos definidos de qualidade e produtividade. Este plano engloba desde uma análise inicial do empreendimento até a implantação do controle, por meio da análise de processos, padronização, controle de qualidade e produtividade, etc. Esta proposta não restringe o controle sob o enfoque de fiscalização, mas assume o mesmo como um processo evolutivo associado ao ciclo PDCA.

3.5. O CONTROLE DE QUALIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

Na fase de execução pode-se identificar como objetos de controle os materiais e componentes recebidos na obra, os procedimentos construtivos e os produtos terminados.

Com relação aos materiais e componentes em geral, existem normas técnicas onde estão contidas as especificações e os métodos de ensaio, que permitem avaliar se estes cumprem os requisitos de qualidade especificados no projeto. Cabe

salientar que muitos produtos usados na construção não estão adequadamente normalizados.

Um controle deste tipo pode ser executado por iniciativas das próprias empresas, quando a importância e envergadura de um empreendimento justifique o custo que este demanda. Entretanto, as empresas de médio e pequeno porte não trabalham em uma escala de operação que torne viável a implementação de alguns destes controles. Uma forma de superar isto, a médio e longo prazo, é o estabelecimento da certificação de conformidade para materiais e componentes da construção.

Quanto ao controle de procedimentos construtivos e produtos terminados, existe uma deficiência ainda mais acentuada em relação à disponibilidade de normas técnicas que definam especificações e padrões para estes. Por exemplo, não existem padrões para a textura ou cor do acabamento superficial de uma parede de concreto aparente, ou qual o estado de superfície da madeira a ser usada em formas.

Para o controle nesta fase é necessário estabelecer os itens de controle e os padrões requeridos para estes. Para cada item de controle devem ser definidas as seguintes informações:

- a) Como medi-lo (forma) e o ponto do processo onde se faz o controle;
- b) Quais os valores especificados, atributos e tolerâncias para a aceitação;
- c) Quem faz o controle e a frequência deste; e
- d) Quais os ajustes ou correções em caso de desconformidades.

Sendo assim, tanto o controle do processo como a inspeção final devem ser realizados através de variáveis e atributos pré-estabelecidos. Por exemplo, a espessura das juntas num muro de alvenaria é uma variável, enquanto, a aparência externa deste quando não revestido é um atributo.

A ferramenta básica para este tipo de controle é a lista de verificação, que dá uma maior organização ao controle, onde, em muitos casos, pela inexistência de padrões adequados,

tem-se uma tendência a não rejeitar os produtos que são produzidos, existindo sempre a possibilidade de fazer ajustes durante o processo.

O controle deve ser exercido por uma pessoa experiente que domine suficientemente os critérios técnicos, para decidir quanto a aceitação ou rejeição, dado que, em algumas situações, os padrões podem não ser suficientes na avaliação de um processo ou produto. Isto é notado no caso de controle por atributos, que em geral, tem uma base subjetiva para a tomada de decisão⁽¹⁵⁾.

Dadas as características de execução de alguns serviços de difícil controle, assim como o grau de responsabilidade envolvido, pode ser conveniente um acompanhamento contínuo destes, para assim evitar erros e defeitos. Por exemplo, no controle de adensamento do concreto, apesar de existirem padrões para seu controle, a única forma de garantir que o serviço está sendo executado corretamente nos locais e tempos necessários, é através do acompanhamento contínuo do processo.

3.6. A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

3.6.1. Produtividade dos materiais

No caso dos materiais, a obtenção da produtividade é baseada no controle quantitativo dos consumos destes e a medição do avanço físico do serviço, no período em estudo.

Os resultados assim obtidos podem ser comparados com valores históricos ou apresentados em revistas e publicações. Estes últimos devem ser utilizados somente como referência, já que entre eles observa-se muita variabilidade, e por não se ter informação acerca da forma como os mesmos foram obtidos.

A variabilidade encontrada no consumo de materiais, é explicada por vários fatores entre os quais a armazenagem, o transporte, as técnicas construtivas empregadas, as dimensões e as propriedades dos materiais. Por esta razão, ter padrões próprios de consumo de materiais deve ser uma preocupação das

empresas, já que estes refletem as características do seu método de trabalho.

Outra função importante dos padrões de consumo de materiais é o monitoramento de índices de desperdício de materiais e a identificação de suas causas. Este procedimento propicia condições para a redução dos desperdícios e, conseqüentemente, dos próprios custos.

3.6.2. Produtividade da mão-de-obra

O tempo total gasto pela mão-de-obra na execução de um serviço pode ser dividido em:

- a) Tempos produtivos: gastos em tarefas relacionadas à execução direta do serviço;
- b) Tempos auxiliares: gastos em tarefas não diretamente relacionadas à execução do serviço, mas essenciais para a conclusão deste; e
- c) Tempos improdutivos: gastos em tarefas ou ações não necessárias para a conclusão do serviço.

Existem diversas técnicas para a medição da produtividade na construção, tais como cronometria, filmagem "time-lapse", cartão de produção e amostragem do trabalho. Algumas destas como a cronometria e amostragem do trabalho medem separadamente os tempos indicados anteriormente, enquanto que no cartão de produção são medidos apenas os tempos totais. Em geral, estas técnicas são de aplicação relativamente complexa, não sendo fácil implementá-las em canteiros de obra comuns.

Os principais fatores que limitam a aplicação das técnicas de medição de produtividade são⁽³²⁾:

- a) As diferenças entre o ambiente do processo produtivo da construção e o da indústria geral, para o qual foram originalmente desenvolvidas tais técnicas;
- b) O custo que estas representam; e
- c) A necessidade de existir um certo nível de organização dentro do canteiro para sua aplicação.

Heineck⁽³²⁾ indica que a técnica do cartão de produção é a mais recomendável como um primeiro sistema de medição no canteiro. São usadas fichas por operário ou por tarefas, as quais são preenchidas pelo encarregado quando este percorre a obra, identificando as atividades em que cada operário está envolvido. Para isto, a obra deve estar claramente dividida em serviços ou unidades de produção.

Quando se analisa um número limitado de serviços específicos, a técnica de cartões de produção é adequada. Entretanto, o emprego extensivo desta técnica em todo o canteiro exige esforços bastante significativos.

O levantamento da produtividade da mão-de-obra é obviamente facilitado se for realizado com equipes de trabalho claramente definidas e que, dentro do possível, não sejam freqüentemente removidas do serviço em que estão alocadas.

Os valores de produtividade assim obtidos caracterizam as condições do sistema produtivo e podem ser usados para:

- a) Programação;
- b) Controle de custos;
- c) Estimativa de custos;
- d) Alocação de recursos;
- e) Verificações; e
- f) Pagamentos.

Entretanto, deve-se notar que existe muita variabilidade nos valores obtidos da produtividade da mão-de-obra, devido a que esta é influenciada por uma infinidade de fatores. Herbsman e Ellis⁽³³⁾ classificam estes em:

- a) Especificações do projeto;
- b) Propriedades dos materiais;
- c) Métodos e procedimentos construtivos;
- d) Fatores de equipamentos;
- e) Fatores laborais (sistemas de pagamento, treinamento); e
- f) Fatores sociais (relações entre empregados e entre estes com a empresa).

Base ao anterior, é necessário considerar as peculiaridades de cada canteiro ao se planejar levantamentos de produtividade da mão-de-obra.

3.7. O TQC E A FASE DE EXECUÇÃO

3.7.1. Condições favoráveis à adequação do TQC

Existem algumas condições próprias da etapa de execução, que podem ser consideradas como favoráveis à introdução de sistemas como o TQC. São elas:

- a) A constante mudança de condições físicas e a idéia de concretizar um projeto novo, notadamente visível, é um fator de motivação para as pessoas envolvidas no projeto;
- b) A pouca hierarquização existente nas empresas e nos canteiros permite que as informações cheguem rapidamente aos operários que executam as tarefas;
- c) O controle do ritmo de trabalho por parte dos operários e o desenvolvimento de tarefas em equipes, inerentes ao trabalho na construção, são fatores que tendem a afetar positivamente a motivação da mão de obra^(24,43).
- d) Pode-se aproveitar a possibilidade dos operários desenvolverem polivalência para diminuir a rotatividade dos mesmos; e
- e) A repetitividade e continuidade de processos, típico de tecnologias de construção industrializada, permite uma melhor aplicação de sistemas de gestão de qualidade, juntamente com técnicas específicas de administração da produção⁽²⁶⁾.

3.7.2. Dificuldades da adequação do TQC

Por outro lado, a indústria da construção apresenta uma série de características que dificultam a adequação do TQC. São elas:

- a) A contrário da indústria tradicional, à qual está dirigido o TQC, o produto final da construção passa por uma fase produtiva complexa e demorada, já que nela são empregados uma grande diversidade de produtos e matérias primas, as quais são agregadas, muitas vezes, de forma artesanal, sendo, às vezes, o operário quem define em última instância a qualidade do produto;
- b) As condições contratuais levam a priorizar em muitos casos os fatores de custo e prazo^(15,22). Isto, faz com que não se considere com a devida importância o desempenho interno dos processos, no controle dos quais baseia-se justamente o TQC;
- c) No TQC, o controle efetivo de um processo requer também o controle dos custos deste. Na construção, observa-se que não existe uma prática sistemática que permita conhecer os custos de produção por parte dos que conduzem o processo. Existe sim, a noção de que os custos devem ser reduzidos, mas para isto apela-se erradamente em muitos casos pela compra de materiais de baixa qualidade;
- d) A disseminação do que é entendido como cultura da qualidade vê-se dificultada ao nível da mão-de-obra, pela sua rotatividade, pelo baixo nível salarial e pelas as condições em que se desenvolvem as obras, no que se refere a aspectos como segurança e moradia. Nestas condições, a mão-de-obra não têm a suficiente motivação para se inserir em planos que visem a melhorar a qualidade e produtividade;
- e) Os mecanismos de contratação de alguns trabalhadores, baseados na produção, podem resultar num decréscimo na qualidade dos produtos. A motivação dada assim, exclusivamente por meio da remuneração, não é suficiente para que o trabalhador preocupe-se com a qualidade de seu trabalho; e
- f) A implantação do controle nos serviços exige uma certa constância de condições de produção, que é difícil de ser mantida na construção, devido

principalmente à rotatividade da mão-de-obra, à variabilidade dos materiais e componentes usados, e à troca de ambientes de trabalho.

3.7.3. Os serviços na fase de execução

O produto final da construção em geral tem um caráter único. Entretanto, dentro de cada projeto existem uma série de processos que podem ser considerados como repetitivos, e que são executados em diversos projetos, embora se modifiquem algumas condições de meio ambiente e materiais.

Tais processos repetitivos podem ser associados com o enfoque do TQC na gerência de processos. Embora existam limitações dadas pela variabilidade de condições, pode-se obter a rotinização dos processos ou serviços, o que corresponderia ao primeiro estágio no desenvolvimento da qualidade.

Na prática, ocorre uma mistura informal da rotina e melhorias, as quais não são implementadas de forma sistematizada. Freqüentemente um processo sofre melhorias sem, entretanto, haver padrões que permitam mantê-lo por falta de rotinização.

Neste ponto a rotinização dos serviços deve conduzir aos seguintes resultados:

- a) Padronização dos procedimentos construtivos;
- b) Padronização, na medida do possível, dos materiais empregados;
- c) Identificação de itens de controle;
- d) Estabelecimento de padrões de produtividade; e
- e) Padronização do controle da qualidade e produtividade.

A proposta apresentada no Capítulo 4, tem como base os parâmetros anteriormente indicados.

3.7.4. As ferramentas usadas no TQC

Na implantação da rotina nos processos, existe uma série de metodologias e ferramentas que podem ser aplicadas na gerência de processos na construção. São indicadas aqui, apenas algumas delas que poderiam ter uma aplicação mais imediata na execução de obras. São elas:

a) Controle estatístico dos processos:

O controle estatístico é largamente empregado na indústria tradicional em processos repetitivos. No caso da construção, características de produção similares podem ser encontradas na fabricação de materiais e componentes, onde este tipo de controle pode ser usado amplamente.

Já na fase de execução, conforme o indicado no item 3.5, o controle divide-se em controle do recebimento de materiais e componentes, controle de produção durante a execução e controle de produtos.

Quanto ao recebimento de materiais e componentes, o controle estatístico pode ser usado principalmente, quando se trate de elementos produzidos industrialmente.

No controle de processos e produtos, que é feito principalmente por listas de verificação, também pode ser usado o controle estatístico. Para isto, deve-se registrar aqueles produtos rejeitados, e que, logo após, dependendo da sua importância, poderiam ser objeto de uma análise estatística por atributos, ou variáveis se for o caso.

No caso de produtos como pré-moldados de concreto, painéis de madeira, esquadrias, os quais muitas vezes são produzidos no canteiro, o controle estatístico, pode ser aplicado, por exemplo, em itens como resistência do concreto, resistência de peças, estabilidade dimensional, etc.

Cabe salientar que o emprego do controle estatístico é justificado quando se tem um grande volume de produção, e uma constância de condições de produção quanto à mão-de-obra, materiais, equipamentos, procedimentos de execução e ambiente de trabalho. Sendo assim, a aplicação deste tipo de controle

parece ser mais apropriada em sistemas de construção industrializada, sendo de uso restrito em canteiros de obra comuns.

b) Metodologia de análise e solução de problemas

Esta metodologia envolve o emprego de ferramentas que permitem o levantamento de dados de forma sistemática, tais como histograma, diagramas de Pareto, diagramas causa-efeito, etc..

A implantação de tais metodologias pode ser dividida nos seguintes estágios⁽¹²⁾: identificação do problema, observação, análise, ação, verificação e padronização.

A metodologia tal como apresentada na literatura, não parece adaptar-se à execução de serviços, principalmente pela variabilidade e mudanças que existem no processo produtivo. Embora existam estas limitações, suas diretrizes podem ser úteis na gestão da qualidade e são consideradas na proposta apresentada no Capítulo 4.

Por outro lado, no TQC parte desta análise está baseada no funcionamento dos Círculos de Controle de Qualidade (CCQ). A respeito dos CCQ, Rosenfeld, Warszawski e Laufer⁽⁴⁵⁾, a partir de um estudo feito no Israel, sugerem três níveis para estes: para a alta gerência, intermediário ("staff" da obra), e operários.

Nesse mesmo estudo, sugere-se usar o nível intermediário, intervindo nele o gerente do projeto, o engenheiro de obra, o mestre e os contra-mestres. É apontado também que os CCQ a nível de operários não são recomendados numa primeira instância, na opinião de 25 altos gerentes de empresas construtoras que foram entrevistados. Estes indicam que os trabalhadores não têm a devida capacidade e/ou são relutantes para contribuir com processos deste tipo. Os autores do estudo, apontam a necessidade de determinar as causas deste particular ponto de vista.

c) Padrões técnicos, procedimentos operacionais e manuais de treinamento

Deve ser revisado o grau de aproveitamento que se pode ter deste tipo de documentação (padrões e manuais), em função das características das pessoas intervenientes na produção quanto a sua preparação e aos tipos de tarefas nas quais estão envolvidos.

Em geral, a mão-de-obra na construção tem demonstrado pouco interesse e reticência a usar este tipo de documentação. Este fato é observado inclusive a nível de mestres e encarregados de obra. Por esta razão, é necessário procurar mecanismos para motivar o uso deste tipo de documentação.

CAPÍTULO 4

DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS COM ÊNFASE NA QUALIDADE

4.1. PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS SERVIÇOS

Neste capítulo é proposta uma metodologia para o gerenciamento da execução de serviços, a qual baseia-se na rotinização destes através do ciclo PDCA. Alguns autores, como Umeda⁽⁵¹⁾ e Burati, Matthews e Kalidindi⁽⁸⁾, têm apontado a conveniência desta abordagem não só na execução de serviços, mas também nas outras fases do processo produtivo.

Na elaboração da metodologia, são adotadas algumas diretrizes do TQC no que se refere à gerência da rotina e à padronização, descritas por Campos^(12,13), sendo as mesmas analisadas e adaptadas às condições próprias da construção. Foram também consideradas diretrizes dadas por García^(22,23) a respeito de garantia da qualidade e controle da qualidade.

Ao mesmo tempo em que se elaborou a metodologia, foi desenvolvido um estudo de caso, o qual se encontra descrito no Capítulo 5. Por esta razão, alguns dos exemplos utilizados neste capítulo estão referidos ao estudo de caso. Neste estudo, foi acompanhada a construção de um conjunto habitacional, cujas unidades foram produzidas por meio de um sistema construtivo semi-industrializado.

Num primeiro estágio, após a revisão das diretrizes dadas pelos autores anteriormente mencionados, elaborou-se uma metodologia inicial, a qual foi sendo modificada em função das observações feitas no estudo de caso. Esta abordagem foi

facilitada pela característica de produção repetitiva observada no estudo de caso.

Portanto, embora a metodologia apresentada possa ser aplicada a serviços comuns dentro de sistemas construtivos tradicionais, esta será mais facilmente adaptada em processos de produção repetitivos.

A gerência dos serviços envolve diversos aspectos do empreendimento, tais como recursos humanos, manutenção, sub-contratação, etc., os quais foram discutidos no item 3.4.1. Num trabalho como o presente, é difícil abranger todos estes fatores. Por esta razão, optou-se por dar ênfase ao plano de garantia da qualidade e o plano de controle, sendo este conduzido pelo ciclo PDCA.

A metodologia proposta tem como objetivo principal alcançar a rotinização dos serviços, atingindo os objetivos indicados no item 3.7.3.

A metodologia é esquematicamente representada na Figura 4.1, podendo ser sub-dividida nas seguintes etapas:

- a) Análise do empreendimento;
- b) Planejamento do controle dos serviços; e
- c) Implantação do controle.

Embora a metodologia esteja restrita aos serviços, numa situação prática alguns aspectos gerais do empreendimento devem ser considerados na definição dos serviços a serem controlados, de forma a estabelecer parâmetros gerais para controlar o empreendimento como um todo. Tais parâmetros são relacionados com a eficiência global do processo.

Para que este trabalho não fique desligado do contexto geral de um empreendimento, no item 4.6 são indicados alguns parâmetros relacionados ao controle do empreendimento como um todo.

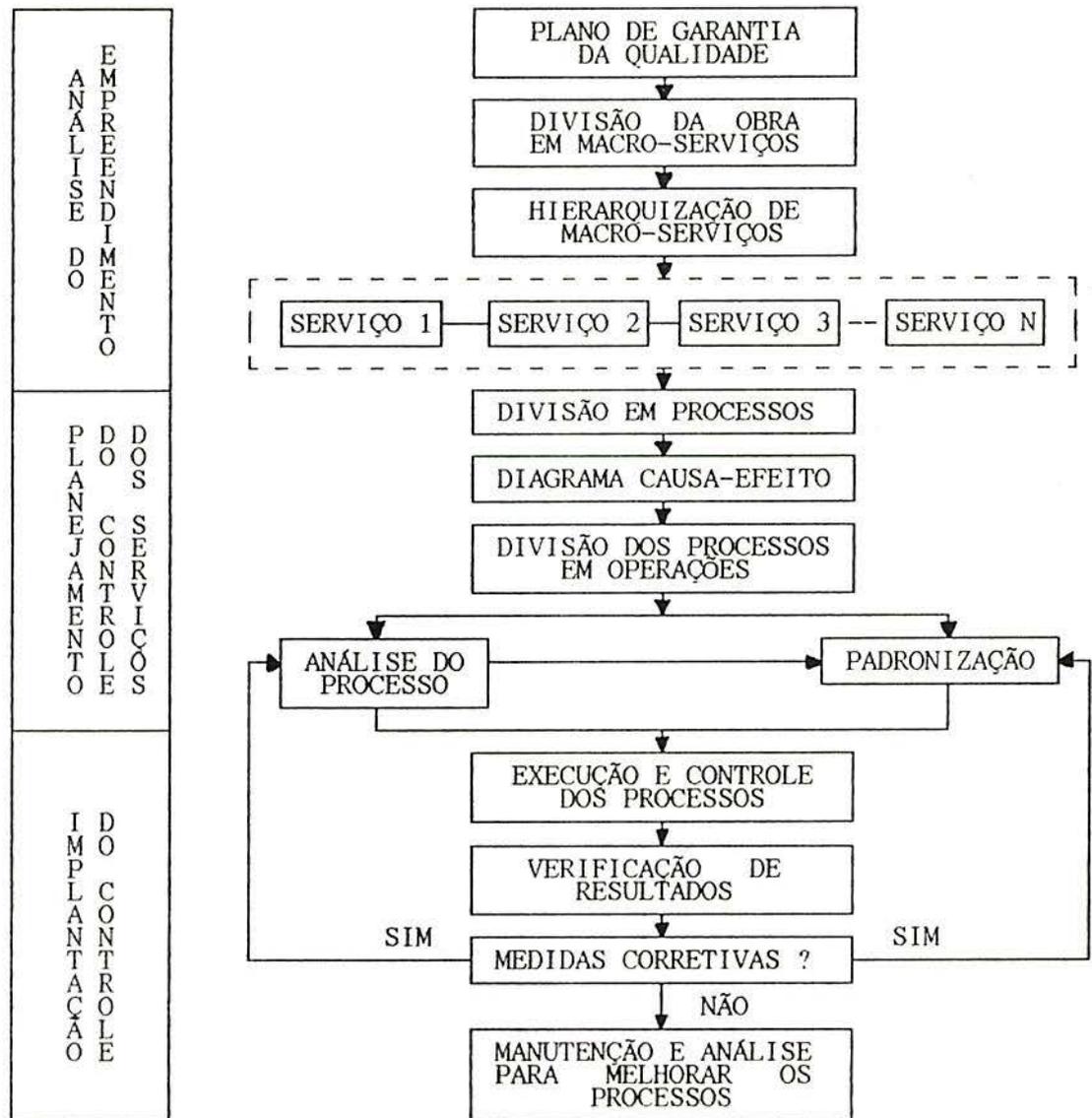


Figura 4.1 - Fluxograma para o gerenciamento dos serviços

4.2. ANÁLISE DO EMPREENDIMENTO

Esta etapa consta de:

- Elaboração de um plano de garantia da qualidade,
- Divisão da obra em macro-serviços; e
- Hierarquização dos serviços a serem gerenciados.

No plano de garantia da qualidade são descritas, em linhas gerais, as medidas de garantia da qualidade para o empreendimento. A Figura 3.2 (Cap. 3) pode constituir-se em uma referência para a elaboração destas, podendo ser acrescentadas

outras medidas em função das características próprias do empreendimento. Nota-se, naquela figura, que não só ao construtor cabe a responsabilidade das medidas, mas também a outros intervenientes.

A divisão da obra em macro-serviços é efetuada a partir dos grandes elementos funcionais da edificação, identificados no projeto, tais como fundações, revestimentos, estrutura de concreto armado, etc.. A partir dos macro-serviços são definidos os serviços a serem controlados.

Juntamente com a sua identificação, deve-se elaborar o macro-fluxo dos serviços, que permitirá avaliar quais as relações entre estes e o planejamento ao longo do tempo. A título de exemplo, apresenta-se um macro-fluxo na Figura 4.2.

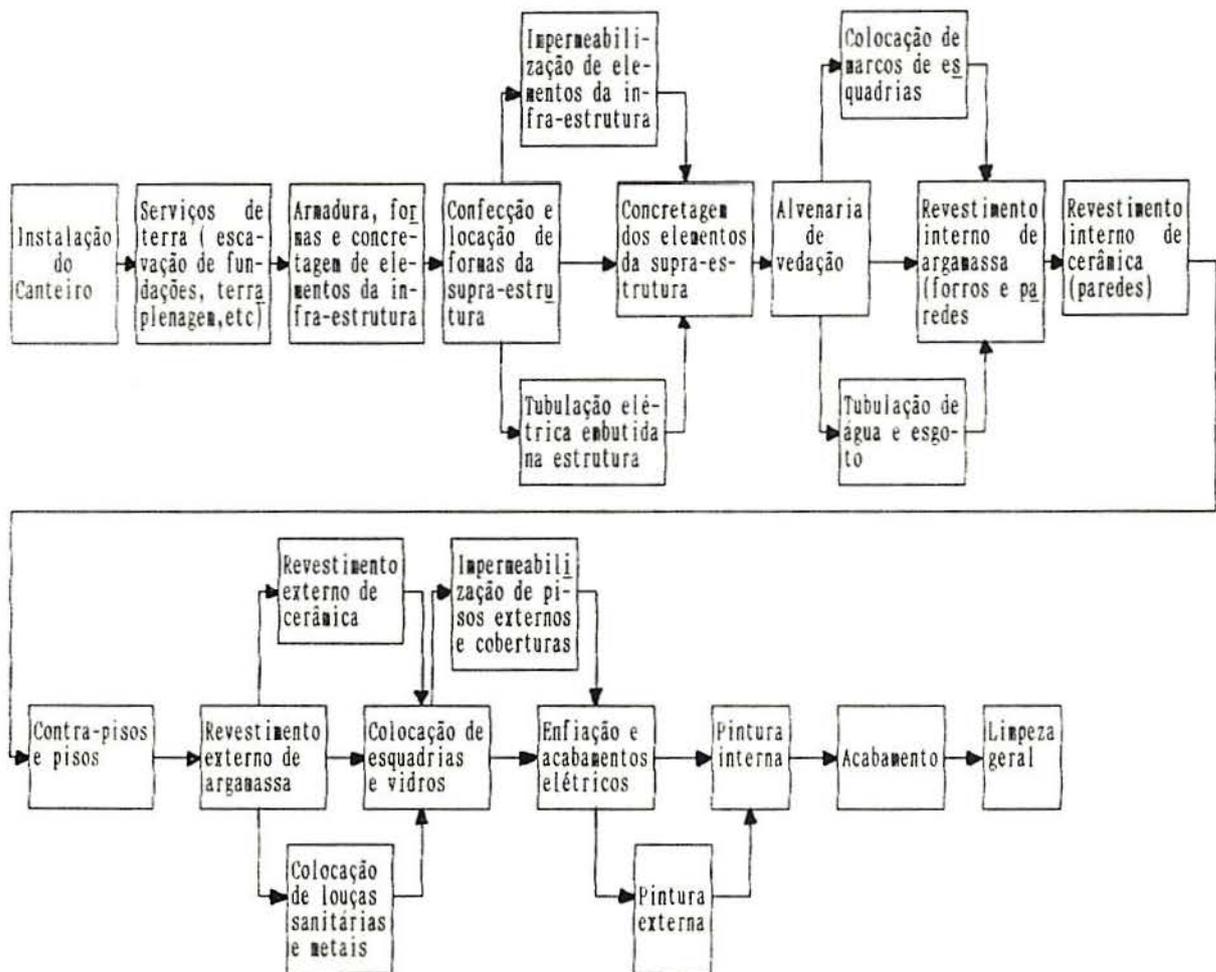


Figura 4.2 - Macro-fluxo da produção de edificações⁽³⁴⁾

Na hierarquização dos serviços a serem gerenciados são estabelecidas prioridades para o controle, levando em conta a

impraticabilidade de implementar-se um controle detalhado em todos os serviços.

Para esta hierarquização devem ser considerados os seguintes parâmetros:

- a) Custo dos serviços: a hierarquização é estabelecida através de uma curva ABC. É normalmente o fator mais importante ao fazer a escolha.
- b) Dificuldade de executar os serviços: deve-se considerar a dificuldade em se realizar o serviço e as dificuldades que o mesmo pode acarretar aos serviços posteriores. Por exemplo, a execução de pilares de concreto armado, embora represente relativamente pouco no custo total de uma obra, requer um controle rigoroso, já que desvios maiores que os tolerados no prumo dos mesmos, podem colocar em risco a estabilidade de toda estrutura.
- c) Envergadura e duração do projeto: deve-se analisar se o porte do empreendimento justifica o controle de determinados serviços. A medida que o porte do empreendimento aumenta, o controle pode ser conduzido a nível de processos e operações.
- d) Serviços por empreitada: nos serviços deste tipo deve-se definir se o controle é efetuado somente no recebimento ou também na etapa de produção dentro ou fora do canteiro.
- e) Qualidade do produto: os produtos resultantes dos serviços têm atributos e defeitos que podem ser controlados. Para isto, deve-se tomar como base as exigências dos usuários, patologias apresentadas e experiências anteriores.

4.3. PLANEJAMENTO DO CONTROLE DOS SERVIÇOS

4.3.1. Divisão do serviço em processos

Cabral⁽¹⁰⁾ define serviço como: "um conjunto de operações, que, ao serem realizadas, resultam numa parte funcional da obra", como por exemplo, alvenaria, revestimentos,

etc. Esta definição é um tanto rígida, enquanto agrupa diversos processos executados por diferentes tipos de mão-de-obra organizada em várias equipes de trabalho.

A divisão da obra em serviços, dentro desta estrutura mais voltada para o orçamento, dificulta a implantação do controle. É necessário segmentar a obra segundo critérios operacionais, mais relacionados à forma como o processo produtivo efetivamente ocorre no canteiro, no que se denomina de processos e unidades de produção.

A definição dos serviços deve ser flexível de forma a ser adaptável a diferentes situações. Assim um processo poderá ser tanto um serviço como parte destes. Esta divisão deve ser efetuada a partir de uma análise das equipes de trabalho no próprio canteiro.

O objetivo desta divisão é separar o serviço em unidades de produção claramente definidas para facilitar o controle e acompanhamento do processo. Neste ponto também deve ser feito o "lay-out" do processo, definindo a localização e o fluxo de materiais e pessoal.

Esta divisão não é rígida, podendo variar de canteiro a canteiro, podendo inclusive modificar-se no mesmo canteiro ao longo do processo. A título de exemplo, o serviço de alvenaria sendo executado numa unidade isolada pode ser sub-dividido nos seguintes processos:

- a) Recebimento e armazenagem de materiais;
- b) Assentamento dos tijolos, incluindo o transporte de tijolos e argamassa e a marcação; e
- c) Produção da argamassa.

Entretanto, se o mesmo serviço for executado num edifício de vários pavimentos, este poderá ser sub-dividido da seguinte forma:

- a) Recebimento e armazenagem de materiais;
- b) Marcação;
- c) Transporte dos tijolos e argamassa;
- d) Produção da argamassa; e
- e) Assentamento dos tijolos.

Pode-se notar que, embora as operações sejam as mesmas, as equipes de trabalho são diferentes, refletindo com isto as características próprias da organização da produção em cada caso.

4.3.2. Elaboração do diagrama causa-efeito

Tendo-se dividido o serviço em processos, convém elaborar um diagrama causa-efeito, apontando aqueles fatores que podem afetar a qualidade e a produtividade do serviço.

O objetivo deste diagrama é ter uma visão geral do serviço, podendo-se incluir até processos ou serviços externos que sejam relevantes.

A título de exemplo, é apresentado o diagrama causa-efeito para o serviço de fabricação de painéis de madeira. Estão incluídos no mesmo diagrama serviços externos, como a compra da madeira e a montagem no canteiro, dada a relação que estes têm com o serviço em questão.

Em geral, este tipo de diagrama pode seguir duas orientações: a análise específica de um problema, ou o desdobramento do processo de produção levantando todos os fatores que afetam a qualidade e produtividade do mesmo, como no caso do mostrado na Figura 4.3.

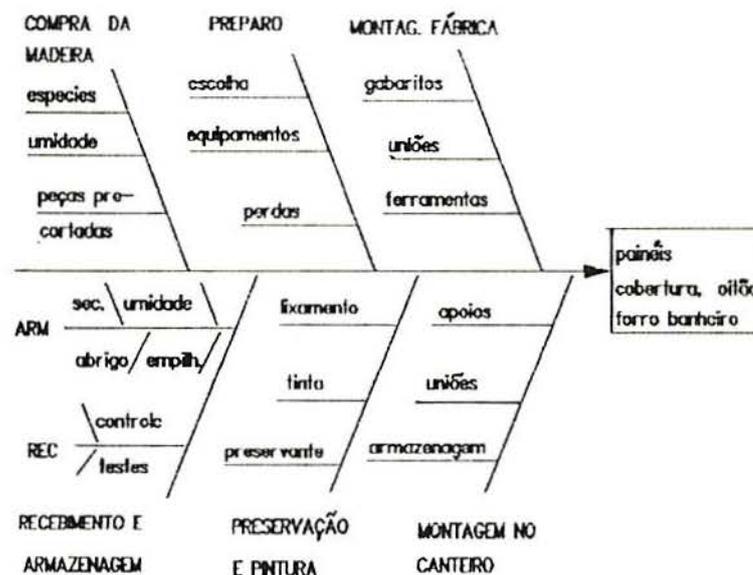


Figura 4.3 - Diagrama causa-efeito relativo ao processo de fabricação de painéis de madeira.

4.3.3. Divisão dos processos em operações

Dependendo do processo, este poderá ter uma o mais operações. Cabral⁽¹⁰⁾ define a operação como "o conjunto de tarefas executadas de forma contínua e sem interrupções, com início e fim definidos, por um tipo específico de mão-de-obra". Transporte de tijolos e dobragem de ferro são exemplos de operações.

As operações são passíveis de serem agregadas ou desagregadas, inclusive a nível de tarefas (seqüência de atividades realizadas por uma pessoa), mas este detalhamento não é justificável neste estudo, em função da variedade de processos e condições.

O objetivo desta divisão é poder padronizar o trabalho da equipe. Por exemplo, o processo de montagem de painéis de cobertura em fábrica, referido ao exemplo do item anterior, é constituído das seguintes operações:

1. Ajustar caibros no gabarito
 2. Colocar forro
 3. Colocar sobrecaibros
 4. Colocar espelhos (I)
 5. Colocar ripas
 6. Colocar espelhos (II)
 7. Transportar para preservação
 8. Limpar
- A. Processo anterior: preparo da madeira
 B. Processo anterior: preservação e pintura de espelhos

Uma vez feita esta divisão, deve-se elaborar o fluxo do processo (Fig. 4.4), indicando os processos anteriores. Este fluxo permite mostrar graficamente quais os pontos de controle e os clientes do processo.

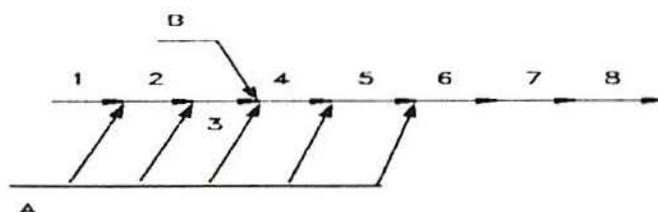


Figura 4.4 - Fluxo do processo de montagem de painéis de cobertura.

4.3.4. Análise dos processos

Esta fase é executada conjuntamente com a padronização do processo (item 4.3.5), uma vez que ambas estão relacionadas entre si, dado que o resultado da análise terá influência no estabelecimento do padrão técnico do processo e na elaboração de procedimentos operacionais.

Na Fig. 4.5 é indicado um fluxo resumido da análise, cujos passos são descritos a seguir.

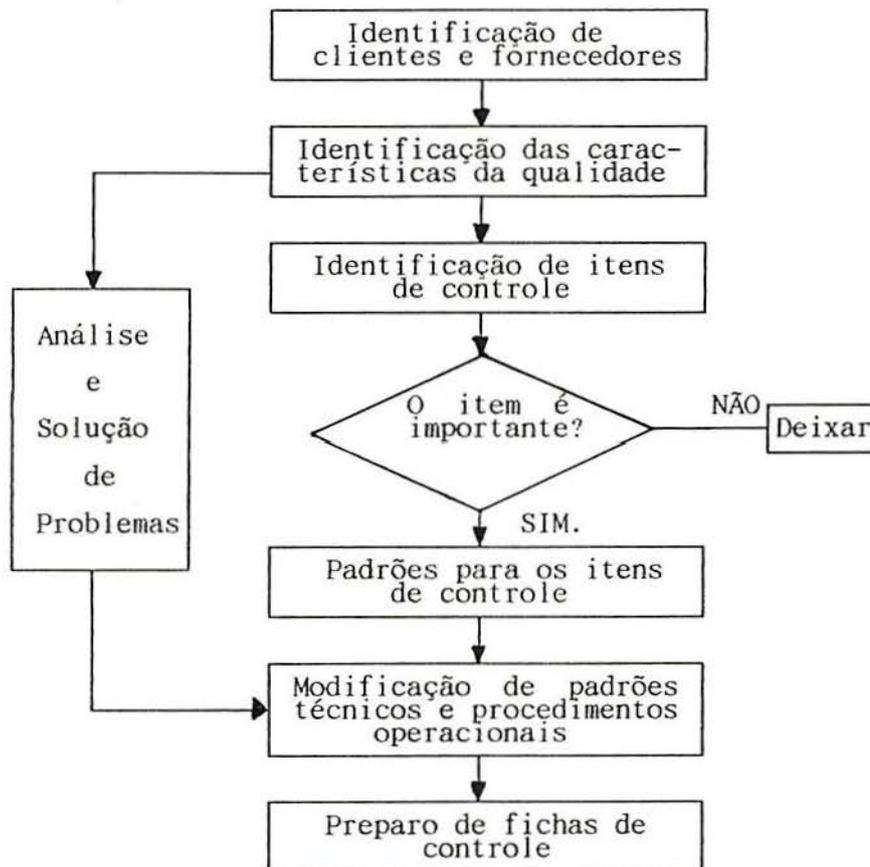


Figura 4.5 - Análise dos processos

1. Identificação de clientes e fornecedores

Indica os processos ou serviços que dependem do processo em análise, assim como os que o precedem. Estes permitem verificar as condições iniciais do processo.

Nesta identificação, emprega-se o macro-fluxo dos serviços. O cliente de um processo não é necessariamente aquele que segue na seqüência física, já que sua programação pode

obedecer a outros parâmetros, tais como custos, interferência de equipes, etc..

2. Identificação das características de qualidade

As características de qualidade são aqueles atributos do produto ou processo que se espera obter ao longo do mesmo. Podem ser identificadas nas especificações ou pelos clientes do processo. Durabilidade do concreto e conformidade da armadura com o projeto estrutural são alguns exemplos de tais características.

3. Identificação dos itens de controle

Os itens de controle garantem que as características de qualidade sejam atendidas. Podem ser identificados nas especificações, normas técnicas ou através de uma associação de causa-efeito com as características da qualidade a partir do conhecimento técnico do processo.

Uma vez definidos os itens de controle, estes ainda podem ser classificados ou hierarquizados em ordem de importância. De uma forma geral, podem ser classificados em cinco tipos:

- a) Controle de materiais e componentes;
- b) Controle do processo;
- c) Controle do produto;
- d) Controle de consumo de mão-de-obra; e
- e) Controle de consumo de materiais e equipamentos.

Os itens de controle de materiais e componentes estão geralmente relacionados a testes de laboratório feitos de acordo com as normas existentes. O controle se faz a partir do recebimento destes, sendo necessário um sistema para controlar esta etapa, o qual não será abordado neste trabalho. Dias⁽¹⁵⁾ apresenta procedimentos para o controle de recebimento de alguns materiais como cimento, agregados, aço e tijolos.

Muitas empresas de pequeno porte não operam numa escala de produção que permita a execução deste tipo de controle para muitos materiais.

4. Importância dos itens de controle

Deve ser analisada a influência dos itens de controle no desempenho do processo de forma a estabelecer aqueles que mais influem neste.

Também deve ser avaliada a possibilidade dos itens serem controlados, já que muitas vezes isto não é possível pela falta de critérios de controle, de recursos técnicos ou de equipamentos. Por exemplo, pode ser de difícil controle no canteiro a relação água/cimento no concreto quando este é usado.

5. Padrões para os itens de controle

Após uma escolha dos itens a serem controlados, deve-se, para cada um deles, definir o seguinte:

- a) Como controlá-lo: indica-se em que momento do processo se faz o controle, e a forma de fazê-lo (inspeção visual, medições, ferramentas, etc.);
- b) Padrões: são aqueles valores ou atributos utilizados para avaliar o processo ou produto. Deve-se indicar como fazer os ajustes ou correções em caso de desconformidade;
- c) Responsável: é indicada a pessoa que vai fazer o controle; e
- d) Frequência: refere-se aos intervalos de tempo ou volumes de produção, entre os quais se deve efetuar o controle.

6. Modificação dos padrões técnicos e procedimentos operacionais

Considerando o gerenciamento dos processos como um ciclo contínuo, os padrões técnicos e procedimentos operacionais já existentes podem ser modificados cada vez que seja conduzida uma análise do processo, incorporando neles os novos padrões, materiais ou procedimentos.

7. Fichas de controle

O resultado da análise dos processos deve ser documentado por meio da elaboração de listas de verificação, fichas e gráficos de controle, além de ser inserido dentro dos padrões técnicos e procedimentos operacionais.

Nas figuras 4.6 a 4.9 são apresentados, a título de exemplo, uma ficha de análise do processo, uma ficha com os padrões relativos aos itens de controle, uma lista de verificação e duas fichas de levantamento da mão-de-obra, referentes ao estudo de caso descrito no Capítulo 5.

A ficha de análise do processo (Fig. 4.6) inclui desde a identificação de clientes e fornecedores, até a análise da importância dos itens de controle. Conforme na legenda da Figura 4.6, pode-se definir diferentes tipos de controle: estatístico (CE), por listas de verificação (CL), por acompanhamento do processo e treinamento (CP) e como sendo este desnecessário (CD). Os itens indicados com CL, são os que figuram nas listas de verificação.

Com base nesta divisão, pode-se estabelecer um controle mais flexível, de acordo com as condições de produção e com os recursos que se tenha em cada empreendimento.

A ficha dos padrões para os itens de controle (Fig. 4.7) deve acompanhar sempre as listas de verificação, já que nesta ficha estão indicados, para cada item, a forma de controle, o padrão e ajustes ou correções a serem realizados em caso de desconformidade. Sendo assim, as listas e padrões são documentos complementares.

Na lista de verificação (Fig. 4.8) os itens de controle são expressos sob a forma de pergunta, obedecendo à necessidade de induzir à pessoa responsável pelo controle a fazê-lo efetivamente. Em alguns itens, como, por exemplo, limpeza de formas, dificilmente será marcado "não" nesta lista, já que sempre pode-se fazer ajustes ou correções.

De forma a facilitar o controle, a seqüência deste deve seguir a ordem na qual o processo de produção ocorre.

As fichas de controle da mão-de-obra (Fig. 4.9) refletem a forma como os processos são executados, podendo abranger o processo como um todo ou, num nível maior de detalhamento, incluir suas operações.

Embora a ficha contenha uma equipe básica indicada, tem-se uma coluna onde esta deve ser indicada, pelo fato comum de que, as vezes, não é possível manter o tempo todo as mesmas equipes de trabalho.

Também deve-se deixar espaços para operações adicionais, já que as operações indicadas podem repetir-se ou continuar caso o processo dure mais de um dia, ou ainda para indicar outras operações fora do processo.

ANÁLISE DO PROCESSO	
PROCESSO: PRODUÇÃO VIGAS	RESPONSÁVEL: DATA:
<u>Processos anteriores</u> Aço vigas Produção de concreto	
<u>Processos posteriores</u> Carregamento e transporte ao canteiro Montagem de sapatas no canteiro Montagem vigas no canteiro Alvenaria Montagem vergas no canteiro Montagem cobertura no canteiro Colocação de esquadrias no canteiro	
<u>Características de qualidade</u> Durabilidade das peças Aspecto exterior das vigas Aspecto exterior de vergas Aspecto exterior de tijolos Resistência das peças Identificação da face inferior de sapatas Identificação das peças	
<u>Itens de controle</u>	<u>Tipo controle</u>
Limpeza de formas	CL
Estanqueidade e travamento de formas	CD
Recobrimento da armadura	CL
Adensamento	CP
Posição de tacos de fixação em vergas	CL
Cura	CP
Marcação de sapatas	CL
Marcação data de concretagem no Kit	CL
Fissuras em vigas	CL
Fissuras em tijolos	CL
Arestas defeituosas (vigas)	CL
Estabilidade dimensional	CD
Armadura visível (vigas, vergas)	CL
Pecas rejeitadas	CE
<u>Itens de controle de produtividade</u> HH/vigas Desmoldante/vigas Número de usos das formas	
<u>Legenda</u> CE = controle estatístico CP = controle por procedimentos e treinamento CL = controle por listas de verificação CD = controle desnecessário	

Figura 4.6 - Ficha de análise do processo de produção de vigas

PADRÕES			
PROCESSO: PRODUÇÃO DE VIGAS		RESPONSÁVEL :	FREQUÊNCIA : Diária
Item de controle	Como controlá-lo	Padrão	Ajuste
Limpeza de formas (vigas-vergas-cintas)	Por inspeção visual, após sua montagem	Superfícies limpas, isentas de elementos estranhos à forma.	Limpar a superfície e retirar os elementos estranhos por completo
Recobrimento da armadura	Por medição com trena em diversos pontos das peças, após a colocação da armadura	Rec. > 1,5 cm vigas > 1,5 cm vergas > 2,5 cm sapatas	Usar espaçadores onde for necessário; se não for possível, trocar a armação por uma do estoque intermediário
Posição tacos fixação em vergas	Por inspeção visual, com gabarito, após a montagem das formas	Localização de tacos no lugar especificado	Reposicioná-los
Marcação de sapatas	Por inspeção visual, após desforma	Marca visível na face inferior destas	Marcá-las na face com textura mais lisa
Marcação da concretagem no kit	Por inspeção visual, após desforma	Marca visível em alguns elementos	Marcas algumas peças
Fissuras em vigas	Por inspeção visual, após traslado	Não visíveis, ou aquelas que vão da face inferior até 30% da altura da viga	Rejeitar
Fissuras em tijolos	Por inspeção visual, após traslado	Até através do 30% da seção	Rejeitar
Arestas defeituosas (vigas)	Por inspeção visual, após traslado	Definido pelo inspetor	-----
Armadura visível (vigas, vergas)	Por inspeção visual, após traslado	Visível em até 10% do comprimento da peça	Rejeitar, e caso ter armadura visível dentro do padrão, aplicar tinta na base de epóxi

Figura 4.7 - Ficha de padrões do processo de produção de vigas

LISTA DE VERIFICAÇÃO - CONCRETO PRÉ-MOLDADO				
PROCESSO : VIGAS	RESPONSÁVEL :	DATA :	SIM	NÃO
<ul style="list-style-type: none"> - Está marcada a face inferior das sapatas? - Inexistência de fissuras em vigas? - Fissuras em vigas não comprometem o desempenho? - Inexistência de fissuras em tijolos de concreto? - Fissuras em tijolos não comprometem o desempenho? - Inexistência de arestas defeituosas em vigas? - Arestas defeituosas em vigas são passíveis de arrematar sem comprometer o desempenho das peças? - Não existe armadura visível nas vigas? - Está marcada a data de concretagem? - O tipo, quantidade e posição de barras é conforme ao especificado? - O espaçamento das barras nas vigas está dentro da tolerância especificada? - As formas estão limpas (vigas)? - O recobrimento da armadura é o especificado (vigas-sapatas-vergas)? - Os tacos das vergas estão na posição especificada? - A relação a/c é a especificada? - O traço é o especificado? - A ordem de colocação de agregados é a especificada? - O tempo de mistura é o especificado? - O abatimento é o especificado? 				

Figura 4.8 - Lista de verificação do processo de produção de vigas

CONTROLE DE MÃO-DE-OBRA						
PROCESSO : VIGAS		RESPONSÁVEL :			DATA :	
EQUIPE: um meio oficial + 3 serventes						
OPERAÇÃO	DATA	HORA INIC FIM		EQUIPE	TEMPO PARCIAL	OBSERVAÇÕES
Desforma e empilham. interno						
Transporte ao exterior						
Limpeza formas e apl. desmoldante						
Montagem de formas						
Colocação aço						
Concretagem e acabam.						
Tempo padrão = 32 hh	hh totais =					
CONTROLE DE MÃO-DE-OBRA						
PROCESSO : PLACAS		RESPONSÁVEL :			DATA :	
SUB-EQUIPE 1 (forma + concret.): 2 meio oficiais + 1 servente						
OPERAÇÃO	DATA	HORA INIC FIM		EQUIPE	TEMPO PARCIAL	OBSERVAÇÕES
Montagem de formas						
Colocação aço						
Concretagem e acabam.						
Tempo padrão = 27 min	min. totais =					

Figura 4.9 - Fichas de controle da mão-de-obra dos processos de produção de vigas e placas (sub-equipe 1)

8. Análise e solução de problemas

É efetuada paralelamente à análise propriamente dita. Consiste, basicamente, no levantamento dos problemas que afetam o desempenho do processo, quando este encontra-se em andamento, por observações ou relatos do pessoal que executa as tarefas.

Problemas são resultados indesejáveis de um trabalho ou processo. Recobrimentos inadequados da armadura de uma viga, por exemplo, relacionam-se à qualidade intrínseca do produto. Entretanto existem outros tipos de problemas que dizem respeito ao desempenho do processo, e que afetam a produtividade.

Na condução desta fase, dada a variabilidade de condições de produção, muitas vezes não é possível fazer um

levantamento de dados que permitam caracterizar o problema. Sendo assim, as ações a serem tomadas obedecem muitas vezes a uma avaliação qualitativa, ao invés de quantitativa. Embora este procedimento seja praticado de forma empírica no processo tradicional de construção, normalmente não existe nesta a preocupação de verificar e registrar se o bloqueio foi efetivo.

O "staff" da obra, compreendendo o gerente do empreendimento, o engenheiro de obra, o mestre e os contramestres, são aqueles que devem conduzir esta fase, dado o grau de comprometimento que estes têm com a produção (Rosenfeld, Warszawski e Laufer⁴⁵).

Os problemas identificados neste passo podem, de uma forma geral, ser atribuídos às seguintes causas:

- a) Erros, falta de detalhamento e informação no projeto;
- b) Má comunicação;
- c) Materiais inadequados;
- d) Recebimento, transporte, e armazenagem de materiais;
- e) Uso de equipamentos inadequados;
- f) Inadequação dos procedimentos adotados;
- g) Condições ambientais;
- h) Condições de trabalho no canteiro; e
- i) Baixo desempenho da mão-de-obra.

A análise e solução de problemas pode ser conduzida segundo a seqüência apresentada na Figura 4.10, a qual é subdividida nas seguintes etapas:

- a) Identificação: faz-se inicialmente o levantamento por meio de observação ou pelo relato do pessoal envolvido no processo;
- b) Caracterização: por meio de observação, define-se o tipo de problema, a frequência e as circunstâncias em que acontece. Deve-se analisar a importância do problema e a sua influência na qualidade e produtividade;
- c) Identificação das causas: conhecendo-se a origem geral do problema, analisa-se quais as suas causas

mais prováveis. Deve-se avaliar se é possível tomar as medidas para bloquear o problema ou se não há condições de fazê-lo;

- d) Bloqueio e padronização: adotam-se as medidas para bloquear o problema, ao mesmo tempo que são alterados padrões e procedimentos; e
- e) Verificação: é verificado se as medidas realmente bloquearam o problema, ou se este ainda persiste. Neste caso deve-se regressar ao item "c".

A forma mais adequada de iniciar este passo consiste em fazer um levantamento geral dos problemas. Logo após, estes devem ser hierarquizados em ordem de importância, definindo aqueles que serão analisados.

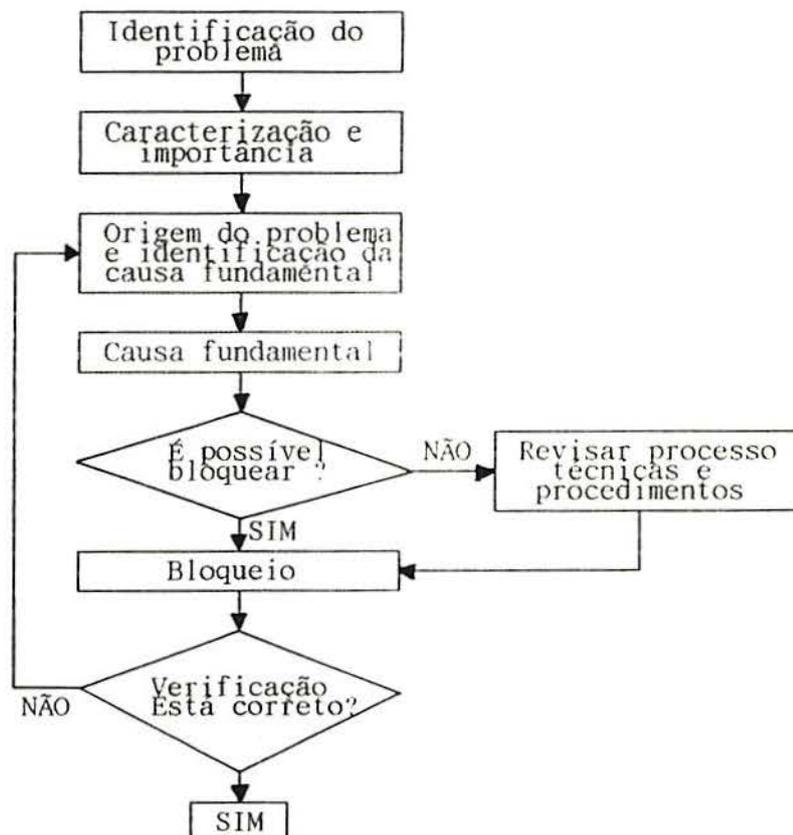


Figura 4.10 - Análise e solução de problemas

4.3.5. Padronização

Como foi indicado anteriormente, esta fase é realizada conjuntamente com a análise do processo. A padronização,

segundo Campos⁽¹³⁾, compreende não só o estabelecimento de padrões mas inclui também sua utilização.

Campos⁽¹³⁾ classifica os padrões como: de sistemas e técnicos. Os padrões de sistemas referem-se à organização e ao relacionamento entre suas partes, e os padrões técnicos estão relacionados às especificações, abrangendo produtos, componentes, materiais e inspeção.

Os documentos básicos para o planejamento, acompanhamento e controle do processo são os padrões de operação. Estes incluem os padrões técnicos do processo e os procedimentos operacionais. Tais documentos são descritos a seguir.

a) Padrão técnico do processo

Serve para planejar e controlar o processo. Nele deve-se mostrar como funciona o processo em estudo, devendo conter os seguintes itens:

- Descrição do serviço ou processo;
- Quantidades necessárias de matéria prima, mão-de-obra e equipamentos;
- Fluxograma do processo, indicando os pontos de controle;
- "Lay-out" do processo;
- Características da qualidade;
- Itens de controle e seus padrões; e
- Forma de coletar dados.

b) Procedimento operacional

É utilizado pelas pessoas encarregadas de executar a tarefa com o objetivo de obter os requisitos de qualidade desejados para o processo.

Na construção, em função da falta de motivação da mão-de-obra e, em alguns casos, pelo pouco preparo desta, parece difícil que este tipo de documento seja utilizado diretamente pelos operários. Parece mais recomendável que o mesmo deva ser dirigido inicialmente aos mestres de obra e chefes de equipes.

O procedimento operacional deve conter uma listagem de materiais e equipamentos, padrões de qualidade, descrição das operações e tarefas quando necessário, os pontos de controle, os itens e a forma de controlá-los e a forma de fazer os ajustes.

Um outro documento decorrente dos padrões é o manual de treinamento onde as operações críticas são detalhadas, apontando o risco que existe nas operações, assim como suas implicações na qualidade. No estudo de caso abordado, este tipo de documentação não foi produzida, dado que sua elaboração implica a validação da mesma com o treinamento do pessoal, o que foge do alcance deste trabalho.

4.4. A IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE

A implantação do controle engloba os demais passos indicados na Figura 4.1, correspondendo às fases "do", "check" e "action" do ciclo PDCA. Esta etapa pode ser sub-dividida da seguinte forma:

- a) Execução e controle dos serviços: refere-se à execução dos serviços, sendo controlada através do levantamento de dados definido no planejamento;
- b) Verificação: consiste na análise dos dados e resultados obtidos, confrontando-os com os propostos no planejamento;
- c) Medidas corretivas: são tomadas com base na análise anterior, caso não se alcance os resultados esperados; e
- d) Melhoria: é o passo seguinte quando já se conseguiu padronizar o processo.

4.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA

Uma vez descrita a metodologia proposta, cabe apontar algumas considerações a respeito de sua aplicação:

- a) A rotinização ou padronização dos processos ou serviços deve ser acompanhada por medidas relacionadas ao emprego da mão-de-obra como treinamento, condições de trabalho, etc.. O controle sem estas medidas complementares, converte-se numa fiscalização com poucos efeitos relevantes para o desempenho dos processos.
- b) A definição da estrutura organizacional com as funções, responsabilidades e relações de autoridade, conforme indicado no plano de garantia de qualidade, é de fundamental importância. Sem esta, o controle dificilmente poderá ser implementado de forma eficaz.
- c) Para padronizar os serviços ou processos, é necessário que o registro destes em fichas, a forma de controle e o levantamento de dados sejam o mais simples possível, de forma a evitar o emprego de uma documentação de elaboração e utilização trabalhosas.
- d) Os padrões técnicos e procedimentos operacionais devem ser de fácil acesso para as pessoas às quais estão dirigidos.
- e) Os itens de consumo de materiais devem ser levantados de forma criteriosa, definindo se são levantados para todo o empreendimento, para uma unidade específica, para um serviço em particular ou para uma determinada quantidade de serviço.
- f) O controle da produtividade da mão-de-obra deve ser efetuado inicialmente a nível de tempo total, incluindo tempos produtivos, auxiliares e improdutivo de cada serviço. Levantamentos mais detalhados como, por exemplo, através de uma amostragem do trabalho, não parecem justificáveis neste estudo numa primeira instância. Poderiam ser realizados sempre que o porte do empreendimento o justifique.
- g) É necessário avaliar freqüentemente a importância dos itens de controle, de forma a identificar

aqueles que realmente influem na qualidade e produtividade dos processos.

- h) A documentação do controle deve ser separada a nível geral e para cada serviço, contendo todos aqueles documentos indicados no desenvolvimento da metodologia.
- i) Embora na metodologia proposta pretenda-se levar em conta os principais fatores para gerenciar a execução, em cada empreendimento específico esta deve ser adaptada às condições particulares do mesmo.

4.6. CONTROLE GLOBAL

É necessário definir alguns itens para o controle geral do empreendimento, os quais podem ser calculados a partir de dados obtidos no canteiro e periodicamente revistos.

Enk⁽¹⁷⁾ fez uma classificação de tais itens, denominando-os indicadores gerenciais, e agrupando-os da seguinte forma:

- a) Indicadores de Produtividade;
- b) Indicadores de Desempenho Operacional;
- c) Indicadores de Tendências; e
- d) Indicadores Comparativos.

No restante do capítulo é proposto um conjunto de indicadores, discutindo-se seu uso e a forma de obtê-los.

4.6.1. Indicadores de produtividade

Estão referidos à mão-de-obra e materiais. Podem ser calculados após a conclusão da obra ou durante a mesma.

$$\text{Produtividade da mão-de-obra} = \frac{\text{Total de homens-hora consumido}}{\text{Total de homens-hora previsto}} \quad (4.1)$$

$$\text{Produtividade de materiais} = \frac{\text{Quantidade utilizada do(s) materiais}}{\text{Quantidade orçada para a produção pronta}} \quad (4.2)$$

Após a conclusão da obra, as quantidades total de horas trabalhadas e de materiais podem ser de fácil obtenção, tomando como base as planilhas de pagamento da mão-de-obra e os registros de ingresso e saída de materiais no canteiro. Neste caso, os valores calculados não se encontram disponíveis a tempo para intervir no processo produtivo, mas apenas como referência para futuros empreendimentos.

Quando tais índices são calculados num período determinado da obra, é necessário um sistema de controle do avanço físico dos serviços. Por exemplo, para avaliar a produtividade durante a execução de estrutura de concreto armado de uma edificação, deve-se conhecer, para o período em análise, os seguintes dados:

- a) Quantidade de homens-hora utilizada (concreto, formas e aço);
- b) Quantidade total de cada tipo de material utilizado;
- e
- c) Quantidade de serviços produzidos (m^3 de concreto, m^2 de formas de fundações, vigas e lajes, Kg de aço montados, etc.).

Dada a dinâmica e a variabilidade do processo construtivo, este tipo de controle periódico é de difícil execução, podendo ser efetuado somente se for possível agregar dados de controle relativos a diferentes serviços, segundo a proposta feita neste capítulo.

4.6.2. Indicadores de desempenho operacional

Estes indicadores têm como base o controle do avanço quantitativo dos serviços, podendo os mesmos ser relacionados da mesma forma que os indicadores de produtividade. São eles:

$$\text{Avanço Físico} = \frac{\text{Produção executada}}{\text{Produção programada}} \quad (4.3)$$

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Custo realizado para a produção executada}}{\text{Custo orçado para a produção executada}} \quad (4.4)$$

$$\text{Progresso} = \frac{\text{Produtividade obtida no período}}{\text{Produtividade obtida no primeiro mês}} \quad (4.5)$$

O indicador de avanço físico compara o andamento da obra com a programação, podendo ou não haver uma correlação deste com a produtividade. Por exemplo, se 60% da estrutura de uma edificação foi concluída quando este percentual deveria ser 80%, mesmo que os índices de produtividade sejam os previstos, a alocação de recursos neste caso não foi suficiente para atender à programação.

O indicador de eficiência compara o custo realizado com o orçado. Neste caso, também existe a possibilidade que este indicador esteja ou não associado à produtividade. Por exemplo, é possível que o custo de algum material ou da mão-de-obra tenha-se elevado ou diminuído de forma diferenciada ao previsto no orçamento.

O indicador de progresso, por sua vez, está diretamente relacionado com a produtividade, indicando como esta evolui ao longo do tempo.

4.6.3. Indicadores de tendências

Os indicadores de tendência são decorrentes do avanço físico da obra, definindo o ritmo de avanço, o ritmo do avanço necessário para concluir a obra no prazo programado e o tempo necessário para a conclusão da obra na velocidade atual. Tais indicadores possibilitam o redimensionamento das equipes de trabalho.

$$\text{Velocidade atual} = \frac{\text{Produção executada}}{\text{Tempo já dispendido}} \quad (4.6)$$

$$\text{Velocidade necessária} = \frac{\text{Produção a executar}}{\text{Prazo para conclusão}} \quad (4.7)$$

$$\text{Tempo na velocidade atual} = \frac{\text{Tempo já dispendido}}{\text{Produção executada}} \times \text{Produção a executar} \quad (4.8)$$

4.6.4. Indicadores comparativos

Estes indicadores permitem comparar o desempenho de empreendimentos de características similares, independentemente dos valores previstos no orçamento. São eles:

$$\text{Relação de custo} = \frac{\text{Custo total estimado}}{\text{Área em construção} \times \text{Custo unitário no mercado}} \quad (4.9)$$

$$\text{Relação de produtividade} = \frac{\text{Total de homens-hora estimado}}{\text{Área em construção} \times \text{Produtividade média na região}} \quad (4.10)$$

$$\text{Relação de custo em itens específicos} = \frac{\text{Custo unitário do serviço}}{\text{Preço do mercado para este mesmo item}} \quad (4.11)$$

Alguns dos indicadores anteriormente descritos podem ser aplicados não somente ao empreendimento de forma global, como também a serviços específicos. O cálculo dos indicadores deve ser baseado em dados que reflitam condições reais. Um sistema de controle do avanço físico dos serviços possibilita a obtenção, com mais facilidade, dos dados necessários.

A seguir é apresentada, a título de exemplo, uma ficha de cálculo de indicadores de produtividade de materiais (Fig. 4.11), feita para o estudo de caso apresentado no Capítulo 5. Esta ficha refere-se ao macro-serviço denominado pré-moldados de concreto produzidos na fábrica.

CALCULO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DE MATERIAIS (Por unidade)								
OBRA : Conjunto Habitacional Eucaliptos			LOCAL : Cachoeira do Sul					
DATA DE INICIO DA OBRA : Abril de 1991			DATA DE CONTROLE : 19/10/91					
RESPONSÁVEL : H. B.								
SERVICO : Pré-Moldados de concreto (Fábrica)								
PRODUÇÃO NO PERIODO : 77 unidades completas								
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE RECEBIDA	QUANTIDADE TRANSFERIDA	QUANTIDADE NÃO USADA	QUANTIDADE CONSUMIDA	CONSUMO POR UNIDADE	CONSUMO ORÇADO	INDIC. PRODUT
Cimento	sacos	1015	5,0	32,0	978,0	12,70	13,70	0,93
Cascalho	m ³	195	1,0	20,0	174,0	2,26	2,25	1,00
Brita	m ³	15	0,2	0,8	14,0	0,18	0,16	1,13
Areia	m ³	40	0,1	0,6	39,3	0,51	0,26	2,00
OBSERVAÇÕES :								
<ul style="list-style-type: none"> - O indicador de produtividade do cimento aponta uma redução de 7% no consumo deste, a qual é explicada pela mudança no procedimento de acabamento das placas durante a obra. - O indicador de produtividade do cascalho aponta um consumo semelhante ao previsto. - O indicador de produtividade da brita aponta um consumo 13% superior ao previsto, mas não é importante no contexto geral, dada a baixa quantidade usada no conjunto (14 m³). - O indicador de produtividade da areia aponta um consumo 100% superior ao previsto, explicado pelas inadequadas condições de armazenagem no canteiro e por uma dosagem irregular da argamassa de acabamento das placas. 								

Figura 4.11 - Ficha de cálculo de indicadores de produtividade de materiais

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo de caso foi desenvolvido sobre a produção de unidades habitacionais por meio de um sistema semi-industrializado, o qual encontra-se descrito no item 5.2. Foi acompanhada a construção de um conjunto habitacional no município de Cachoeira do Sul - RS. Uma mesma empresa foi responsável pelo projeto do sistema e pela execução da obra.

A escolha deste tipo de sistema construtivo ocorreu em função do seu grau de racionalização que tornou bastante simplificado a observação das operações de produção, repetidas vezes, tanto na fábrica como canteiro. Este tipo de levantamento seria mais difícil no caso de uma obra executada pelo sistema dito tradicional.

O estudo de caso consistiu na aplicação da metodologia proposta capítulo 4, durante a fase de planejamento do controle. Não foi possível completar o ciclo gerencial através da implantação do controle, como constava na proposta inicial deste trabalho, pelos seguintes motivos:

- a) Por ser a primeira vez que se colocava em andamento o sistema, não foi possível planejar o controle a partir de previsões feitas no projeto. Sabe-se que o desenvolvimento deste tipo de sistema necessita de um período de amadurecimento, o qual foi confirmado neste estudo. Durante a produção das primeiras unidades existiram diversas mudanças quanto a projeto e procedimentos de execução:

- b) Foi necessário levantar uma série de parâmetros para o controle, baseados em dados reais da produção, durante a execução das primeiras unidades: e
- c) Houve problemas de financiamento com os órgãos promotores, que não permitiram dar seguimento ao estudo através do acompanhamento da execução de um segundo conjunto habitacional, onde pretendia-se implantar o controle.

Por esta razão, o estudo restringe-se à observação e análise do processo produtivo, onde se tentou obter parâmetros quanto a itens de controle, padrões de produtividade e procedimentos de execução, os quais serviriam de base para a implantação do controle, já de forma sistematizada.

5.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

5.2.1. Dados gerais

Sendo as unidades habitacionais destinadas a planos de moradia para população de baixa renda, a empresa deu ênfase no desenvolvimento do projeto às partes essenciais da edificação, como fundações, estrutura, cobertura e esquadrias. Outros elementos passíveis de melhora posterior, como revestimentos de pisos e paredes, e pinturas, receberam um tratamento mais simples.

Foram produzidas 74 unidades habitacionais, cada uma com área de 26,4 m², ocupando terrenos de dimensões variadas. Nas Figuras 5.1 e 5.2 encontram-se, respectivamente, uma planta típica da unidade e uma vista do aspecto exterior desta.

No projeto foram definidos diferentes tipos de unidades, diferenciadas segundo a posição da cumeeira em relação ao lado frontal do terreno, a posição do alpendre na fachada - à direita ou à esquerda - e sua condição de isolada ou geminada. Na Figura 5.3 observa-se os seis diferentes tipos de casas.

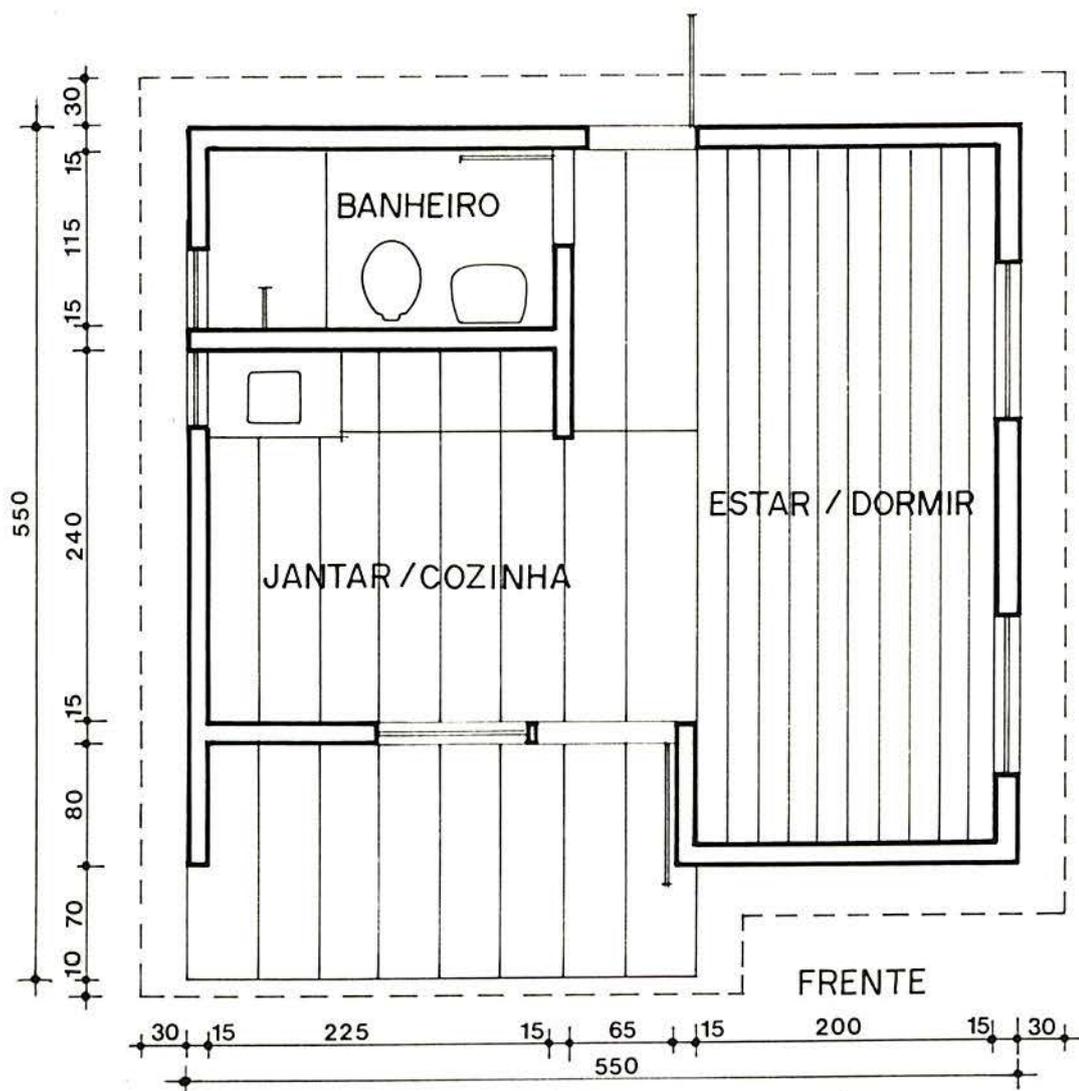


Figura 5.1 - Planta da unidade.



Figura 5.2 - Vista do aspecto exterior da unidade

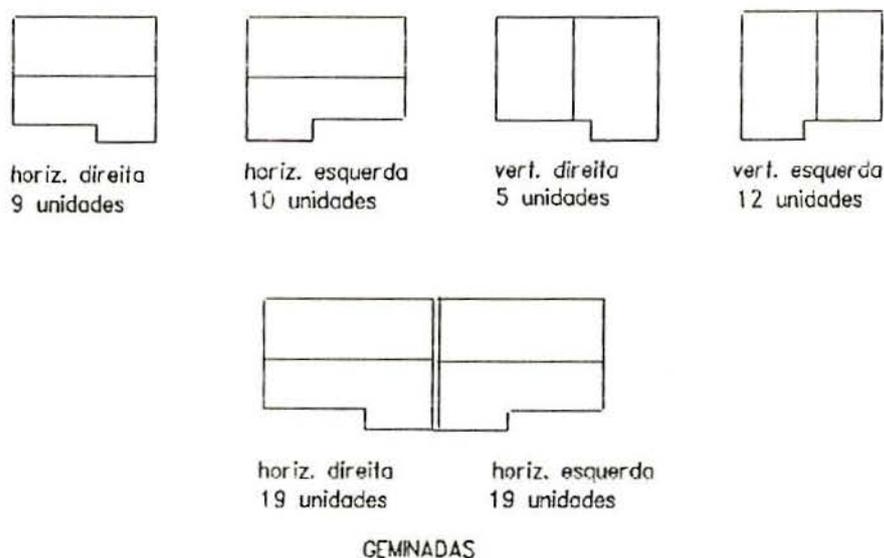


Figura 5.3 - Tipos de unidades habitacionais

5.2.2. Componentes

A seguir, são apresentados os principais componentes construtivos da unidade, com o objetivo de descrever as características gerais da edificação e os principais materiais e acabamentos empregados.

1) Infra-estrutura: as unidades têm fundações diretas, formadas por sapatas isoladas constituídas por placas pré-moldadas de concreto, e pilaretes de concreto moldados "in loco" com altura variável para acomodar os desníveis do terreno.

2) Supra-estrutura: formada por vigas pré-moldadas de concreto e apoiadas nos pilaretes, dando suporte às paredes e aos pisos que ficam isolados do solo.

3) Pisos: são placas de concreto pré-moldadas. No banheiro as placas são revestidas com piso cimentado, e nos outros ambientes o acabamento é dado pela própria peça pré-moldada.

4) Paredes e revestimentos: as paredes são de tijolos furados com espessura de 10 cm em osso, rebocadas na face externa. Internamente tem-se revestimento na parede onde se

localiza a pia da cozinha, no box do banheiro e na parede onde se situa o lavatório do banheiro.

5) Cobertura: formada por uma estrutura de madeira aplainada e telhamento com telhas cerâmicas. A madeira é tratada com cupinicida.

6) Forro: constituído por lambri de madeira nos planos das águas do telhado, sob as telhas. A madeira é tratada com cupinicida.

7) Esquadrias e ferragens: as janelas nos ambientes de jantar/estar e dormir são de madeira. As janelas do banheiro e cozinha são de ferro. As portas de entrada (frente) e do fundo da casa são de madeira maciça. A porta do banheiro é de madeira do tipo semi-oca. As esquadrias de madeira são tratadas com cupinicida.

8) Pintura: as paredes de alvenaria são caiadas, a exceção das paredes revestidas internamente, que têm pintura PVA lavável.

As esquadrias e peças de madeira expostas à intempérie são pintadas com tinta a óleo. As demais superfícies de madeira têm apenas o tratamento de cupinicida já mencionado.

9) Instalações elétricas: a caixa do medidor é fixada sob a proteção do alpendre. A distribuição interna é feita por fios paralelos aparentes em linha aberta, fixados preferencialmente em superfícies de madeira.

10) Instalações hidro-sanitárias: as tubulações de água e esgoto são de PVC. O efluente cloacal do vaso sanitário e demais águas servidas são tratados em fossa séptica, sendo que o efluente da fossa é dirigido a um filtro anaeróbico e finalmente à rede pluvial.

5.2.3. Processo construtivo

A produção da unidade está dividida em duas etapas: fábrica e canteiro. A seguir indica-se os elementos produzidos em cada uma destas etapas e algumas características próprias da produção.

1) Produção na fábrica: são produzidos diversos elementos, conforme indicado a seguir:

- Concreto pré-moldado: compreende sapatas, vigas, vergas, placas e tijolos para a fixação de esquadrias. As peças são produzidas em mesas de concretagem, usando formas de madeira, sendo que a armadura é montada a partir de tela soldada com barras de reforço longitudinal. O concreto é produzido na própria fábrica.
- Painéis de madeira: compreende os painéis de cobertura, de oitão e de forro do banheiro. Toda a madeira, a exceção dos lambris, é recebida em bruto, sendo na fábrica desdobrada, aplainada e cortada de acordo com as dimensões necessárias. A montagem dos painéis é feita com a ajuda de vários gabaritos, um para cada painel e para cada tipo de cobertura.
- Esquadrias de madeira e ferro: as portas e janelas são fornecidas por sub-empregados na forma de marcos e folhas, sendo aplicado o cupinicida na madeira e a tinta de acabamento.
- Instalações hidro-sanitárias: são cortados os tubos e separadas as conexões, caixas e aparelhos para cada unidade.
- Instalações elétricas: são cortados os tubos, fios e separados os artefatos e caixas para cada unidade.

2) Produção no canteiro: após o traslado dos elementos produzidos na fábrica, estes são montados conjuntamente com a execução de serviços próprios do canteiro, na ordem indicada na Figura 5.4, a qual representa o macro-fluxo da produção de uma unidade. Nesta figura são indicados os elementos provenientes da fábrica, os serviços executados no canteiro e os principais materiais usados em cada elemento e serviço.

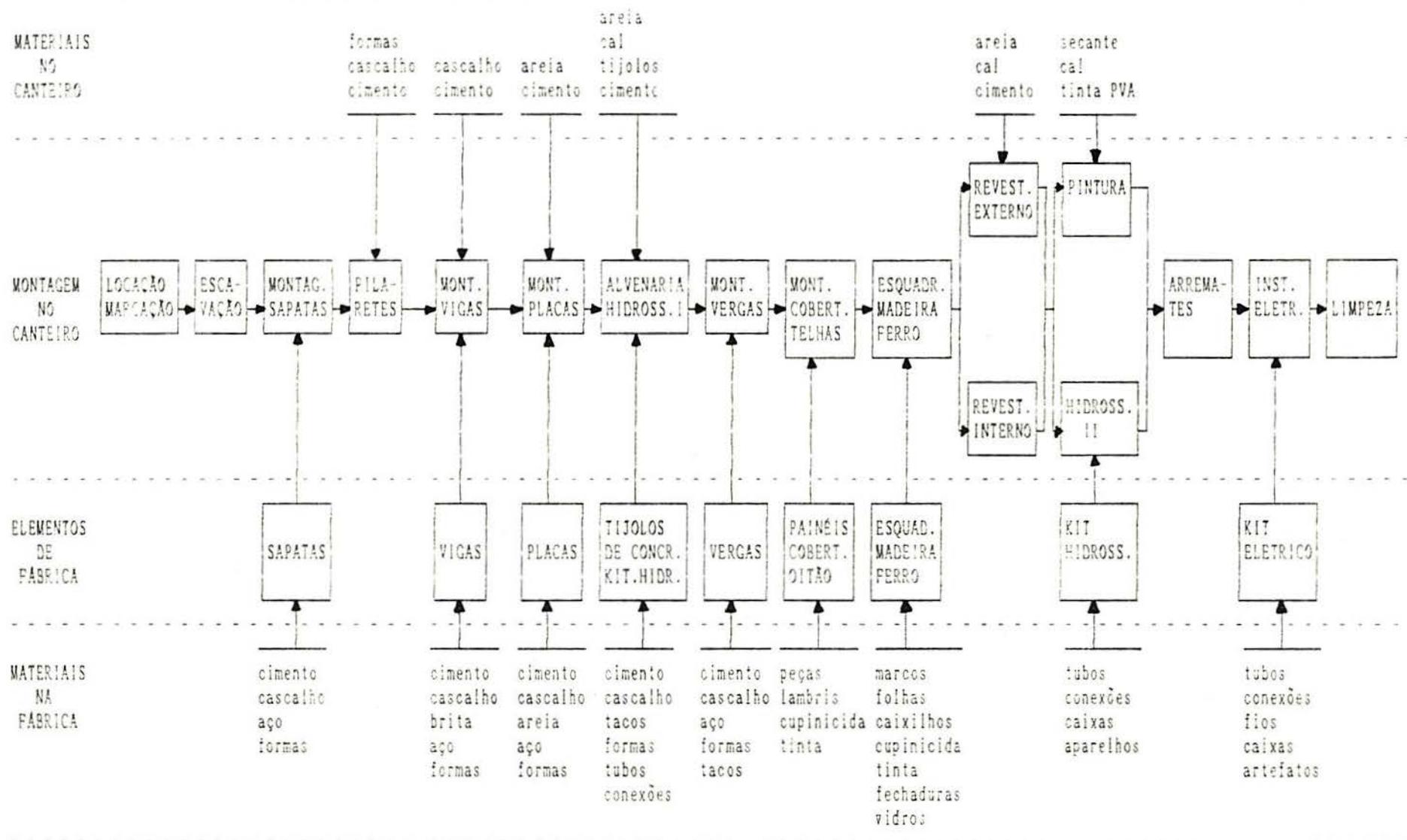


Figura 5.4 - Macro-fluxo de produção de uma unidade

3) Prazos e recursos: embora a fábrica tenha sido instalada inicialmente para a construção de um conjunto habitacional com um prazo pré-determinado de execução, o objetivo a longo prazo é estabelecer uma linha de produção contínua com as seguintes características:

- Produção na fábrica de elementos ao ritmo de uma unidade por dia; e
- Montagem e conclusão de cada unidade no canteiro no período de três semanas.

Dependendo da demanda de unidades, existe a possibilidade de produzir um número maior de unidades na fábrica e alterar o número de equipes necessárias no canteiro.

5.3. A METODOLOGIA E O ESTUDO DE CASO

Como já foi explicado anteriormente, a elaboração da metodologia e o estudo de caso foram feitos conjuntamente. Portanto, não se pode afirmar que a metodologia foi aplicada durante o estudo de caso. Entretanto, alguns elementos da metodologia, como a análise de processos, foram aplicados no estudo de caso e desenvolvidos durante a produção, através de melhorias obtidas com a análise e solução de problemas.

O acompanhamento da produção e levantamento de dados no estudo de caso seguiu as seguintes etapas:

- a) Revisão inicial do projeto, juntamente com o gerente do empreendimento, para identificar a unidade habitacional e seus elementos. A empresa executou um protótipo da unidade habitacional, o que ajudou nesta identificação;
- b) Análise das informações referentes ao orçamento e planejamento da execução, que foram elaborados inicialmente pela empresa. Neste mesmo período, iniciava-se o processo de produção, o qual não foi observado nas primeiras semanas, até a produção

ficar aproximadamente definida quanto a procedimentos e equipes de trabalho:

- c) Observação na fábrica do serviço de produção dos pré-moldados de concreto, definindo seus processos, operações e possíveis itens de controle, com base nos problemas observados.
- d) Observação da produção no canteiro, identificando os serviços e a seqüência destes. Ao mesmo tempo, observou-se também o serviço de montagem de peças para a cobertura e de oitões de madeira na fábrica, definindo seus processos.
- e) Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra no serviço de produção de pré-moldados de concreto na fábrica.
- f) Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra em alguns serviços do canteiro e no serviço de montagem de peças para a cobertura e de oitões de madeira na fábrica.
- g) Levantamento de dados referentes ao consumo de materiais no serviço de produção de pré-moldados de concreto. Neste ponto, as unidades no canteiro já estavam em fase de acabamento.
- h) Análise dos dados do levantamento com o gerente do empreendimento para definir as equipes, seqüência de trabalho, os itens de controle e o tipo de controle.
- i) Preparo da documentação referente à análise de processos, listas de verificação e levantamentos de produtividade a serem usados num próximo conjunto.
- j) Elaboração do plano de garantia da qualidade, com base nas observações efetuadas durante o acompanhamento do processo de produção.

Cabe indicar que, para conseguir levantar todos os dados anteriores, foi necessário visitar o local de produção de duas a três vezes por semana, durante um período de cinco meses. Neste período, o gerente do empreendimento e o gerente do canteiro forneceram as informações necessárias para o

levantamento de dados, assim como posteriormente revisaram a documentação produzida.

A documentação apresentada nos itens seguintes é parte da documentação do plano de qualidade definido no item 2.4.2, que, como foi indicado, corresponde à aplicação do manual da qualidade da empresa a uma obra particular. Neste caso, a documentação pode ser usada na construção de um próximo conjunto habitacional.

5.4. PLANO DE GARANTIA DA QUALIDADE

Dada a possibilidade de construir conjuntos em diversas localidades, elaborou-se um plano de garantia da qualidade que deverá ser aplicado em cada implantação. Para isto foram tomadas como base as medidas indicadas por García⁽²²⁾, já apresentadas de forma resumida na Figura 3.2.

Participaram da elaboração deste plano o diretor do empreendimento e o gerente de obras. A contribuição de cada um deles varia, dadas as diferentes funções que desempenham.

Neste caso particular em que o projeto e a execução estão sob responsabilidade de uma mesma empresa, a definição destas medidas é facilitada pela boa comunicação entre os intervenientes.

O gerente do empreendimento é o responsável direto pela elaboração do plano, o qual deve ser continuamente revisado em base às experiências nas unidades já executadas.

A seguir, encontra-se descrito o conteúdo de cada uma das medidas consideradas.

1. Autoridades a consultar

- Caixa Econômica Federal: financiamento e restrições orçamentárias.
- Prefeitura da localidade: plano diretor, infraestrutura da zona, existência de terrenos que possam ser usados, equipamentos para movimento de terra.
- FEPAM: aspectos relacionados ao meio ambiente.

- CORSAN: existência de infra-estrutura e viabilidade de abastecimento de água e rede de esgoto (custos e prazos).
- CEEE: existência de infra-estrutura e viabilidade de abastecimento de energia elétrica (custos e prazos).
- Secretaria Municipal da Saúde: aprovação a respeito dos sistemas de tratamento de esgotos.
- INSS: requisitos para inscrição da firma, taxas, formulários, calendário de pagamentos, etc.

2. Estrutura organizacional e responsabilidades

Na Figura 5.5 é mostrada esquematicamente a estrutura organizacional da empresa para este tipo de empreendimento, com as responsabilidades de cada hierarquia.

Cabe ressaltar que, ao executar-se os conjuntos em diferentes localidades, e dado o pequeno porte da empresa que não permite ter um gerente de obras em cada canteiro, os gerentes da empresa e de obras têm que se deslocar através das diversas obras, permanecendo dois ou três dias em cada canteiro.

O encarregado da obra terá mais funções administrativas que técnicas, conforme indicado, já que a parte técnica ficará preenchida, em geral, pela presença alternada dos outros gerentes.

3. Estabelecimento de reuniões de coordenação

Estabeleceu-se as seguintes reuniões:

- a) Uma reunião semanal entre o gerente do empreendimento, gerente de obras, e encarregado da obra para:
 - Avaliar o avanço físico da obra;
 - Identificar problemas de qualidade e produtividade;
 - Avaliar o fornecimento de materiais; e
 - Avaliar a mão-de-obra.

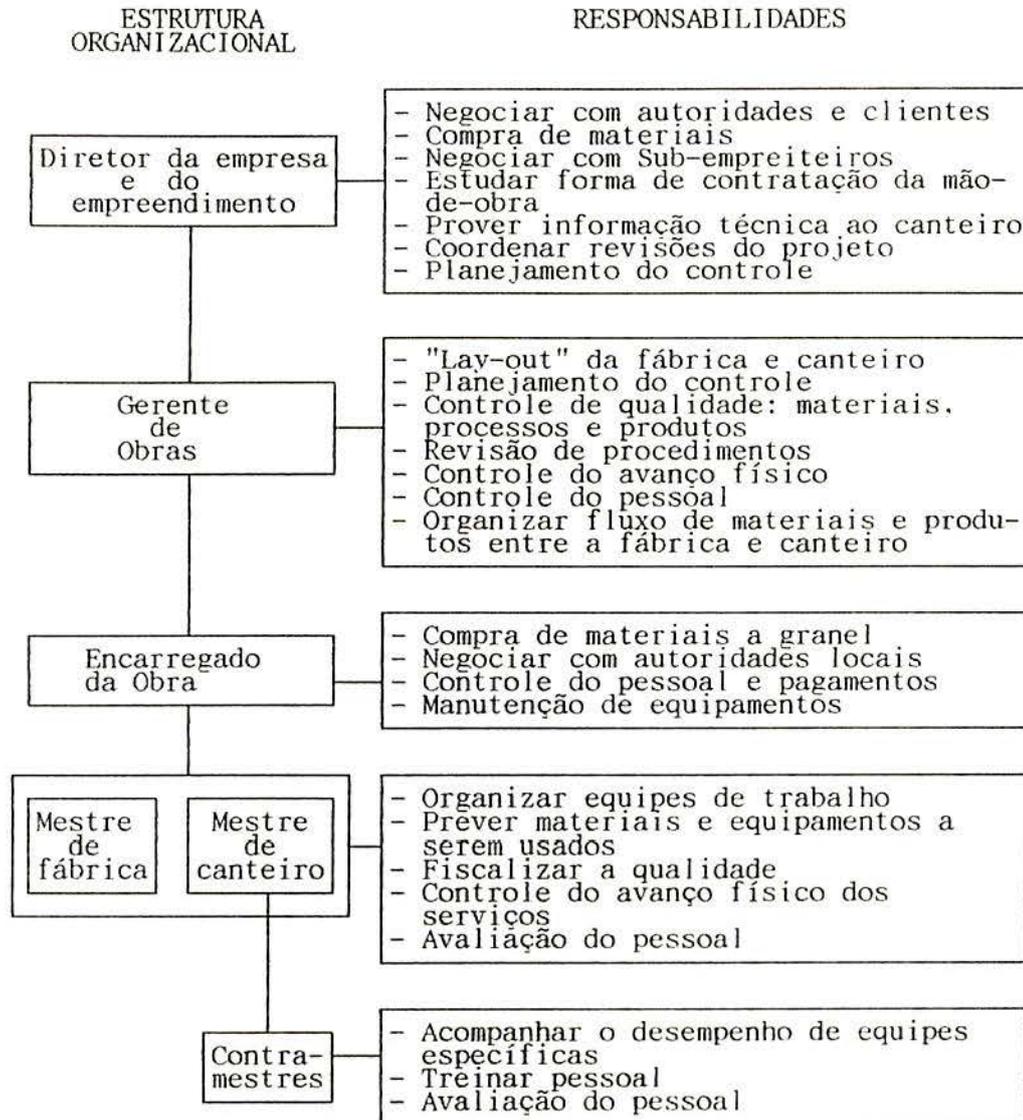


Figura 5.5 - Estrutura organizacional e responsabilidades

- b) Reunião semanal entre gerente do empreendimento, gerente de obra e mestres para:
- Revisar o "lay-out" do canteiro;
 - Programar contratação ou demissão da mão-de-obra;
 - Definir incertezas no projeto e procedimentos; e
 - Revisar os dados do controle.
- c) Reunião mensal entre gerente do empreendimento e o promotor, para avaliar o avanço físico da obra e discutir a qualidade dos serviços fiscalizados.

4. Revisão do projeto

O projeto da unidade, que é único, está sujeito a uma constante revisão, sendo modificado quando:

- a) Apresentam-se problemas no processo construtivo;
- b) Apresentam-se problemas no uso;
- c) As condições de financiamento do promotor exigem mudança de materiais e acabamentos;
- d) Existe a possibilidade de usar materiais de características diferentes aos do projeto original, por facilidades de fornecimento nas diversas localidades, como, por exemplo, tijolos, telhas, aparelhos sanitários e metais;
- e) Existe a necessidade de mudanças para melhorar o desempenho do produto e/ou do processo.
- f) As variações no preço dos materiais considerados inicialmente não permitem o uso destes dentro das limitações orçamentárias.

As modificações resultantes da revisão do projeto, devem ficar documentadas no escritório principal com sua respectiva data, ao mesmo tempo que serão enviadas aos encarregados da produção pelo gerente do empreendimento, cuidando-se para que as plantas e informações vencidas sejam removidas do local de uso.

5. Definição de requisitos de qualidade não especificados no projeto

Dada a variabilidade dos materiais encontrados em cada localidade e a possibilidade de contratar diferentes sub-empreiteiros, deverão ser definidos requisitos de qualidade, principalmente nos seguintes elementos:

- Tijolos: tolerância dimensional;
- Madeira: umidade para recebimento e tempo de secagem (quando necessário); e
- Esquadrias: tolerância de medidas e acabamento superficial.

6. Dados do terreno de fundação

Em cada implantação é necessário fazer uma inspeção visual do terreno, verificando a capacidade de suporte do solo, o nível do lençol freático e a variação dos estratos resistentes.

Será verificado se o dimensionamento da fundação é compatível com a capacidade de suporte do solo. Caso contrário, aquela será redimensionada.

7. Definição de serviços a sub-contratar

A política da empresa é tentar, sempre que possível, evitar a contratação de sub-empregados. Entretanto, em serviços como esquadrias de madeira, esquadrias de ferro e vidros sempre será considerada a sub-contratação, levando em conta as seguintes diretrizes:

- Esquadrias de madeira (portas e janelas): embora a empresa tenha capacidade para produzir estas, deve-se considerar sub-contratar uma parcela destas - aproximadamente 50% - mas sem incluir pintura, fechaduras ou montagem. Com esta medida, evita-se que a empresa, por um lado, fique sujeita a problemas com o fornecimento da madeira ou falta de mão-de-obra qualificada e, por outro lado, fique em total dependência dos sub-empregados.
- Esquadrias de ferro: a sub-contratação não deve incluir pintura nem montagem.
- Vidros: a sub-contratação deve incluir a colocação.

8. Identificação de riscos no processo de execução

Foram previamente identificados os seguintes riscos:

a) Fábrica

- Concreto de baixa qualidade por uso de cimento armazenado em condições inadequadas;
- Fissuras nas peças de concreto por mau empilhamento, desforma e carregamento;

- Nível de ruído elevado pelo funcionamento de equipamentos para o preparo da madeira; e
- Perigo de acidentes para o pessoal no uso de equipamentos de preparo da madeira.

b) Canteiro

- Desvios no prumo de pilaretes podem comprometer a estabilidade da estrutura;
- A montagem dos painéis de cobertura pode ocasionar danos ao revestimento externo;
- Deficiências no apoio dos painéis de cobertura na cinta de amarração de alvenaria podem comprometer a estabilidade dos painéis; e
- A incidência de chuva sobre os painéis de cobertura montados no canteiro, pode impedir a colocação de telhas.

9. Medidas para responder aos riscos

Na mesma ordem do item anterior, são indicadas as medidas que visam a sanar os problemas levantados:

a) Fábrica

- Preparo de manual de recebimento e armazenagem de materiais, com treinamento do pessoal;
- Preparo de "lay-out" para empilhamento, com treinamento do pessoal;
- Preparo da madeira em local isolado e uso de proteção pelo pessoal contra o ruído; e
- Uso de equipamentos de segurança no preparo da madeira.

b) Canteiro

- Controle do prumo dos pilaretes, se possível usando um gabarito em todas as unidades;
- Definir um procedimento adequado para a montagem de painéis, protegendo estes e outros elementos da unidade;
- Controle da existência de apoios inadequados nas unidades; e

- Incluir instruções nos procedimentos para que a montagem de cobertura e a colocação de telhas sejam sempre feitas no mesmo dia.

10. Preparo de plano de controle

É desenvolvido especificamente para cada serviço. No item 5.7 apresenta-se um exemplo de plano de controle.

11. Preparo de manual de uso

Considerando que o objetivo do trabalho está dirigido aos serviços, e em função de limitações de espaço, este manual não é apresentado.

Considera-se que as medidas de garantia da qualidade indicadas acima são as mais importantes para este empreendimento. Existem ainda outras medidas, as quais se encontram implicitamente consideradas no planejamento do controle (item 5.7) e na implementação deste nos processos. Estas são:

- a) Consideração de parâmetros para a execução confiável das tarefas;
- b) Comprovação das dificuldades acarretadas à execução pelo projeto; e
- c) Documentação dos resultados do controle.

5.5. DIVISÃO DA OBRA EM MACRO-SERVIÇOS

A divisão da obra em macro-serviços está indicada na Figura 5.4. Este macro-fluxo foi elaborado a partir da observação de como os serviços são efetivamente executados no local. Foram feitas revisões por parte dos responsáveis no sentido de definir a melhor seqüência de produção e assim evitar a repetição de erros acontecidos.

No macro-fluxo, além da seqüência em que são executados os serviços no canteiro, pode-se apreciar a forma como se agregam os elementos produzidos na fábrica, assim como são indicados os principais materiais necessários em cada serviço. Desta forma, tem-se uma idéia geral do processo de produção.

5.6. HIERARQUIZAÇÃO DE SERVIÇOS A SEREM CONTROLADOS

A seguir são indicados os fatores que permitirão estabelecer uma hierarquia dos serviços a serem controlados.

5.6.1. Custo dos serviços

A partir do orçamento original, no qual os serviços foram agrupados conforme a previsão de desenvolvimento real no canteiro, foram calculadas as percentagens de cada serviço em relação aos custos de produção de uma unidade (Tabela 5.1). Não foram considerados os custos indiretos, os quais são divididos entre o total de unidades.

Tabela 5.1 - Participação percentual dos serviços no custo de uma unidade.

	% Custo
1) KITS (FABRICA)	
1.1 Esquadrias de madeira	14.6
1.2 Cobertura e oitões de madeira	16.6
1.3 Pré-moldados de concreto	17.6
1.4 Instalações elétricas	2.9
1.5 Instalações hidro-sanitárias	5.3
2) TRANSPORTE KITS E ACCESSÓRIOS	
2.1 Embalagem e acondicionamento	1.7
2.2 Carga na fábrica	1.0
2.3 Fretes fábrica-obra	2.0
2.4 Seguros frete	0,4
3) TRABALHOS NA OBRA	
3.1 Descarga	0,6
3.2 Marcação do lote	0,2
3.3 Limpeza	0,4
3.4 Escavação e reaterro	0,4
3.5 Montagem sapatas e pilaretes	1,0
3.6 Montagem pré-moldados de piso	2,2
3.7 Execução alvenaria e vergas	8,9
3.8 Montagem kit cobertura	2,0
3.9 Cobertura com telha cerâmica	4,6
3.10 Cumeeira com telha cerâmica	1,1
3.11 Montagem kit Esquadrias	1,3
3.12 Montagem kit hidro-sanitário	1,1
3.13 Revestimento paredes e pisos	5,5
3.14 Montagem kit elétrico	1,1
3.15 Pintura de paredes e retoques	3,2
3.16 Limpeza e revisão	0,7
3.17 Fossa séptica, filtro e ligações	3,3
TOTAL = 100,0	

A partir destes percentuais, identificou-se as etapas do processo mais importantes em termos de custo e selecionou-se sete delas, apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Serviços mais representativos em termos de custo

SERVIÇO	% Custo
1.3 Pré-moldados de concreto	17.6
1.2 Cobertura e oitões de madeira	16.6
1.1 Esquadrias de madeira	14.6
3.7 Execução de alvenaria e vergas	8.9
3.13 Revestimento de paredes e pisos	5.5
1.5 Instalações hidro-sanitárias	5.3
3.9 Cobertura com telha cerâmica	4.6
Total = 73,1 %	

Os sete serviços indicados na Tabela 5.2 correspondem a mais de 70% do custo da unidade, sendo bastante significativo os custos dos elementos de madeira, que, no seu conjunto, estão acima dos pré-moldados de concreto.

Os serviços indicados podem ser agrupados e segmentados conforme o desenvolvimento da obra, mas os valores observados não sofrem variações significativas. Portanto, a classificação adotada pode servir na definição dos serviços a serem controlados.

5.6.2. Outros fatores

Conforme indicado no item 4.2, existem outros fatores a serem considerados na hierarquização de serviços. Não é possível citar todos aqueles observados no empreendimento. Entretanto pode-se indicar, a título de exemplo, alguns fatores importantes, relacionados a alguns serviços ou parte destes. São eles:

- a) Montagem do kit de cobertura no canteiro: o serviço apresenta dificuldades no momento de elevar os painéis, devido ao seu peso e dimensões, ocasionando danos nas paredes e dificultando a sua fixação;
- b) Placas de concreto: o acabamento superficial é muito irregular, inclusive apresentando fissuras pela desforma inadequada. Os usuários chamaram a atenção

para esta falta de qualidade num questionário realizado pela empresa: e

- c) Alvenaria: observa-se as dimensões de juntas fora da especificação. Também não existe um controle adequado na produção da argamassa de assentamento.

Sendo o objetivo do trabalho aplicar a metodologia proposta num contexto geral, a nível de serviços, pode-se indicar, com base no fator de custo, a prioridade ao controle dos seguintes serviços:

- a) Pré-moldados de concreto;
- b) Cobertura e oitões de madeira;
- c) Esquadrias de madeira; e
- d) Execução de alvenaria e vergas.

Em função das restrições de tempo neste trabalho, só foi desenvolvido o controle do serviço de produção de pré-moldados de concreto.

5.7. SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (FÁBRICA)

5.7.1. Divisão do serviço em processos

A divisão dos serviços em processos ou unidades de produção foi realizado tomando como base a observação da produção nas primeiras unidades. Embora neste estágio as equipes não estivessem muito bem definidas, fez-se um levantamento aproximado do consumo da mão-de-obra de cada processo observado e suas operações. Este levantamento, o qual se encontra descrito no Anexo, permitiu definir as equipes envolvidas na produção dos elementos ao ritmo estabelecido de uma unidade por dia.

Os processos identificados encontram-se descritos no item 5.7.5, e resumidamente indicados na figura 5.6.

Processo	Equipe
1- Receb. e arm. de materiais	variável**
2- Produção de vigas	meio-oficial + 3 serventes
3- Aço vigas	meio-oficial + 1 servente
4- Produção de placas* (3 sub-processos)	
Formas e concretagem	2 meio-oficiais+ 1 servente
Limpeza placas	1 servente
Transporte de placas	2 serventes
5- Aço placas	meio-oficial + 1 servente
6- Produção de concreto	3 serventes
7- Carregamento de materiais	variável**
* O processo 4 tem 3 sub-processos, conforme indicados com suas respectivas equipes.	
** Estes processos são executados em caráter eventual pelo pessoal das outras equipes.	

Figura 5.6 - Sub-divisão do serviço de produção de pré-moldados de concreto em processos com suas equipes

No processo de produção de placas foram agrupados três sub-processos, para que estes fossem identificados com um produto final, como no caso da produção de vigas.

Na Figura 5.7 é apresentado o "lay-out" da fábrica no que se refere ao processo de produção de vigas, indicando as áreas de trabalho das equipes, localização de materiais e vias de acesso. Os "lay-outs" dos demais processos encontram-se nos seus padrões técnicos, apresentados nas figuras 5.34 e 5.37.

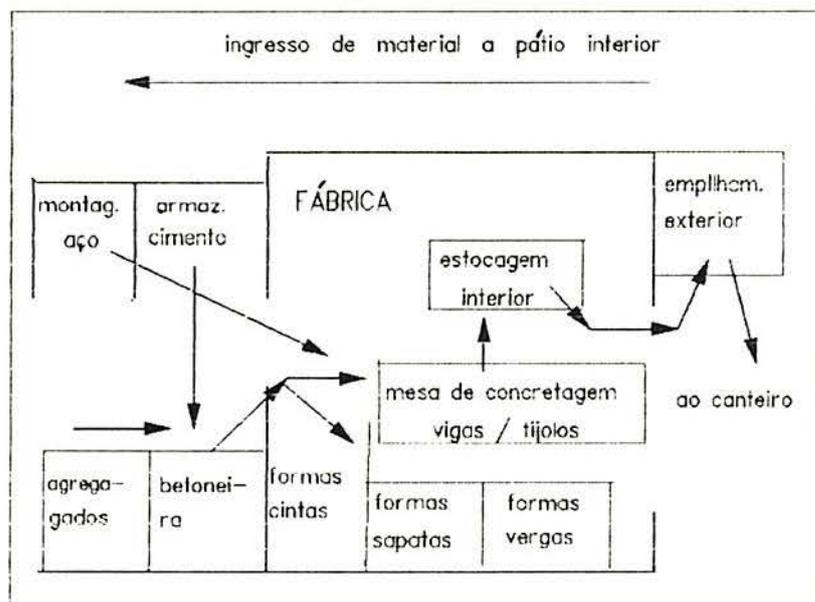


Figura 5.7 - "Lay-out" do processo de produção de vigas

5.7.2. Elaboração do diagrama causa-efeito do serviço

Na Figura 5.8 é mostrado o diagrama causa-efeito relativo à produção de peças pré-moldadas de concreto armado, o qual foi adaptado a partir de um exemplo indicado por García⁽²³⁾. Este segue uma orientação geral, isto é, são levantados aqueles fatores gerais que afetam a qualidade do serviço, mas sem considerar necessariamente a seqüência de produção descrita no item anterior, o qual pode ser feito já na análise de problemas específicos.

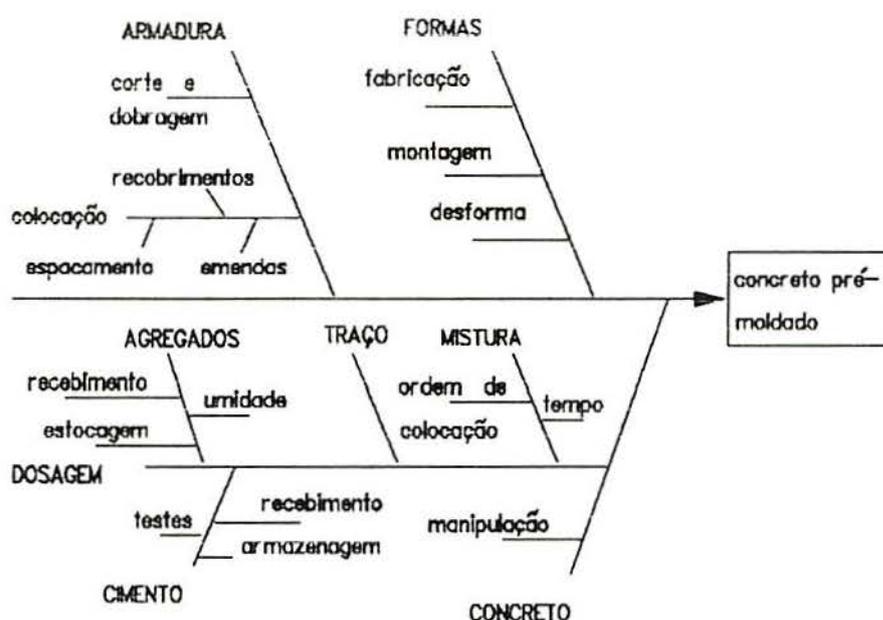


Figura 5.8 - Diagrama causa-efeito do concreto pré-moldado

5.7.3. Divisão dos processos em operações

A seguir são indicados os processos e suas operações, com o respectivo fluxo destes, baseados nas observações feitas durante a produção. As linhas pontilhadas indicadas no fluxo dos processos significam que as operações cobertas por elas são realizadas por uma mesma pessoa da equipe, a qual não intervém nas demais operações.

Processo de produção de vigas (peças para uma unidade)

1. Desforma
 2. Transporte ao exterior
 3. Limpeza de formas
 4. Montagem de formas
 5. Colocação de armadura
 6. Concretagem
- A. Processo anterior: aço vigas
 B. Processo anterior: produção de concreto

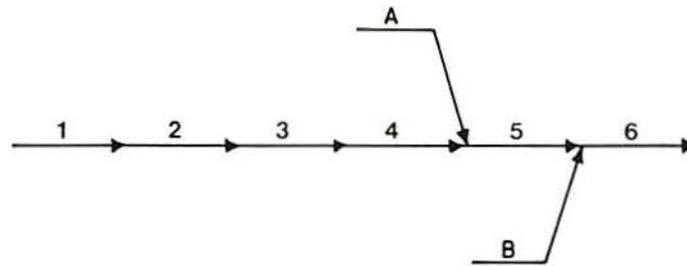


Figura 5.9 - Fluxo do processo de produção de vigas

Processo aço vigas

1. Corte de barras e tela
2. Dobragem de tela
3. Dobragem de barras
4. Montagem de armadura



Figura 5.10 - Fluxo do processo de aço vigas

Processo de produção de placas

- Sub-equipes 1 e 2 (para uma placa):
 (operações 2 a 5 executadas pela sub-equipe 1)
1. Limpeza de formas (sub-equipe 2)
 2. Montagem de formas
 3. Colocação de armadura
 4. Concretagem
 5. Empilhamento interior
- A. Processo anterior: aço placas
 B. Processo anterior: produção de concreto

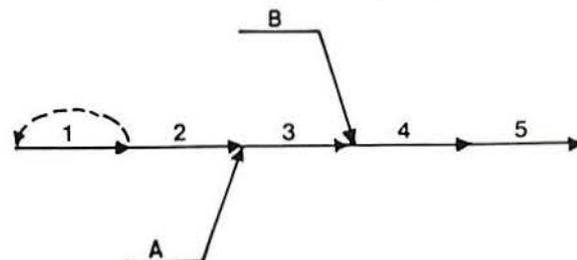


Figura 5.11 - Fluxo do processo de produção de placas

Sub-equipe 3: transporte de placas (cada 2 placas)

1. Carregamento e transporte
2. Desforma
3. Empilhamento

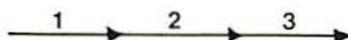


Figura 5.12 - Fluxo do processo de transporte de placas

Processo aço placas

1. Corte de tela e barras
2. Dobragem de tela
3. Montagem de armadura

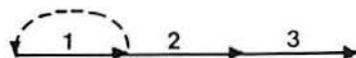


Figura 5.13 - Fluxo do processo de aço placas

Processo produção de concreto

São ciclos alternados de concretagem e peneiragem, com sua duração aproximadamente definida. Na padronização está definida a rotina desta equipe.

Processo de carregamento

Tem ciclo indefinido e é executado por pessoal das diversas equipes no momento necessário, em função das folgas que estas têm (ver Anexo), a exceção das equipes de produção de vigas e a sub-equipe 1 de produção de placas.

5.7.4. Análise do processo

Na análise do processo os passos indicados no item 4.3.4 foram agrupados em três fases. A primeira compreende desde a identificação de clientes e fornecedores até a análise da importância dos itens. A segunda compreende a definição de padrões para os itens e preparo de fichas de controle, e a terceira corresponde à análise e solução de problemas. Estas são indicadas a seguir:

a) Identificação de clientes e fornecedores, características da qualidade e itens de controle

As informações relativas à identificação dos clientes e fornecedores, características da qualidade e itens de controle são apresentadas sob a forma de fichas.

A identificação dos clientes e fornecedores obedece principalmente à observação e ao conhecimento que se tem sobre o processo produtivo, sendo de utilidade neste ponto o macrofluxo apresentado na Figura 5.4.

Na identificação das características de qualidade e definição dos itens de controle, procura-se fazer um levantamento geral destes a partir do diagrama causa-efeito apresentado na Figura 5.8.

A definição dos itens a controlar e sua forma de controle depende do conhecimento que se têm sobre a qualidade dos produtos obtidos nos processos sendo executados, assim como aos recursos disponíveis para o controle. A divisão dos tipos de controle em estatístico (CE), por listas de verificação (CL), por procedimentos e treinamento (CP), ou como sendo desnecessário (CD), permitem uma flexibilidade neste sentido.

Nas Figuras 5.14 a 5.17 são apresentadas as fichas de análise dos processos aço vigas (Fig. 5.14), produção de placas (Fig. 5.15), aço placas (Fig. 5.16) e produção de concreto (Fig. 5.17). A ficha da análise do processo de produção de vigas foi apresentada no Cap. 4 (Fig. 4.6).

Pode-se observar que na maioria dos processos o controle ocorre por listas de verificação (CL) e por procedimentos e treinamento (CP), este último especialmente na produção de concreto. Os itens indicados com CL, são os que figuram nas listas de verificação.

ANÁLISE PROCESSO: AÇO VIGAS	RESPONSÁVEL: H.B.	DATA :
<u>Processos anteriores</u> Recebimento e armazenagem de materiais		
<u>Processos posteriores</u> Vigas (concretagem)		
<u>Características de qualidade</u> Conformidade da armadura com o projeto estrutural		
<u>Itens de controle</u>		<u>Tipo controle</u>
Tipo, quantidade e posição de barras		CL
Tolerância de espaçamento barras (vigas)		CL
Amarração		CL
Emendas		CL
<u>Itens de controle de produtividade</u> HH/aço vigas Kg aço/unidade		
<u>Legenda</u> CE = controle estatístico CP = controle por procedimentos e treinamento CL = controle por listas de verificação CD = controle desnecessário		

Figura 5.14 - Ficha de análise do processo de aço vigas.

ANÁL. PROCESSO: PRODUÇÃO DE PLACAS (Formas-concret./limpeza/transp.)	RESP.: H. B.	DATA :
<u>Processos anteriores</u> Aço placas Produção de concreto		
<u>Processos posteriores</u> Carregamento e transporte ao canteiro Montagem de placas no canteiro Alvenaria		
<u>Característica de qualidade</u> Durabilidade das peças Aspecto exterior das peças Resistência das peças Identificação das peças		
<u>Itens de controle</u>		<u>Tipo controle</u>
Limpeza de formas		CL
Estanqueidade e travamento de formas		CL
Recobrimento da armadura		CL
Adensamento		CP
Cura		CP
Marcação data de concretagem no kit		CL
Fissuras		CL
Arestas defeituosas		CL
Armadura visível		CL
Estabilidade dimensional		CD
Acabamento superficial		CL
Empilhamento interno		CD
Empilhamento externo		CL
Peças rejeitadas		CE
<u>Itens de controle de produtividade</u> HH/placas HH/transporte Desmoldante/placas Número de usos das formas		
<u>Legenda</u> CE = controle estatístico CP = controle por procedimentos e treinamento CL = controle por listas de verificação CD = controle desnecessário		

Figura 5.15 - Ficha de análise do processo de produção de placas.

ANÁLISE PROCESSO: AÇO PLACAS		RESP.: H.B.	DATA :
<u>Processos anteriores</u> Recebimento e armazenagem de materiais			
<u>Processos posteriores</u> Placas (concretagem)			
<u>Características de qualidade</u> Durabilidade das peças Resistência das peças			
<u>Itens de controle</u>		<u>Tipo controle</u>	
Tipo, quantidade e posição de barras		CL	
Emendas		CL	
<u>Itens de controle de produtividade</u> HH/placas Kg aço/placas			
<u>Legenda</u> CE = controle estatístico CP = controle por procedimentos e treinamento CL = controle por listas de verificação CD = controle desnecessário			

Figura 5.16 - Ficha de análise do processo de aço placas.

ANÁLISE PROCESSO: PRODUÇÃO CONCRETO		RESP.: H.B	DATA :
<u>Processos anteriores</u> Recebimento e armazenagem de materiais			
<u>Processos posteriores</u> Vigas (concretagem) Placas (concretagem)			
<u>Características de qualidade</u> Durabilidade do concreto Resistência do concreto Trabalhabilidade			
<u>Itens de controle</u>		<u>Tipo controle</u>	
Relação a/c		CL,CP	
Traço		CL,CP	
Ordem de colocação de agregados		CL,CP	
Tempo de mistura		CL,CP	
"Slump"		CL	
Transporte		CD	
<u>Itens de controle de produtividade</u> HH concretagem/unidade HH peneiragem/unidade Cimento/unidade Cascalho/unidade Brita/unidade			
<u>Legenda</u> CP = controle por procedimentos e treinamento CL = controle por listas de verificação CD = controle desnecessário			

Figura 5.17 - Ficha de análise do processo de produção de concreto.

b) Padrões para os itens de controle

Os itens de controle, de forma geral, constituem-se em atributos, uma vez que não existem variáveis quantitativas que

permitam controlar a maioria das características de qualidade. Este é o caso de alguns dos itens que estão nas listas de verificação, onde o padrão de aceitação destes dependerá de uma análise por parte do inspetor.

Na medida do possível, deve-se definir os padrões, mesmo que estes exijam por parte dos responsáveis algum tipo de julgamento baseado em critérios subjetivos. Este tipo de situação é bastante comum em função da normalização insuficiente.

A resistência do concreto, por sua vez, recebeu um tratamento especial já que existem normas técnicas para seu controle. Por esta razão, está indicada, a seguir, a sua forma de controle:

1. Resistência do concreto

A resistência característica (f_{ck}) do concreto para todos os elementos é de 15 MPa. Segundo a NB-1/78⁽³⁾, considerando as condições de controle na fábrica, a resistência de dosagem (f_{cj}) é de 26 MPa.

O volume de concreto por unidade habitacional é pouco significativo, da ordem de 2,7 m³ por unidade, distribuídos de acordo à Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Quantidades e classes de concreto para os elementos pré-moldados de uma unidade

Elemento	Vol. (m ³)	Traço em volume cim :casc.:brita	fator a/c	peneiramento cascalho*
Placas Tijolos	1,40 m ³ 0,08 m ³	1 : 5	0,40	peneira 20mm
Vigas	0,80 m ³	1 : 4 : 1	0,40	peneira 40mm
Vergas Sapatas	0,32 m ³ 0,12 m ³	1 : 5	0,40	peneira 40mm
* O cascalho é uma mistura natural de seixo rolado e areia.				

Optou-se por implantar o controle da resistência do concreto na produção de vigas e placas, dada a importância estrutural destes elementos. Nos demais elementos a preocupação com a resistência do concreto é menor já que os mesmos estão superdimensionados.

O controle é executado em dois estágios: durante a produção e na aceitação. No primeiro são elaborados gráficos de controle e no segundo é avaliada a resistência característica estimada ($f_{ck,est}$), com a qual se aceita ou rejeita o concreto.

Quanto à aceitação, seguindo as diretrizes da NB-1/78⁽³⁾, optou-se por um controle assistemático, considerando como um lote cada conjunto de 75 unidades. São tomados exemplares a cada duas semanas, tanto nas vigas como placas, o que resulta em 8 exemplares para cada lote.

A resistência considerada para cada exemplar é o maior entre os dois valores obtidos no ensaio de compressão (f_i). Conhecidas as resistências dos exemplares ($f_1 < f_2 < \dots < f_7 < f_8$), o valor estimado da resistência característica à compressão é calculado da seguinte forma:

$$f_{ck,est} = (G6) f_1 \quad (5.1)$$

Onde:

$$G6 = 0,93 \text{ (coeficiente indicado na NB1/78}^3 \text{ para } n = 8)$$

f_1 = menor valor das resistências dos exemplares

O $f_{ck,est}$ não pode ser maior que 0.85 da média aritmética dos oito exemplares (f_{cjm}).

O controle de produção, diferentemente do controle de aceitação, permite localizar os estágios da produção que são responsáveis pelo concreto deficiente, e, conseqüentemente, tomar medidas corretivas quando necessário.

O controle de produção é efetuado sob a forma de gráficos. A partir destes, pode-se apreciar a variabilidade efetiva do processo de produção. Nestes gráficos são lançados os resultados dos exemplares, indicando f_{cjm} (resistência média dos exemplares), f_{cj} (resistência de dosagem) e f_{ck} (resistência característica).

No mesmo gráfico, pode ser ainda lançada a média móvel (média de cada 3 resultados consecutivos), onde tendências para baixo indicam anomalias no processo e tendências para cima configuram uma situação anti-econômica.

Nas figuras 5.18 e 5.19 são indicadas as fichas de controle utilizadas tanto no processo de produção de vigas como de placas. Na ficha da Figura 5.18, realiza-se o controle de aceitação com base nos resultados obtidos nos ensaios, calculando-se também a média móvel. Na ficha da Figura 5.19, faz-se o controle de produção o por meio do gráfico de controle, onde são lançados os dados anteriores.

CONTROLE DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO EM VIGAS						
$f_{ck} = 15 \text{ Mpa}$ $f_{cj} = 26 \text{ Mpa}$		Volume concreto = 60 m^3 Tipo de controle = assistemático			Responsável	
Exemplar	Data		fc corpo (Mpa)	fc exem. (Mpa)	fc ordem crescente	fc móvel
	Moldag.	Ensaio				
1						-----
2						-----
3						
4						
5						
6						
7						
8						
n	G6	(G6)f1	f_{cjm}	$0,85f_{cjm}$	$f_{ck,est} < \text{ou}$ $(G6)f1$ $0,85f_{cjm}$	
$f_{ck} > 15 \text{ Mpa} ?$		Aceitação		Rejeição		Data:
Observações						

Figura 5.18 - Ficha de controle de aceitação do concreto.

GRÁFICO DE CONTROLE DE PRODUÇÃO DE CONCRETO - VIGAS																		
f_c (Mpa)	29																$f_{c,j}=26$ Mpa	
	28																	
	27																	
	26																	
	25																	
	24																	
	23																	
	22																	
	21																	
	20																	
	19																	
	18																	
	17																	
	16																	
	15																	
	14																	
	13																	$f_{ck}=15$ Mpa
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Exempl.	
Tendências : Subir () Descer () Estável ()																		
Tempo de desforma : horas																		
Permite manuseio das peças na desforma : Sim () Não ()																		
Observações :																		
.....																		
.....																		
.....																		

Figura 5.19 - Ficha de controle de produção do concreto.

2. Padrões para os outros itens

Os itens nos quais é indicado o controle através de listas de verificação, têm um controle conjunto durante a produção diária, sendo seus padrões indicados sob forma de fichas. Nestas, estão relacionados os itens de controle, como e em que momento medi-los, a freqüência do controle, o responsável e os ajustes ou correções necessários em caso de desconformidades.

Conforme já foi salientado anteriormente alguns destes padrões envolvem aspectos subjetivos e a decisão de aceitar ou rejeitar depende do julgamento da pessoa encarregada do controle.

As listas de verificação devem ser acompanhadas dos padrões sendo preenchidas com respostas do tipo sim ou não. Sua apresentação deve estar na mesma seqüência do processo de produção observado, de forma a facilitar o controle.

Nas Figuras 5.20 a 5.26 são apresentadas fichas de padrões e listas de verificação. No Capítulo 4, já foram apresentadas as fichas correspondentes à lista de verificação e padrões para o processo de produção de vigas (Figuras 4.8 e 4.7), sendo esta lista de verificação complementada também pela ficha de padrões para o processo de aço de vigas (Fig. 5.20).

A Figura 5.21 corresponde à lista de verificação do processo de produção de placas. As Figuras 5.22, 5.23 e 5.24 correspondem respectivamente às fichas de padrões para os processos de produção de placas, aço placas e produção de concreto.

Pode-se notar que nas listas de verificação dos processos de produção de vigas e placas já estão incluídos os itens de controle do processo de produção de concreto.

As fichas de controle de mão-de-obra são indicadas nas Figuras 5.25 e 5.26 para os processos de produção de placas, nas sub-equipes 3 e 2 respectivamente. No Capítulo 4 foram apresentadas as fichas para o processo de produção de vigas e a sub-equipe 1 do processo de produção de placas (Fig. 4.9)

Os levantamentos de consumo de mão-de-obra e materiais seguem a seguinte frequência estabelecida:

- a) Mão-de-obra.....cada 5 unidades
- b) Materiais.....cada 20 unidades

Na Figura 5.27 é apresentada uma ficha para o controle de produtividade de materiais.

PADRÃO PROCESSO AÇO VIGAS		RESPONSÁVEL :	FREQUÊNCIA : Diária
Item de controle	Como controlá-lo	Padrão	Ajuste
Tipo, quantidade e posição de barras	Por inspeção visual, antes da colocação nas formas	Devem estar conforme ao projeto no que tange a: - bitola - quantidade - posição	Aumentar, diminuir ou reposicionar os elementos necessários; se não for possível, usar armaduras do estoque intermediário.
Tolerância de espaçamento de barras nas vigas	Por inspeção visual e medição com trena em diversos pontos das peças, antes da colocação nas formas	O espaçamento das barras superiores e inferiores deve ser: 1,4 cm < e < 2,6 cm	Reposicionar as barras para cumprir com as tolerâncias

Figura 5.20 - Ficha de padrões do processo de aço vigas.

LISTA DE VERIFICAÇÃO - CONCRETO PRÉ-MOLDADO		
RESPONSÁVEL:	DATA :	
PROCESSO : PLACAS (Formas-concretagem/limpeza/transporte)	SIM	NÃO
- O tipo, quantidade e posição de barras é conforme o especificado?		
- As emendas nas armações estão conforme o especificado?		
- As formas estão limpas?		
- As formas estão estanques e com travamento?		
- O recobrimento da armadura é o especificado?		
- Está marcada a data de concretagem?		
- Inexistência de fissuras em placas?		
- Fissuras em placas não comprometem o desempenho?		
- Inexistência de arestas defeituosas em placas?		
- Arestas defeituosas em placas são passíveis de arrematar sem comprometer o desempenho das peças?		
- Não existe armadura visível nas placas?		
- Armadura visível em placas não compromete o desempenho das peças?		
- O acabamento da superfície é lisa e regular?		
- As placas estão empilhadas conforme o "lay-out" no exterior?		
- A relação água/cimento é a especificada?		
- O traço é o especificado?		
- A ordem de colocação de agregados é a especificada?		
- O tempo de mistura é o especificado?		
- O abatimento é o especificado?		

Figura 5.21 - Lista de verificação do processo de produção de placas.

PADRÃO PROCESSO PRODUÇÃO DE PLACAS		RESPONSÁVEL :	FREQUÊNCIA : Diária
Item de controle	Como controlá-lo	Padrão	Ajuste
Limpeza de formas	Por inspeção visual, após a montagem	Superfícies limpas, isentas de elementos estranhos à forma	Limpar a superfície e retirar os elementos estranhos por completo
Estanqueidade das formas e travamento	Por inspeção visual, após montagem e durante a concretagem	Junção segura entre fundo e laterais, sem permitir vazamentos	Segurar as formas
Recobrimento da armadura	Por medição com trena em diversos pontos das peças, após a colocação da armadura	Rec. > 1,5 cm	Usar espaçadores onde for necessário; senão for possível, trocar a armadura por uma do estoque intermediário
Marcação da data de concretagem no kit	Por inspeção visual, após desforma	Marca visível em alguns elementos	Marcar algumas peças
Fissuras	Por inspeção visual, após traslado	Não visíveis	Rejeitar
Arestas defeituosas	Por inspeção visual, após traslado	Definido pelo inspetor	Rejeitar
Armadura visível	Por inspeção visual, após traslado	Visível em até 10% do comprimento da peça	Rejeitar, e caso ter armadura visível dentro do padrão, aplicar tinta à base de epóxi
Acabamento superficial	Por inspeção visual, após traslado	Definido pelo inspetor	-----
Empilhamento externo	Por inspeção visual, após empilhamento	Colocação de peças conforme o projeto	Reposicionar as peças (Ver Lay-out)

Figura 5.22 - Ficha de padrões do processo de produção de placas.

PADRÃO PROCESSO AÇO PLACAS		RESPONSÁVEL :	FREQUÊNCIA : Diária
Item de controle	Como controlá-lo	Padrão	Ajuste
Tipo, quantidade e posição de barras	Por inspeção visual, antes da colocação nas formas	Devem estar conforme o projeto no que tange a: - bitola - quantidade - posição	Aumentar, diminuir ou reposicionar os elementos necessários; se não for possível, usar armaduras do estoque intermediário
Emendas e posição de furos	Por inspeção visual, antes da colocação nas formas	As emendas devem ser > 30 cm	Rejeitar e usar outra armadura do estoque intermediário

Figura 5.23 - Ficha de padrões do processo de aço de placas.

PADRÃO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONCRETO		RESPONSÁVEL :	FREQUÊNCIA : Diária (1 betonada em vigas) (1 betonada em placas)
Item de controle	Como controlá-lo	Padrão	Ajuste
Relação a/c	Por medição da quantidade de água no preparo da mistura	A quantidade de água para 1 saco de cimento deve ser : 19,4 l < a < 20,6 l	Corrigir, indicando ao encarregado da betoneira a forma de medir o volume de água
Traço	Por medição de volumes no preparo da mistura (Caixas)	Vigas 1 : 4 : 1 (cim : cas : bri) Placas 1 : 5 (cim : cas)	Corrigir trabalho da equipe
Ordem de colocação dos agregados	Por inspeção visual, no preparo da mistura	Devem ser colocados na seguinte ordem : Água = 60% Casalho= 60%(3 caix) Cimento =100% Casalho= 40%(2 caix) Água = 40%	Corrigir trabalho da equipe
Tempo de mistura	Por controle do tempo na preparação da mistura, após colocados todos os materiais	Tempo > 2,0 minutos	Corrigir trabalho da equipe
Abatimento	Por ensaio, durante o preparo da mistura	Abatimento < 5 cm	Revisar a dosagem

Figura 5.24 - Ficha de padrões do processo de produção de concreto.

CONTROLE DE MÃO-DE-OBRA						
PROCESSO : PLACAS		RESPONSÁVEL :			DATA :	
SUB-EQUIPE 3 (traslado 2 placas) : 2 serventes						
OPERAÇÃO	DATA	HORA		EQUIPE	TEMPO PARCIAL	OBSERVAÇÕES
		INIC	FIM			
Carregamento e transp.						
Desforma						
Empilhamento externo						
Tempo padrão = 20 min	min. totais =					

Figura 5.25 - Ficha de controle da mão-de-obra do processo de produção de placas (sub-equipe 3).

CONTROLE DE MÃO-DE-OBRA						
PROCESSO : PLACAS		RESPONSÁVEL :			DATA :	
SUB-EQUIPE 2 (limpeza de uma forma) : 1 servente						
OPERAÇÃO	DATA	HORA		EQUIPE	TEMPO PARCIAL	OBSERVAÇÕES
		INIC	FIM			
Limpeza de forma						
Tempo padrão = 10 min	min. totais =					

Figura 5.26 - Ficha de controle da mão-de-obra do processo de produção de placas (sub-equipe 2).

CONTROLE DE PRODUTIVIDADE DE MATERIAIS (Por Unidade)								
SERVIÇO : Pré-Moldados de concreto (Fábrica)								
PERÍODO DE CONTROLE : a					PRODUÇÃO NO PERÍODO (unidades) :			
RESPONSÁVEL :								
MATERIAL	UNIDADE	QUANTID. RECEBIDA	QUANTID. TRANSP.	QUANTIDADE NÃO USADA	QUANTIDADE CONSUMIDA	CONSUMO POR UNIDADE	CONSUMO ORÇADO	INDIC. PRODUT
Cimento	sacos							
Cascalho	m ³							
Brita	m ³							
Aréia	m ³							
Tela 091	kg							
Tela 092	kg							
Tela 0113	kg							
Tela 0138	kg							
Barra 1/4"	kg							
Barra 3/8"	kg							
Barra 4,2mm	kg							
Barra 4,6mm	kg							
Barra 6,3mm	kg							
Barra 10,0mm	kg							
Arame # 16	kg							
Arame # 18	kg							
Desmoldante	l							
Espaçadores	un							
OBSERVAÇÕES :								

Figura 5.27 - Ficha de controle de produtividade de materiais.

c) Análise e solução de problemas

Observou-se diversos problemas no serviço de pré-moldados de concreto, alguns mais importantes que outros. Como não é possível fazer uma descrição detalhada de todos estes, na Figura 5.28 apresenta-se uma ficha, a qual indica a forma como foram analisados os problemas relativos ao processo de produção de placas.

PROCESSO : PLACAS				
PROBLEMA	IMPORTÂNCIA	ORIGEM/CAUSA	BLOQUEIO	FOI BLOQUEADO
Excessivos tempos improdutivos na equipe inicial de dois meio-oficiais + dois serventes	Baixo índice de produtividade da mão-de-obra	O tempo em que o servente ajuda ao meio oficial é menor ao tempo que este precisa para fazer uma placa	Redimensionamento da equipe com 1 servente ajudando aos 2 meio-oficiais	SIM
Acabamento da superfície de placas é irregular quanto à textura e porosidade (FASE I)	Sendo este o acabamento final, o nível deste deixa a desejar, tendo causado reclamações por parte dos usuários	O traço do concreto não permite um bom desempenho	Aplicar uma camada de argamassa no acabamento	NÃO, a qualidade do acabamento ainda deixa a desejar
Acabamento da superfície de placas é irregular quanto à textura (FASE II)	A mesma indicada na FASE I	O procedimento de acabamento não é o mais adequado	Uso de uma forma superior. Uma vez concretada a placa e sem aplicar argamassa, coloca-se a forma superior para logo virar todo o conjunto	NÃO, a superfície da nova forma ainda não deixa um bom acabamento, além de problemas na hora de virar o conjunto placa/forma
Acabamento da superfície de placas é irregular quanto à textura, além de problemas na concretagem e desforma (FASE III)	A mesma indicada na FASE I	O procedimento de produção não é o mais adequado.	Uso de formas metálicas e concretagem vertical.	SIM, este novo procedimento será implementado no próximo conjunto habitacional

Figura 5.28 - Ficha de análise e solução de problemas do processo de produção de placas

Pode-se observar, entre os problemas apresentados, a diferente natureza dos mesmos. Um deles relaciona-se à produtividade e outro à qualidade. Neste último, o padrão de qualidade requerido introduziu significativas mudanças no processo produtivo.

5.7.5. Padronização

São indicados dois tipos de documentos: o padrão técnico do processo e o procedimento operacional, também sob a forma de fichas, tal como serão usadas pelos encarregados da produção. Estes documentos são indicados para os processos de produção de vigas e de placas e produção de concreto.

O conteúdo destes está baseado nos dados levantados e nos procedimentos observados durante a produção. Os padrões técnicos são usados principalmente pelo engenheiro da obra e também pelo mestre, enquanto que os procedimentos operacionais estão dirigidos ao mestre e aos encarregados das equipes. Por esta razão, observa-se alguma superposição no conteúdo dos mesmos.

Nas Figuras 5.29 (a,b) e 5.30, apresenta-se o padrão técnico para o processo de produção de vigas, o qual é complementado pela Fig. 5.7. O procedimento operacional para o mesmo processo está indicado na Figura 5.31 (a,b)

Nas Figuras 5.32 (a,b), 5.33 e 5.34 apresenta-se o padrão técnico do processo de produção de placas. O procedimento operacional para o mesmo processo está indicado na Figura 5.35 (a,b).

Finalmente, nas Figuras 5.36 (a,b) e 5.37 apresenta-se o padrão técnico do processo de produção de concreto, sendo indicado seu procedimento operacional na Figura 5.38 (a,b).

PADRÃO TÉCNICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VIGAS						1
DIRIGIDO A : Engenheiro de obra - Mestre			DATA DE REVISÃO :			
<p>DESCRIÇÃO : compreende a desforma, transporte, limpeza e, montagem de formas, colocação da armadura, lançamento e acabamento do concreto, e limpeza. Os elementos produzidos são vigas, sapatas, vergas e tijolos para fixação de esquadrias.</p>						
EQUIPE : 1 meio oficial + 3 serventes						
<p>PRODUÇÃO : a equipe produz os elementos de uma unidade por dia, conforme as seguintes características :</p>						
Elemento	Volume(m ³)	Elem.	Peso (kg)	Elem.	Peso (kg)	
11 vigas	0,80	VA	375	RA	60	
13 vergas	0,32	VB	125	RB	60	
11 sapatas	0,12	VC	370	RC	50	
30 tijolos	0,08	VD	100	RD	140	
Volume total	1,32	tijolo	5	RF	42	
MATERIAIS						
Formas vigas	1 jogo	Tacos madeira (tijolos)	30 un			
Formas vergas	1 jogo	Tacos madeira (vergas)	35 un			
Formas sapatas	1 jogo	Espaçadores	35 un			
Formas tijolos	1 jogo	Ganchos (vigas)	25 un			
Desmoldante	0,15 l					
EQUIPAMENTO						
Vibrador de agulha	1 u	Luvas protetoras	4 pares			
Carrinho para transporte	1 u	Pé de cabra	1 un			
<p>ORGANIZAÇÃO : a equipe segue a ordem mostrada no fluxo, e quando necessário trabalham em grupos de dois para carregar as peças pré-moldadas e as formas. No momento da concretagem, dois serventes transportam e lançam o concreto, enquanto os outros fazem o adensamento e acabamento.</p> <p>Em função de um levantamento prévio (Anexo), as operações devem levar aproximadamente os seguintes intervalos de tempo :</p>						
Desforma	8:00 - 9:20	Montagem de formas	13:50 - 14:50			
Transp. ao exterior	9:20 - 10:30	Colocação armadura	14:50 - 15:00			
Limpeza de formas	10:30 - 12:00	Primeira concretagem	15:00 - 16:00			
	13:00 - 13:50	Segunda concretagem	16:00 - 17:00			
<p>O trabalho da equipe, conforme indicado será repetido de segunda a sexta feira, ficando o sábado para a manutenção de equipamentos, formas e produção daqueles elementos que, por algum motivo, não foram feitos durante a semana ou foram rejeitados.</p>						

Figura 5.29(a) - Ficha do padrão técnico do processo de produção de vigas.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VIGAS				1
DIRIGIDO A: Mestre - Contramestre		DATA REVISÃO :		
MATERIAIS				
Formas vigas	1 jogo	Tacos madeira (tijolos)	30 un	
Formas vergas	1 jogo	Tacos madeira (vergas)	35 un	
Formas sapatas	1 jogo	Espaçadores	35 un	
Formas tijolos	1 jogo	Ganchos (vigas)	25 un	
Desmoldante	0,15 l			
EQUIPAMENTO				
Vibrador de agulha	1 un	Luvas protetoras	4 pares	
Carrinho para transporte	1 un	Pé de cabra	1 un	
OPERAÇÕES				
1- Desforma e empilhamento interno		4- Montagem de formas		
2- Transporte ao exterior		5- Colocação de armadura		
3- Limpeza de formas e aplicação de de desmoldante		6- Concretagem e acabamento		
DESCRIÇÃO				
<p>1- DESFORMA E EMPILHAMENTO INTERNO</p> <p>Retirar as cabeceiras das vigas com uso de martelo, e as laterais e fundos com a ajuda de um pé de cabra, tendo o cuidado de não causar danos na superfície das peças. Os demais elementos deverão ser desformados tendo o mesmo cuidado.</p> <p>Após a desforma, carregar os elementos e posicioná-los conforme o lay-out interno. As vigas e vergas deverão ser manuseadas sempre por duas pessoas.</p> <p>As peças só devem ser soltas na sua posição uma vez que estejam em contato com a superfície de apoio para evitar que sejam danificadas. Uma vez terminado o empilhamento, deve-se marcar a face inferior das sapatas e a data de concretagem (dia anterior) em algumas peças da unidade.</p>				
<p>2- TRASLADO AO EXTERIOR</p> <p>Carregar no carrinho os elementos desformados no dia anterior, e trasladá-los até o exterior, onde o mestre deve indicar a localização do lote de peças. Ali as peças devem ser empilhadas conforme o "lay-out", devendo assegurar que os apoios fiquem na posição especificada, tendo os mesmos cuidados indicados anteriormente para o manuseio das peças.</p> <p>Durante esta operação, o mestre deverá fazer a inspeção das peças, indicando quais serão rejeitadas e quais precisam de algum arremate. Em caso de dúvidas deverá ser consultado o engenheiro responsável.</p>				
<p>3- LIMPEZA DAS FORMAS E APLICAÇÃO DE DESMOLDANTE</p> <p>Deverá ser feita com espátulas, retirando os restos de concreto e deixando as superfícies lisas e limpas. Deve-se ter especial cuidado com a mesa de concretagem e as formas de vigas.</p>				

Figura 5.31(a) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de vigas.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VIGAS		2
DIRIGIDO A: Mestre - Contramestre	DATA REVISÃO :	
<p>Caso apresentem-se alguns indícios de deterioração, como furos, curvaturas, rachaduras, deterioração da superfície, etc., deverão ser sanados durante esta fase. O engenheiro deverá ser comunicado do estado das formas para prever um eventual preparo de formas adicionais.</p> <p>Após a limpeza, deve-se aplicar desmoldante com uso de brocha, cobrindo integralmente a superfície das formas em contato com o concreto.</p> <p>O desmoldante deve ser preparado na relação 1:20 (emulsão : água), em volume.</p> <p>4- MONTAGEM DAS FORMAS</p> <p>Devem ser montadas, cuidando que tenham um travamento adequado e que não existam junções que permitam a perda de nata de cimento.</p> <p>Os tacos de madeira correspondentes aos tijolos e vergas deverão ser colocados na sua posição especificada, sendo isto controlado pelo mestre com ajuda de gabarito nas vergas.</p> <p>Nas vigas serão controladas a altura e a separação das laterais com gabarito. Durante esta fase o mestre também deverá controlar a limpeza das formas.</p> <p>5- COLOCAÇÃO DA ARMADURA</p> <p>As armações são previamente revisadas pelo mestre ou chefe da equipe para verificar a sua conformidade quanto a bitolas, espaçamentos, etc.</p> <p>Na colocação deve-se posicionar espaçadores em locais que garantam os recobrimentos laterais e inferiores. Caso a armadura não possa ter os recobrimentos especificados, pode-se usar armaduras do estoque intermediário.</p> <p>Nas vigas deverão ser colocados os ganchos situados nos extremos, assegurando nas cabeceiras que não haja perda de concreto pelos furos por onde passam os ganchos.</p> <p>O mestre deve verificar os recobrimentos, antes de proceder à concretagem.</p> <p>6- CONCRETAGEM E ACABAMENTO</p> <p>Nesta fase, 2 serventes devem trazer o concreto desde a betoneira, sendo lançado através de pás. Um deles executa o adensamento enquanto outro o acabamento.</p> <p>O adensamento (vibrado) deve ser feito com os seguintes cuidados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A agulha deve estar em posição vertical, ou pouco inclinada (não mais de 45 graus); - Os pontos de vibração devem ser cada 30 cm aproximadamente; - Não se deve vibrar a armadura; - Deve-se retirar a agulha quando deixam de aparecer bolhas de ar e a superfície fica espelhada. <p>O nivelamento e o acabamento da superfície superior das peças pode ser feito com um sarrafo de madeira e desempenadeira metálica.</p> <p>Terminada a concretagem, deve ser limpas as superfícies, eliminando os restos de concreto e outros materiais, assim como os equipamentos.</p>		

Figura 5.31(b) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de vigas.

PADRÃO TÉCNICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PLACAS		1																
DIRIGIDO A : Engenheiro de obra - Mestre	DATA DE REVISÃO :																	
<p>DESCRIÇÃO : o processo tem três sub-processos, indicados a seguir com o que compreende cada um deles.</p> <p>Sub-processo 1: montagem de formas, colocação da armadura, lançamento e acabamento do concreto, e o empilhamento interior. As placas são executadas uma a uma.</p> <p>Sub-processo 2: limpeza de formas</p> <p>Sub-processo 3: transporte ao exterior, desforma e empilhamento</p>																		
<p>EQUIPES</p> <p>Sub-equipe 1 = 2 meio-oficiais + 1 servente</p> <p>Sub-equipe 2 = 1 servente</p> <p>Sub-equipe 3 = 2 serventes</p>																		
<p>PRODUÇÃO: as sub-equipes produzem os elementos de uma unidade por dia, conforme indicado a seguir.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Volume(m³)</th> <th>Elemento</th> <th>Peso (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 Placas A</td> <td>0,75</td> <td>Placa A</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>15 Placas B</td> <td>0,65</td> <td>Placa B</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Volume total</td> <td>1,40</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Elemento	Volume(m ³)	Elemento	Peso (kg)	20 Placas A	0,75	Placa A	75	15 Placas B	0,65	Placa B	85	Volume total	1,40		
Elemento	Volume(m ³)	Elemento	Peso (kg)															
20 Placas A	0,75	Placa A	75															
15 Placas B	0,65	Placa B	85															
Volume total	1,40																	
<p>MATERIAIS</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Formas fundos (uma por placa)</td> <td>35 un</td> </tr> <tr> <td>Formas laterais (duas por placa)</td> <td>36 un</td> </tr> <tr> <td>Bancadas de concretagem</td> <td>4 un</td> </tr> <tr> <td>Espaçadores</td> <td>70 un (aprox)</td> </tr> <tr> <td>Desmoldante</td> <td>0.20 l</td> </tr> </tbody> </table>			Formas fundos (uma por placa)	35 un	Formas laterais (duas por placa)	36 un	Bancadas de concretagem	4 un	Espaçadores	70 un (aprox)	Desmoldante	0.20 l						
Formas fundos (uma por placa)	35 un																	
Formas laterais (duas por placa)	36 un																	
Bancadas de concretagem	4 un																	
Espaçadores	70 un (aprox)																	
Desmoldante	0.20 l																	
<p>EQUIPAMENTO</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Placa vibratória</td> <td>1 un</td> </tr> <tr> <td>Luvras protetoras</td> <td>2 pares</td> </tr> <tr> <td>Carrinho para transporte</td> <td>1 un (usado em vigas também)</td> </tr> </tbody> </table>			Placa vibratória	1 un	Luvras protetoras	2 pares	Carrinho para transporte	1 un (usado em vigas também)										
Placa vibratória	1 un																	
Luvras protetoras	2 pares																	
Carrinho para transporte	1 un (usado em vigas também)																	
<p>ORGANIZAÇÃO : as sub-equipes organizam-se conforme indicado a seguir:</p> <p>Sub-equipe 1 : os dois meio-oficiais e o servente trabalham em conjunto, sendo que cada meio oficial é encarregado de fazer uma placa por vez. O concreto deve ser trazido desde a betoneira e lançado pelo servente.</p> <p>Sub-equipe 2 : o servente é encarregado somente da limpeza de formas e a aplicação de desmoldante, sem fazer outro tipo de tarefa durante o dia.</p>																		

Figura 5.32(a) - Ficha do padrão técnico do processo de produção de placas.

PADRÃO TÉCNICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PLACAS		2
DIRIGIDO A : Engenheiro de obra - Mestre	DATA DE REVISÃO :	
Sub-equipe 3 : os dois serventes fazem o carregamento, traslado ao exterior, desforma e empilhamento.		
Com base em um levantamento prévio, as operações devem levar aproximadamente os seguintes tempos:		
1- Transporte e montagem da forma na bancada	3 min	
concretagem e acabamento	23 min	
empilhamento interior	<u>1 min</u>	
	total (por placa)= 27 min	
2- Limpeza de uma forma e aplicação de desmoldante	10 min	
3- Carregamento, transporte e desforma (2 placas)	10 min	
empilhamento exterior (2 placas)	<u>10 min</u>	
	total (2 placas) = 20 min	
FLUXOGRAMA COM PONTOS DE CONTROLE: na Fig. 5.33 é indicado o fluxo das operações, e conforme a análise do processo são indicados o pontos nos quais será feito o controle.		
LISTAS DE VERIFICAÇÃO E PADRÕES : são os indicados nos item 5.7.4		
FICHAS DE LEVANTAMENTO DA MÃO-DE-OBRA: indicadas nos itens 5.7.4 e 4.3.4		
"LAY-OUT": ver Figura 5.34		

Figura 5.32(b) - Ficha do padrão técnico do processo de produção de placas.

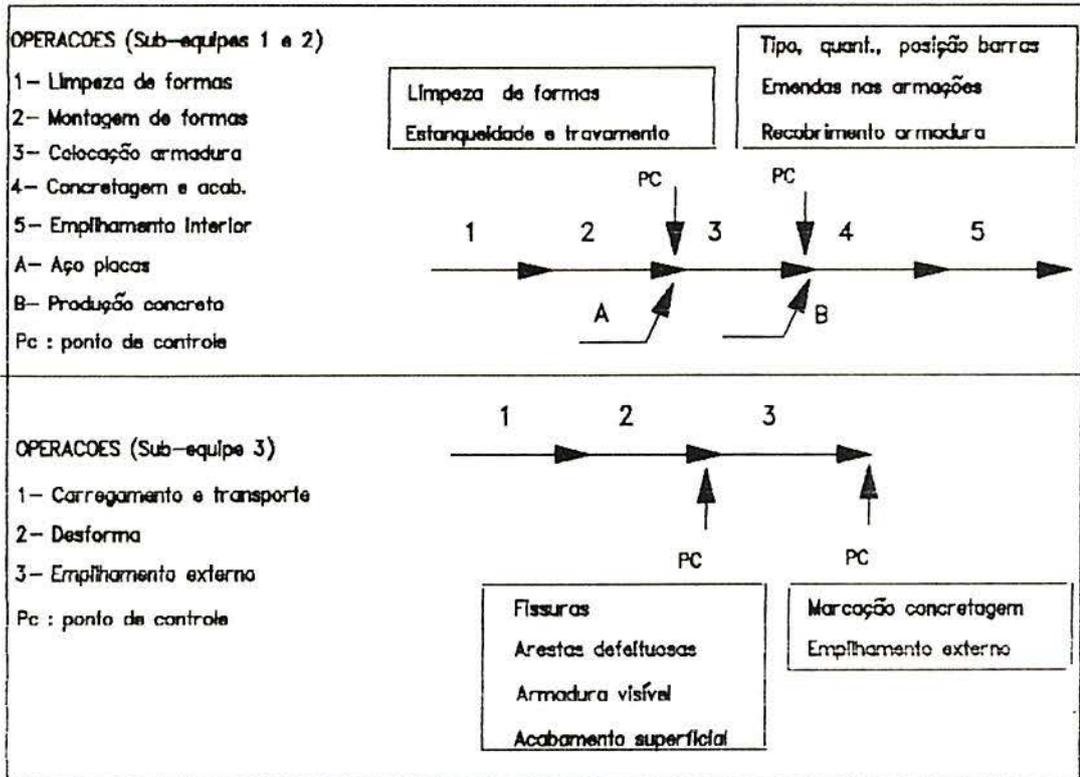


Figura 5.33 - Fluxograma com pontos de controle do processo de produção de placas

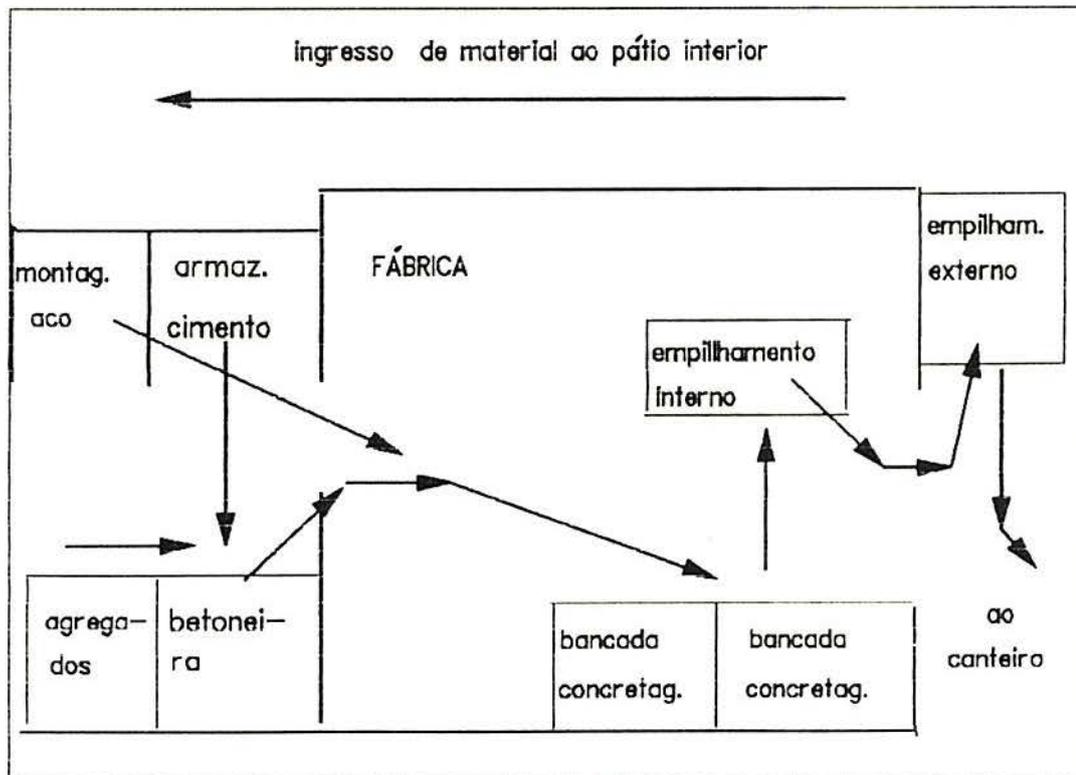


Figura 5.34 - "Lay-out" do processo de produção de placas

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PLACAS		1
DIRIGIDO A: Mestre - Contramestre		DATA REVISÃO :
MATERIAIS		
Formas fundos (uma por placa)	35 un	Espaçadores 70 un (aprox.)
Formas laterais (duas por placa)	36 un	Desmoldante 0,20 l
Bancadas de concretagem	4 un	
EQUIPAMENTO		
Placa vibratória		1 un
Luvras protetoras		2 pares
Carrinho para transporte		1 un (usado em vigas também)
OPERAÇÕES		
<u>Sub-equipe 2</u>		<u>Sub-equipe 3</u>
1- Limpeza		1- Carregamento e transporte ao exterior
<u>Sub-equipe 1</u>		2- Desforma
2- Montagem de formas		3- Empilhamento
3- Colocação de armadura		
4- Concretagem e acabamento		
5- Empilhamento interior		
DESCRIÇÃO		
<u>SUB-EQUIPE 2</u>		
1- LIMPEZA		
Esta operação é executada por um servente. A limpeza compreende a remoção de concreto e nata de cimento da superfície das formas, tanto nos fundos como nas laterais, com o uso de espátula.		
Uma vez limpa a superfície, deve ser aplicado o desmoldante preparado na proporção em volume de 1 : 20 (emulsão : água). Esta operação é feita em cada conjunto de formas (fundo e laterais), uma vez que as formas são necessárias ao longo do dia.		
Caso apresentem-se sinais de deterioração como furos, curvaturas, etc., estas deverão ser sanadas. O engenheiro deverá ser comunicado do estado das formas para um eventual preparo de formas adicionais.		
No final de cada dia deve-se deixar, pelo menos, formas preparadas para 6 placas, que serão usadas no início do dia seguinte, para assegurar que o desmoldante tenha um tempo de secagem mínimo.		
<u>SUB-EQUIPE 1</u>		
2- MONTAGEM DAS FORMAS		
O meio oficial encarregado de cada placa deve trazer a forma com a ajuda do servente para a bancada e proceder à montagem, tendo cuidado de obter um adequado travamento e controlando a junção entre as laterais e o fundo e o espaçamento entre as laterais (largura da placa).		

Figura 5.35(a) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de placas.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PLACAS		2
DIRIGIDO A : Mestre - Contramestre	DATA REVISÃO :	
<p>3- COLOCAÇÃO DA ARMADURA</p> <p>As armaduras das placas devem ser previamente controladas pelo mestre quanto a bitolas, espaçamentos, emendas, etc.</p> <p>Deverão ser colocados espaçadores nos locais necessários para garantir os recobrimentos especificados, verificando a posição da armadura adicional caso a placa tenha furos.</p> <p>4/5- CONCRETAGEM E ACABAMENTO / EMPILHAMENTO INTERIOR</p> <p>O concreto deve ser trazido e lançado pelo servente, enquanto o meio-oficial espalha este na forma com ajuda de um sarrafo.</p> <p>O adensamento (vibração) é feito com uma placa vibratória operada pelo meio-oficial e o servente. A vibração deve ser feita avançando de um extremo ao outro da placa, e terminando quando já não se observe bolhas de ar e a superfície fique espelhada. Durante esta operação deve-se cuidar que não haja perda de nata pelo fundo, e que as laterais não fiquem destravadas.</p> <p>O nível e o acabamento da superfície superior das peças é dado com um sarrafo de madeira e com desempenadeira metálica.</p> <p>Após dar o acabamento, a placa será colocada na posição indicada no "lay-out", no interior da fábrica.</p> <p><u>SUB EQUIPE 3</u></p> <p>1- CARREGAMENTO E TRANSPORTE AO EXTERIOR</p> <p>As placas devem ser transportadas de duas em duas usando o carrinho para esse fim. Sempre devem ser manuseadas pelas duas pessoas encarregadas da operação.</p> <p>2- DESFORMA</p> <p>Deve-se ter preparada uma área com uma camada de areia onde as formas serão viradas para liberar as placas. O transporte e desforma devem ser feitos por grupos de aproximadamente 6 a 8 placas.</p> <p>Nesta operação as placas serão inspecionadas pelo mestre quanto ao seu acabamento, fissuras, etc., indicando quais serão rejeitadas e quais podem ser sanadas pela equipe com um arremate.</p> <p>A argamassa usada nos arremates será 1 : 5</p> <p>3- EMPILHAMENTO</p> <p>Após a desforma as peças devem ser empilhadas conforme o "lay-out", tendo-se o cuidado de colocar na posição certa dos apoios das peças.</p> <p>Deve-se marcar a data de concretagem (dia anterior) na superfície de algumas peças.</p>		

Figura 5.35(b) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de placas.

PADRÃO TÉCNICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONCRETO		1																														
DIRIGIDO A : Engenheiro de obra - Mestre	DATA DE REVISÃO :																															
<p>DESCRIÇÃO : compreende a produção de concreto para as peças de uma unidade por dia, usando betoneira. O agregado usado é um cascalho da região, o qual é peneirado pela equipe. No caso das vigas, é usada brita 1 com o cascalho.</p>																																
EQUIPE : 3 serventes																																
<p>PRODUÇÃO : a equipe produz num dia as peças para uma unidade, nas quantidades e dosagens indicadas a seguir.</p>																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Elemento</th> <th style="width: 15%;">Volume (m³)</th> <th style="width: 25%;">Traço em volume cim : casc.: brita</th> <th style="width: 10%;">fator a/c</th> <th style="width: 35%;">peneiramento cascalho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Placas</td> <td style="text-align: center;">1,40</td> <td style="text-align: center;">1 : 5</td> <td style="text-align: center;">0,40</td> <td style="text-align: center;">peneira 20 mm</td> </tr> <tr> <td>Tijolos</td> <td style="text-align: center;">0,08</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vigas</td> <td style="text-align: center;">0,80</td> <td style="text-align: center;">1 : 4 : 1</td> <td style="text-align: center;">0,40</td> <td style="text-align: center;">peneira 40 mm</td> </tr> <tr> <td>Vergas sapatas</td> <td style="text-align: center;">0,32 0,12</td> <td style="text-align: center;">1 : 5</td> <td style="text-align: center;">0,40</td> <td style="text-align: center;">peneira 40 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Vol. total = 2,72 m³</td> </tr> </tbody> </table>			Elemento	Volume (m ³)	Traço em volume cim : casc.: brita	fator a/c	peneiramento cascalho	Placas	1,40	1 : 5	0,40	peneira 20 mm	Tijolos	0,08				Vigas	0,80	1 : 4 : 1	0,40	peneira 40 mm	Vergas sapatas	0,32 0,12	1 : 5	0,40	peneira 40 mm	Vol. total = 2,72 m ³				
Elemento	Volume (m ³)	Traço em volume cim : casc.: brita	fator a/c	peneiramento cascalho																												
Placas	1,40	1 : 5	0,40	peneira 20 mm																												
Tijolos	0,08																															
Vigas	0,80	1 : 4 : 1	0,40	peneira 40 mm																												
Vergas sapatas	0,32 0,12	1 : 5	0,40	peneira 40 mm																												
Vol. total = 2,72 m ³																																
MATERIAIS																																
Cimento	12,7 sacos																															
Cascalho	2,26 m ³																															
Brita	0,17 m ³																															
Areia	0,50 m ³ (no acabamento de placas)																															
EQUIPAMENTO																																
Betoneira (320 l)	1 un																															
Padiolas (0,25x0,35x0,45)	4 un																															
Peneira 40 mm	1 un																															
Peneira 20 mm	1 un																															
Carrinho de mão	2 un																															
<p>ORGANIZAÇÃO : durante a produção de concreto, um servente está encarregado da betoneira, enquanto os outros carregam o material e o levam até a betoneira, onde, com ajuda do primeiro, colocam o material para a mistura.</p> <p>Durante o dia produz-se a cada hora uma betonada de concreto para placas, e nas duas últimas horas da tarde faz-se a concretagem seguida das vigas. Nos intervalos entre as betonadas de placas faz-se o peneiramento do cascalho.</p>																																

Figura 5.36(a) - Ficha do padrão técnico do processo de produção de concreto

PADRÃO TÉCNICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONCRETO		2
DIRIGIDO A : Engenheiro de obra - Mestre	DATA DE REVISÃO :	
FLUXOGRAMA COM PONTOS DE CONTROLE : não é necessária a elaboração deste tipo de diagrama.		
LISTAS DE VERIFICAÇÃO E PADRÕES : indicados nos itens 5.7.4 e 4.3.4		
FICHAS DE LEVANTAMENTO DA MÃO-DE-OBRA : não é necessário elaborar		
"LAY-OUT" : ver Figura 5.37		

Figura 5.36(b) - Ficha do padrão técnico do processo de produção de concreto

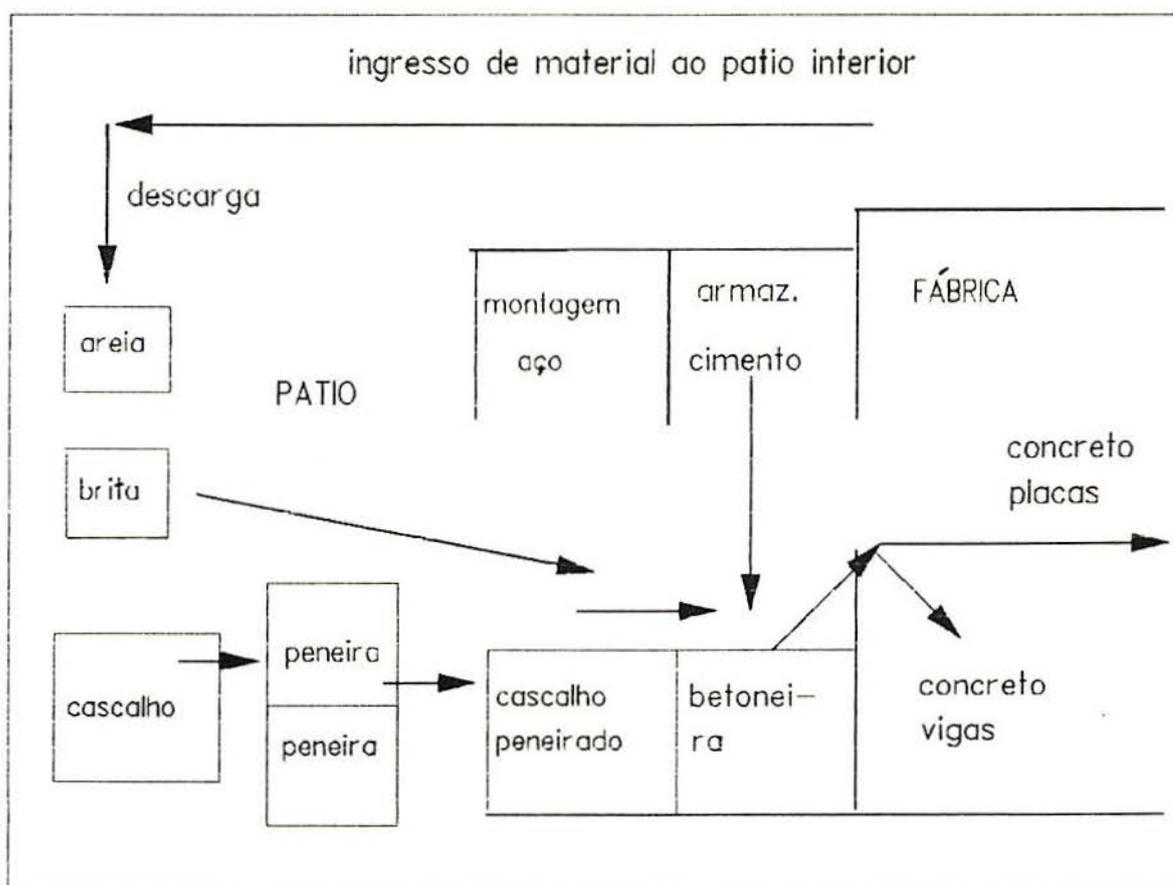


Figura 5.37 - "Lay-out" do processo de produção de concreto

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONCRETO		1			
DIRIGIDO A : Mestre - Contramestre	DATA REVISÃO :				
MATERIAIS					
Cimento	12,7 sacos				
Cascalho	2,26 m ³				
Brita	0,17 m ³				
Areia	0,50 m ³ (no acabamento de placas)				
EQUIPAMENTO					
Betoneira (320 l)	1 un				
Padiolas (0,25x0,35x0,45)	4 un				
Peneira 40 mm	1 un				
Peneira 20 mm	1 un				
Carrinho de mão	2 un				
Luvas protetoras	3 pares				
DESCRIÇÃO					
<p>Tem-se 2 ciclos marcados a serem feitos pela equipe, a produção do concreto e o peneiramento do cascalho.</p> <p>Na produção do concreto, um servente deve ficar a cargo da betoneira no controle da mistura, e os outros devem carregar o material nas padiolas e carregá-las até o pé da betoneira.</p> <p>A quantidade de materiais a serem usados em cada betonada, para as diferentes classes de concreto são indicadas a seguir.</p>					
Elemento	Cimento (Sacos)	Cascalho pen.40 mm (Pad.)	Cascalho pen.20mm (Pad.)	Brita (Pad.)	Água (l)
Placas Tijolos	1	---	5	---	20
Vigas	1	4	---	1	20
Vergas Sapatas	1	5	---		20
<p>Nota: as dimensões das padiolas são 0,25mx0,35mx0,45m</p> <p>A ordem de colocação dos materiais na betoneira deve seguir a seqüência indicada :</p> <p>1- Água 12 l aprox. (60%)</p> <p>2- Cascalho 3 padiolas (nas vigas 1 de brita + 2 cascalho)</p> <p>3- Cimento 1 saco (100%)</p> <p>4- Cascalho 2 padiolas (40%)</p> <p>5- Água 8 l aprox. (40%)</p>					

Figura 5.38(a) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de concreto

PROCEDIMENTO OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CONCRETO		2
DIRIGIDO A : Mestre - Contramestre	DATA REVISÃO :	
<p>O tempo de mistura, a partir da finalização da colocação dos agregados, deve ser, no mínimo, de 2 minutos.</p> <p>Em nenhum caso deve-se agregar mais água que a especificada. Quando a aparência do concreto denota a necessidade de uma modificação do traço, deve-se consultar o engenheiro.</p> <p>O mestre de obra deverá controlar a conformidade com os padrões indicados anteriormente, e a cada 15 dias tomar amostras do concreto preparado para vigas e placas (corpos de prova).</p> <p>A cada hora deve ser preparada uma betonada para placas e para as vigas o concreto é preparado no final da tarde.</p> <p>Nos intervalos entre as betonadas de placas deve ser feito o peneiramento do cascalho e seu traslado ao lugar indicado segundo o "lay-out".</p>		

Figura 5.38(b) - Ficha do procedimento operacional do processo de produção de concreto

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Embora algumas conclusões tenham sido indicadas ao longo do trabalho, resgatamos neste capítulo aquelas consideradas como as mais importantes. Também são indicadas sugestões para trabalhos futuros que venham a continuar este estudo ou complementá-lo.

As conclusões são divididas em gerais, a respeito da metodologia proposta e sobre o estudo de caso.

6.1. CONCLUSÕES GERAIS

As conclusões estão referidas a aspectos gerais sobre a gestão da qualidade que foram tratados neste trabalho. Estas são:

- a) Sistemas gerenciais como o TQC, e sistemas normalizados como a ISO 9000, acompanhados de técnicas modernas de administração requerem de uma adaptação, nem sempre fácil, para serem usados na indústria da construção. Deve-se aproveitar os princípios neles contidos como base para desenvolver sistemas próprios para o setor.
- b) A implantação de sistemas de gestão da qualidade é um processo de longo prazo, dada a complexidade do seu processo produtivo. Deve-se passar, necessariamente, por uma mudança de atitude por parte dos intervenientes do processo, e a condução de ações deve ocorrer em dois níveis: a nível setorial e a nível de empresas.

- c) Os problemas a superar para obter melhor qualidade na construção não devem ser tratados somente em termos teóricos. A pesquisa em qualidade na construção só pode trazer benefícios ao setor se envolvendo problemas práticos.
- d) Trabalhos como o presente enfocam só problemas específicos, devendo ser inseridos em planos mais gerais, dos quais participem outros intervenientes do processo produtivo, tais como projetistas, usuários, construtores, fabricantes de materiais, autoridades e órgãos relacionados ao setor.

6.2. CONCLUSÕES A RESPEITO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A respeito da metodologia, são indicadas a seguir conclusões relativas a sua aplicação:

- a) A proposta apresentada permitiu sistematizar e visualizar uma melhor forma de conduzir a fase de execução, envolvendo conceitos relacionados à melhoria da qualidade e da produtividade, como, por exemplo, controle, padrões, melhoria de processos, etc., que embora conhecidos, não são aplicados no seu conjunto;
- b) O planejamento do controle, conforme apresentado, demanda esforços e investimentos maiores tanto na sua elaboração como implementação, que devem ser compensados com os ganhos obtidos com a sua implementação;
- c) A metodologia proposta requer uma adaptação para cada caso particular, sendo importante concentrar-se naqueles pontos problemáticos e/ou aqueles nos quais se visualiza um grande potencial de melhorias. Isto só pode ser definido por aquelas pessoas que conduzem o processo produtivo;
- d) A metodologia não pretende esgotar o aspecto meramente técnico da execução dos serviços, que é complexo e pode ser analisado com mais profundidade.

A mesma constitui-se em uma ferramenta gerencial que permite conduzir e controlar a execução dos serviços, agregando os fatores técnicos com os gerenciais:

- e) O nível de controle e a diferenciação deste precisam ser devidamente analisados. A classificação apresentada no item 4.3.4 pode ser um bom referencial neste sentido. São definidos os seguintes tipos de controle: estatístico (CE), por listas de verificação (CL), por acompanhamento dos procedimentos e treinamento (CP), ou dado como desnecessário (CD); e
- f) A definição de padrões para os itens de controle, constitui-se num ponto crucial no planejamento do controle. Neste estágio, esforços devem ser realizados para, na medida do possível, definir os padrões a partir do conhecimento dos processos, conhecimentos técnicos, e a análise da capacidade quanto a recursos humanos como técnicos para fazer o controle.

6.3. CONCLUSÕES A RESPEITO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido constitui-se em um exemplo de como pode ser aplicada a metodologia proposta em situações específicas. Por problemas já citados anteriormente, não foi possível implementar a metodologia em forma sistematizada, sendo, por esta razão, difícil e perigoso apontar conclusões de caráter genérico.

Entretanto, pode-se indicar uma série de constatações, as quais foram detectadas durante o acompanhamento do processo de produção. Estas podem constituir-se em um importante referencial quando da implantação de sistemas de controle semelhantes ao apresentado. São elas:.

- a) Como era esperado, observou-se na fábrica a existência de uma maior facilidade de controle e

organização da produção, o que favorece a implantação da gestão da qualidade nos serviços:

- b) No canteiro há um clima de incerteza, criado principalmente por deficiências de organização agravado pela natural dispersão das equipes no canteiro;
- c) Constatou-se que na fábrica os trabalhadores atingiram índices de produtividade e de tempos produtivos substancialmente maiores que no canteiro;
- d) Uma grande proporção de problemas ou gargalos ocorridos na construção têm sua origem na fase de projeto. Por exemplo, peças de concreto e de madeira tiveram que ser redimensionadas para evitar erros e dificuldades na sua produção, assim como no seu manuseio;
- e) A mão-de-obra com experiência no processo de construção tradicional, via de regra, dificulta a implantação de novas tecnologias, enquanto os operários menos experientes são, em geral, mais receptivos às mudanças;
- f) Mostrou-se difícil incentivar aos próprios encarregados de executar as tarefas a ter uma visão autocrítica do seu trabalho e implementar o autocontrole, aparecendo como necessária a presença de uma pessoa treinada para fazer o controle;
- g) A falta de critérios de controle dificulta a avaliação da qualidade dos produtos. Em alguns processos de difícil controle parece mais adequado executar um acompanhamento contínuo destes;
- h) A definição de ritmos de produção, como no caso de uma unidade por dia, dificultou em certos casos a definição das equipes de trabalho, optando-se às vezes por produzir mais elementos que os definidos para se ter estoques intermediários;

Por outro lado, notou-se que algumas equipes adequavam o seu ritmo de trabalho somente para cumprir com a produção estabelecida, numa posição

contrária à postura de constante melhoria dos processos:

- i) No levantamento de dados de consumo de mão-de-obra, observou-se dificuldades com relação à documentação e aos registros. Quanto à documentação, esta necessitou de uma constante revisão para poder acompanhar de forma flexível o trabalho das equipes. Quanto aos registros, observou-se a dificuldade por parte dos encarregados pelos mesmos em definir os momentos em que termina ou inicia uma operação, exigindo com isto um contínuo treinamento para que estes tenham critérios suficientes a respeito; e
- j) A melhoria dos processos através do ciclo PDCA tem criado condições para o desenvolvimento do sistema construtivo em termos de materiais, componentes e procedimentos, trazendo ganhos com relação à qualidade e produtividade. Um exemplo disto foi a melhoria do processo de produção de placas, indicado no item 5.7.4 (análise e solução de problemas).

6.4. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode-se indicar tanto trabalhos de caráter geral quanto de caráter específico. A nível geral, existe a necessidade de solucionar problemas genéricos que permitam direcionar ações nas empresas de construção relativas à obtenção da qualidade. A nível específico, os trabalhos referem-se à solução de problemas pontuais, que trazem como resultado o desenvolvimento de ferramentas específicas.

6.4.1. Trabalhos a nível geral

A nível geral, os trabalhos sugeridos são os seguintes:

- a) Desenvolver sistemas de qualidade para empresas de médio e pequeno porte, que sejam o suficientemente flexíveis para se adequar a cada caso particular:

- b) Investigar mecanismos que permitam o envolvimento da etapa de projeto nos sistemas de gestão da qualidade: e
- c) Desenvolver sistemas de informação que permitam relacionar o controle de qualidade com os custos e a programação de obras.

6.4.2. Trabalhos a nível específico

A nível específico, sugere-se trabalhos orientados para:

- a) Validar de forma sistemática a metodologia proposta no presente estudo, através de sua implantação em sistemas construtivos similares e serviços específicos da construção. Esta implantação deve ser realizada simultaneamente a um trabalho de envolvimento e motivação da mão-de-obra:
- b) Levantar, através de estudos de caso, os custos da qualidade, criando regras para apropriá-los de acordo com sua origem nas diversas fases do processo produtivo:
- c) Estudar a hierarquia de necessidades da mão-de-obra na construção:
- d) Estudar os incentivos salariais e outras formas de motivação para a mão-de-obra, que tenham reflexo na qualidade e produtividade obtidas:
- e) Estabelecer metodologias para o levantamento da produtividade da mão-de-obra, tomando como ponto de partida as técnicas descritas na literatura, que sejam viáveis de ser empregadas em quaisquer canteiros de obra: e
- f) Desenvolver pesquisas relativas a serviços específicos, que permitam estabelecer padrões para o seu controle e elaborar para estes manuais escritos e audiovisuais de treinamento para a mão-de-obra.

ANEXO

LEVANTAMENTO DE DADOS DE CONSUMO DA MÃO-DE-OBRA

O objetivo deste levantamento foi o de padronizar o trabalho das equipes e definir seus padrões iniciais de produtividade.

O levantamento seguiu a seguinte seqüência:

- a) Identificação das equipes e processos;
- b) Identificação das operações de cada processo;
- c) Preparo da documentação para levantar dados; e
- d) Registro dos tempos transcorridos para a equipe concluir uma operação ou serviço global.

Não foi possível realizar um elevado número de observações, que dessem aos dados validade estatística. Foi a primeira implantação do sistema construtivo e enfrentou-se os seguintes problemas:

- a) As equipes inicialmente executavam as tarefas de forma desorganizada; e
- b) Alguns problemas como a falta de materiais e modificações no projeto, não permitiram a estabilidade nas condições de produção.

Contudo, os valores obtidos dão uma idéia geral da ordem de grandeza do consumo de mão-de-obra, e servem como base inicial para um levantamento mais rigoroso.

Os tempos medidos são os tempos totais, ou seja a soma de tempos produtivos, auxiliares e improdutivos. Nas Figuras A1 a A3 estão apresentados de forma resumida, os levantamentos efetuados. Além dos tempos totais é indicado o número de medições feitas e apresentadas algumas observações a respeito dos dados levantados.

Estes dados estão separados em dois grupos: fábrica e canteiro, indicados a seguir.

A) FÁBRICA

São indicados nas Figuras A1 (a,b,c) e A2 (a,b), os dados referentes aos serviços de pré-moldados de concreto e cobertura e oitões de madeira respectivamente.

SERVIÇO : PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (FÁBRICA) 1						
PROCESSO : VIGAS (medição para uma unidade)						
EQUIPE : 1 meio oficial + 3 serventes						
OPERAÇÃO	EQUIPE	DURAÇÃO MÉDIA	TEMPO MÉDIO TOTAL (hh)	NÚMERO OBS-SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES	
- Transporte ao exter.	4	1h 8min	4,5	2	A medição compreende a todos os elementos de uma unidade	
- Desforma	4	1h 15min	5,2	2		
- Limpeza de formas	4	2h 25min	9,6	2		
- Montagem de formas	4	57min	3,8	2		
- Colocação de aço	4	8min	0,5	2		
- Concretagem	4	2h	8,0	2		
CONSUMO = 31,6 hh/unidade						
PROCESSO : PLACAS - SUB-EQUIPE 1 (Formas e concretagem)						
EQUIPE : 2 meio oficiais + 1 servente (medição para fazer uma placa)						
OPERAÇÃO	EQUIPE	DURAÇÃO MÉDIA	TEMPO MÉDIO TOTAL (hh)	NÚMERO OBS-SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES	
- Montagem de formas e colocação armadura	--	3 min	--	2	A duração indicada é para um meio-oficial ajudado pelo servente que é compartilhado com o outro meio oficial	
- Concretagem e acabamento	--	23 min	--	2		
- Empilhamento interno	--	1 min	--			
CONSUMO = 27 min						
Como o servente ajuda aos dois meio-oficiais, consideramos para fazer duas placas um						
CONSUMO = 27min x 3 = 81min = 1,4 hh/duas placas						
Para uma unidade (24 placas) temos de CONSUMO = 12 x 1,4 = 16,2 hh/Unidade						
PROCESSO : PLACAS - SUB-EQUIPE 2 (limpeza de formas)						
EQUIPE : 1 servente (medição para fazer limpeza das formas de uma placa)						
CONSUMO = 10min/placa x 24 placas = 4hh/unidade (2 observações)						
PROCESSO : PLACAS - SUB-EQUIPE 3 (traslado ao exterior)						
EQUIPE : 2 serventes (medição para duas placas)						
OPERAÇÃO	EQUIPE	DURAÇÃO MÉDIA	NÚM. CICLOS	TEMPO MÉDIO TOTAL (hh)	NÚMERO OBS-SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES
- Transporte e desforma	2	10 min	12	4	2	primeiro se faz todo o transporte e depois todo o empilhamento
- Empilhamento	2	10 min	12	4	2	
CONSUMO = 8 hh/unidade						

Figura A1(a) - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto.

SERVIÇO : PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (FÁBRICA)						2
=====						
PROCESSO : AÇO VIGAS (medição para uma unidade)						
EQUIPE : 1 meio oficial + 1 servente O servente faz o corte de barras e tela, e a dobragem da tela. O meio oficial faz a dobragem de barras e a montagem das armações das vigas.						
DURAÇÃO = 6h 40min =====> CONSUMO = 6H 40min x 2 = 13,3 hh (2 observações)						
=====						
PROCESSO : AÇO PLACAS (medição para uma unidade)						
EQUIPE : 1 meio oficial + 1 servente O servente faz o corte e dobragem de barras e tela, enquanto o meio oficial faz a montagem das armações das placas.						
DURAÇÃO = 5h 30min =====> CONSUMO = 5H 30min x 2 = 11,0 hh (2 observações)						
=====						
PROCESSO : PRODUÇÃO DE CONCRETO						
EQUIPE : 3 serventes Um fica na betoneira e os outros dois fazem o transporte dos materiais até esta e o peneiramento. O transporte do concreto é feito nas vigas pelo pessoal da equipe de vigas, e nas placas pelo pessoal desta equipe.						
OPERAÇÃO	EQUIPE	DURAÇÃO MÉDIA	NÚM. CICLOS	TEMPO MÉDIO TOTAL (hh)	NÚMERO OBS-SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES
- Betonada vigas (ciclo)	3	9 min	8	3,6	2	
- Betonada placas (ciclo)	3	12 min	8	4,8	2	
- Peneiramento	2	180 min	--	6,0	2	Para uma unidade
- Limpeza e manutenção de betoneira	1	180 min	--	3,0	2	Para uma unidade
CONSUMO = 8 hh/unidade						
=====						
PROCESSO : CARREGAMENTO PEÇAS P/TRANSPORTE AO CANTEIRO						
EQUIPE : pessoal das outras equipes (6 pessoas)						
DURAÇÃO = 40min =====> CONSUMO = 40min x 6 = 4 hh/unidade (2 observações)						
=====						
RESUMO SERVIÇO DE PRÉ-MOLDADOS						
PROCESSO	EQUIPE	CONSUMO (hh)				
Vigas	4	31,6				
Placas - sub-equipe 1	3	16,2				
- sub-equipe 2	1	4,0				
- sub-equipe 3	2	8,0				
Aço de vigas	2	13,3				
Aço de placas	2	11,0				
Produção de concreto	3	17,0				
Carregamento de peças	---	4,0				
17 pessoas 105,1 hh/unidade						
A respeito dos dados anteriores pode-se indicar:						
- As equipes de placas (sub-equipe 1), aço de vigas e aço de placas precisam de menos de um dia para produzir uma unidade. Segundo o levantamento, são produzidas 30 placas por dia (a unidade tem 24), assim como é preparada a armadura de aço para três casas em dois dias aproximadamente.						

Figura A1(b) - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto.

SERVIÇO : PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (FABRICA)	3
<p>- Existindo uma modificação no projeto que visa ao uso de 36 placas, a sub-equipe 1 estará em condições de ser mantida, já que seu índice de produtividade diária coincide com este número de placas.</p> <p>- As equipes de aço de vigas e placas podem juntar-se numa só com 3 pessoas, reorganizando as tarefas internas, com o qual esta nova equipe deve-se ajustar à produção de uma casa por dia, de acordo com os consumos obtidos.</p> <p>- As equipes de produção de concreto, limpeza e transporte de placas, no seu conjunto têm uma folga diária de 19hh. Se a isto subtrairmos as 5 hh do carregamento (feito por este pessoal) temos uma folga de 15 hh. Este tempo deve ser analisado para verificar se permite a realização de tarefas auxiliares como limpeza, descarga de materiais e manutenção.</p> <p>- Os sábados são usados para fazer peças que não puderam ser feitas durante a semana ou aquelas que foram rejeitadas, e também para executar outras tarefas como limpeza do local, etc. Este dia também pode ser usado para o treinamento do pessoal.</p> <p>- O valor de 105,1 hh/unidade não é absoluto, faltando agregar nele consumos correspondentes a tarefas auxiliares (recebimento de materiais, limpeza, manutenção, etc.), assim como o valor correspondente aos sábados, quando não se produz uma unidade nova.</p>	

Figura A1(c) - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de pré-moldados de concreto.

SERVIÇO : COBERTURA E OITÕES DE MADEIRA						1
PROCESSO : PREPARO DE MADEIRA						
EQUIPE : 1 meio oficial + 3 serventes Dois escolhem as peças e passam estas pela serra (desdobramento), os outros dois passam as peças pela plaina e bitoladeira, e fazem os cortes finais.						
CONSUMO = 10,5 hh/unidade (2 observações)						
PROCESSO : PAINÉIS DE COBERTURA						
EQUIPE : 1 meio oficial + 3 serventes						
OPERAÇÃO	EQUIPE	DURAÇÃO MÉDIA	TEMPO MÉDIO TOTAL (hh)	NÚMERO OBS-SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES	
- Acertar caibros no gabarito	4	25min	1,7	2	São dois grupos de dois, e cada um deles encarrega-se de um painel por vez	
- Colocação de forro	4	1h 30min	10,0	2		
- Colocação de sobre-caibros	4	55min	3,7	2		
- Colocação de espelhos I	4	20min	1,3	2		
- Colocação de ripas	4	85min	5,7	2		
- Colocação de espelhos II	4	50min	3,3	2		
- Transporte para proteção	4	5min	0,3	2		
- Limpeza	4	10min	0,7	2		
CONSUMO = 26,7 hh/unidade						
PROCESSO : PAINÉIS DE OITÃO (não foi observado)						

Figura A2(a) - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de cobertura e oitões de madeira.

SERVIÇO : COBERTURA E OITÕES DE MADEIRA		2

PROCESSO : PROTEÇÃO DE PAINÉIS		
EQUIPE : 1 servente (medição para uma unidade, 4 painéis cobertura e 2 de oitão)		
CONSUMO = 6,0 hh/unidade		(2 observações)

PROCESSO : PROTEÇÃO DE PAINÉIS		
EQUIPE : 1 servente (medição para uma unidade, 4 painéis cobertura e 2 de oitão)		
CONSUMO = 6,0 hh/unidade		(2 observações)

PROCESSO : CARREGAMENTO DE PAINÉIS		
EQUIPE : 6 pessoas (das outras equipes)		
CONSUMO = 1,5 hh/unidade		(2 observações)

RESUMO SERVIÇO DE COBERTURA E OITÕES DE MADEIRA		
PROCESSO	EQUIPE	CONSUMO (hh)
Preparo de madeira	4	10,5
Painéis de cobertura	4	26,7
Painéis de oitão	---	---
Proteção de painéis	1	6,0
Carregamento de painéis	---	1,5
A respeito dos dados anteriores pode-se indicar:		
- A equipe de painéis de cobertura deve passar a fazer também os painéis de oitão. Estima-se que as 5 hh de folga são suficientes para os painéis de oitão.		
- A equipe de preparo de madeira está superdimensionada, fazendo 3 unidades por dia, devendo passar a ter só duas pessoas. A folga desta equipe, juntamente com as das outras, será suficiente para fazer o carregamento dos painéis e outras tarefas auxiliares.		
- Da mesma forma que no serviço de concreto, os sábados serão usados para fazer tarefas auxiliares e/ou uniformizar a produção.		

Figura A2(b) - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra para o serviço de cobertura e oitões de madeira.

B) CANTEIRO

No canteiro não foi possível acompanhar todos os serviços, por limitações de tempo e pessoal. O levantamento restringiu-se aos principais serviços. Alguns serviços foram divididos em processos e ou operações, mas os dados apresentados na figura A3 representam apenas um resumo global.

Ao contrario da fábrica, onde as equipes são fixas para um mesmo serviço ou processo, no canteiro as medições da maioria dos serviços no canteiro são realizadas em equipes variáveis quanto a natureza e número de pessoas.

O número de pessoas indicado nas equipes é aquele adotado a critério do observador, que mais se ajusta à execução do serviço.

Várias medições foram efetuadas em casas geminadas. Quando isto é indicado, significa que os valores devem ser analisados e corrigidos para o caso de unidades individuais.

A seguir são apresentados na Figura A3, de forma resumida, os valores obtidos de consumo da mão-de-obra para os diferentes serviços.

SERVICO	EQUIPE	CONSUMO hh (unidade)	NÚM. OB- SERVAÇÕES	OBSERVAÇÕES
- Locação	5	5,3	2	
- Marcação*	4	1,1	3	
- Escavação*	4	5,1	3	
- Montagem de sapatas*	3	2,4	4	
- Pilaretes*	4	17,6	4	inclui formas, concretagem e reaterro
- Descarga de pré-moldados	6	3,4	5	
- Montagem de vigas	4	7,8	5	inclui montagem e concretagem de uniões
- Montagem de placas	3	10,5	5	inclui montagem e rejunte
- Alvenaria	3	104,0	8	
- Montagem de vergas	3	26,2	3	inclui montagem e concretagem de uniões
- Revestimento externo*	2	68,3	5	inclui chapisco e o rebo-co
- Montagem cobertura EI (V)	5	38,4	4	EI = equipe 1, (V) = casa com cumeeira vertical
- Colocação de telhas EI (V)	5	8,0	4	
- Montagem cobertura EI (H)	5	20,8	4	(H) = casa com cumeeira horizontal
- Colocação de telhas EI (H)	5	7,8	10	
- Montagem cobertura EII (H)	5	20,4	16	EII = equipe 2
- Colocação de telhas EII (H)	5	8,4	16	
* Requer análise para casa individual				

Figura A3 - Levantamento de dados de consumo de mão-de-obra no canteiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARDITI, D. Diffusion of network planning in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.109, n.1, p.1-12, Mar. 1983.
2. _____. Construction productivity improvement. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.111, n.1, p.11-14, Mar. 1985.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de obras em concreto armado: NB-1. Rio de Janeiro. 1978.
4. _____. Qualidade - Terminologia: NBR-8541. Rio de Janeiro, 1984.
5. BARRET, P. Quality assurance: a step in the right direction? In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDING SECTORS, 1991. Lisbon. *Transactions....London: E&FN Spon, 1991. 1854 p. p.403-412.*
6. BURATI Jr., J.L., FARRINGTON, J.J., LEDBETTER, W.B. Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.118, n.1, p.34-49, Mar. 1992.
7. BURATI Jr., J.L., MATTHEWS, M.F., KALIDINDI, S.N. Quality management in construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.117, n.2, p.341-359, June 1991.
8. _____. Quality management organizations and techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.118, n.1, p.112-128, Mar. 1992.

9. BURT, M.E. **A survey of quality and value in building.** Garston: Building Research Establishment, Department of the Environment, 1978. 34 p.
10. CARRAL, C.E. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação.** Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1988. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - UFSC.
11. CALAVERA, J. **Human and psychological aspects of the implementation of quality control in construction.** In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDING SECTORS, 1991. Lisbon. **Transactions...** London: E & FN Spon, 1991. 1854 p. p.484-494.
12. CAMPOS, F.V. **Gerência da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni / Escola de Engenharia da UFMG, 1990. 187 p.
13. _____. **Qualidade total: padronização de empresas.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni / Escola de Engenharia da UFMG, 1990. 149 p.
14. CROSBY, P.B. **Quality is free.** New York: McGraw-Hill, 1990.
15. DIAS, S.R.B.M. **Formulação de uma proposta para controle do processo e do recebimento de serviços na construção.** São Paulo: Escola Politécnica, 1990. 212 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - USP.
16. DREWIN, F.J. **Construction productivity.** New York: Elsevier, 1982. 150p.
17. ENK, I. **Aspectos relativos ao gerenciamento da construção de conjuntos habitacionais.** Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 1984. 232 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia. UFRGS.
18. FAILLACE, R.R. **Discriminações técnicas.** Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil / UFRGS, 1988. 185 p.
19. FEIGENBAUM, A.V. **Total quality control.** New York: McGraw- Hill, 1961.

20. FLETCHER, K. An international forum for research into quality assurance and quality management in construction: the work of the CIB W88 Commission. *Journal of the Institute of Quality Assurance*, London, v.15, n.4, p.139-145, Dec. 1989.
21. FORMOSO, C.T. et al. Perfil da construção civil: diagnósticos e perspectivas das empresas do SINDUSCON no Estado do Rio Grande do Sul. Relatório final. Porto Alegre: CPGEC / UFRGS, 1992. 41 p.
22. GARCÍA MESEGUER, A.G. *Garantía de calidad en construcción*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Agrupación Nacional de Constructores de Obras, 1989. 101 p.
23. _____. *Control de calidad en construcción*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Agrupación Nacional de Constructores de Obras, 1989. 75 p.
24. GILLY, B.A., TOURAN, A., ASAI, T. Quality control circles in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.113, n.3, p.427-439, Sept. 1987.
25. GOSSELIN, P. Quality management in the building firm. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDING SECTORS, 1991, Lisbon. *Transactions...* London: E & FN Spon, 1991. 1854 p. p.630-640.
26. GRAZIA, S. Total quality control - TQC - e sua importância para o gerenciamento. *Revista Politécnica*, USP, São Paulo, n.195, p.46-52, Mar. 1987.
27. _____. O problema da qualidade (TQC) na indústria da construção civil. In: Simpósio Nacional de Gerenciamento na Construção Civil, 1, 1988, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1988. p.21-32.
28. GROVER, R. Quality management in the construction industry. *Journal of the Institute of Quality Assurance*, London, v.15, n.4, p.129-130, Dec. 1989.

29. HALL, B., FLETCHER, K.E. Quality assurance in the United Kingdom - an examination of the potencial contribution of ISO 9000 quality systems based on a study of early implementations. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CIB, 11, 1989, Paris. Proceedings... Paris, 1989. v.1, theme 3.
30. HANSEN, R., SJOHOLT, O. Quality management: a challenge for the building industry. Oslo: Norwegian Building Research Institute, 1989. 43 p.
31. HEINECK, L.F. The examination of possible causes of the lack of success in the application of programming techniques to building sites. Leeds: University of Leeds, Department of Civil Engineering, 1982.
32. _____. Orçamento e programação de custos na indústria da construção civil. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil / UFRGS, 1986. Ponto n.12 - Medição de produtividade na construção civil.
33. HERBSMAN, Z., ELLIS, R. Research of factors influencing construction productivity. **Construction Management and Economics**, London, v.8, n.1, p.49-61, 1990.
34. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Programa de atualização tecnologica industrial - construção habitacional. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia, 1988.
35. INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION. Working Commission W88. **Quality assurance in building**. Rotterdam, 1988. (CIB working papers. Publication, 109)
36. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. **Quality management and quality assurance standards - guidelines for selection and use: ISO 9000 a 9004**. Geneve, 1987.
37. ISHIKAWA, K. **Guide to quality control**. Tokyo: Asian Productivity Organisation, 1982. 225p.
38. _____. TOC - Total quality control: estratégia e administração da qualidade. São Paulo: IM & C, 1986. 219p.

39. JURAN, J.M. *Quality control handbook*. New York: McGraw-Hill, 1974.
40. _____. *Juran on planning for quality*. New York: The Free Press, 1988.
41. MELLES, B., ROBERS, J.C.B., WAMELINK, J.W.F. The use of material flow control concepts (JIT and MRP II) and capacity control concepts (OPT) in the construction industry. In: INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION. *Building economics and construction management*. Sydney, 1990. v.6: Management of the building firm, p.313-322. (CIB, 90)
42. MURGEL, S.R. A modulação do gerenciamento. In: Simpósio Nacional de Gerenciamento na Construção Civil, 1, 1988, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1988.
43. OLOMOLAYLE, P.O. An evaluation of the relationships between bricklayers' motivation and productivity. *Construction Management and Economics*, v.8, p.301-313, 1990.
44. PINTO, T.P. *Perda de materiais em processos construtivos convencionais*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, 1989.
45. ROSENFELD, Y., WARSZAWSKI, A., LAUFER, A. Using quality circles to raise productivity and quality of work life. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.118, n.1, p.17-33, Mar. 1992.
46. SALDANHA, B.L. *Análise da atuação do engenheiro civil no gerenciamento do processo construtivo: disciplinas envolvidas e o desenvolvimento de jogos de treinamento*. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, UFRGS.
47. SCHMITT, C.M. ...Ou similar. In: JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 25, 1991, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil - CPGEC / UFRGS, 1991. v.5, p.161-171.

48. SOUZA, R. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade. Sub-programa setorial da qualidade e produtividade. Setor: Construção Civil/Edificações. In: SIMPÓSIO A PESQUISA EM CONSTRUÇÃO NO SUL DO BRASIL: BALANÇO E TENDÊNCIAS. 1991. Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: CPGEC / UFRGS - CIENTEC. 1991. p.139-165.
49. STUKHART, G. Construction materials quality management. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, New York, v.3, n.2, p.100-112, May 1989.
50. THOMAS, H.R. et al. Modeling construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, New York, v.116, n.4, p.705-726, Dec. 1990.
51. UMEDA, K. Human and organizational aspects of quality assurance in japanese construction firms. [S.l.:s.n.]