

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

A ABORDAGEM SISTEMICA DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

LUIS CARLOS BONIN

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.

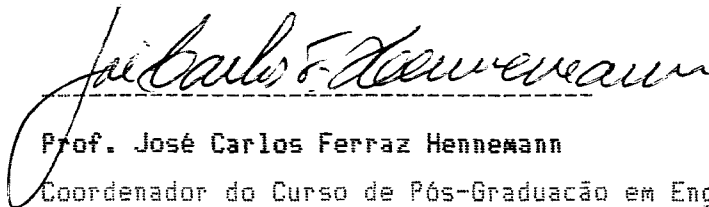
Porto Alegre, Setembro de 1987.

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. Syllas Grazia

Orientador



Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

A minha família, pelo apoio constante,
e aos companheiros do NORIE,
"por um tempo que continua valendo a pena"

Este trabalho contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na forma de bolsas de estudos para o autor no período de março de 1984 a agosto de 1986.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
INTRODUÇÃO	01

CAP 1. A abordagem sistêmica como instrumento de produção de conhecimento

1.1 Algumas considerações sobre o processo de produção do conhecimento	05
1.2 O ciclo interno de cada estágio do processo	10
1.3 Uma crítica a respeito da prática acadêmica de pesquisa científica	13
1.4 A abordagem sistêmica no processo de produção do conhecimento	14

CAP 2. Uma introdução à Teoria dos Sistemas

2.1 A origem da Teoria dos Sistemas	17
2.2 Definições gerais da Teoria dos Sistemas	19
2.3 A ordem hierárquica dos sistemas	22
2.4 O pensamento sistêmico	24
2.5 A abordagem sistêmica	25

CAP 3. A abordagem sistêmica da produção de edificações

3.1 O duplo significado da abordagem	31
3.2 Os limites de aplicação da abordagem sistêmica da produção de edificações	32

CAP 4. O significado físico da abordagem sistêmica da produção de edificações	
4.1 Um enfoque físico da edificação	37
4.2 A compatibilidade dos subsistemas	39
4.3 A flexibilidade do sistema	48
CAP 5. O significado organizacional da abordagem sistêmica da produção de edificações	
5.1 Uma revisão conceitual do processo produtivo da edificação ...	52
5.2 A proposição de um modelo sistêmico para o processo	57
5.3 Um exemplo de um modelo sistêmico mais detalhado	62
5.4 As novas características propostas ao processo produtivo da edificação	69
CAP 6. O papel da abordagem sistêmica na inovação da edificação	
6.1 O significado da inovação	75
6.2 A tendência de inovação da edificação: o papel da abordagem sistêmica	79
CONCLUSOES	83
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXO I - A UTILIZAÇÃO DO CONCEITO DE DESEMPENHO	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAG.
CAP.1 - A abordagem sistêmica como instrumento de produção de conhecimento	
1.1 - Um primeiro modelo do processo de produção do conhecimento	06
1.2 - O ciclo interno de cada estágio do processo	11
1.3 - Um modelo mais detalhado do processo de produção do conhecimento	12
1.4 - A incorporação da abordagem sistêmica ao processo de produção do conhecimento	15
CAP.2 - Uma introdução à Teoria dos Sistemas	
2.1 - Duas abordagens distintas para o estudo dos fenômenos reais	19
2.2 - A ordem hierárquica dos sistemas	22
2.3 - A importância da definição dos limites dos sistemas	23
2.4 - A suplementação do reducionismo da análise linear pelo expansionismo da Teoria dos Sistemas	25
2.5 - Um modelo esquemático dos sistemas	27
2.6 - A estrutura básica de um modelo dinâmico dos sistemas	28
2.7 - A estrutura completa de um modelo dinâmico dos sistemas (baseado em HANDLER)	29
2.8 - A representação de um sistema real	30



CAP.4 - O significado físico da abordagem sistêmica da produção de edificações

4.1 - A decomposição física da edificação em subsistemas funcionais ..	38
4.2 - Uma comparação da estrutura interna de relações de diferentes processos construtivos	40
4.3 - A coordenação dimensional da edificação	44
4.4 - Um algoritmo para a consideração das tolerâncias aceitáveis nas dimensões dos subsistemas (segundo o ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS)	45
4.5 - Um exemplo de incompatibilidade de material: o efeito da justaposição de dois materiais em seu desempenho, no caso provocando a condensação oculta	46
4.6 - Quatro aspectos da flexibilidade de um conjunto de subsistemas (segundo o EDUCATIONAL FACILITIES LABORATORIES)	49
4.7 - A renovação programada como aspecto do conceito de flexibilidade (segundo o METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)	50

CAP.5 - O significado organizacional da abordagem sistêmica da produção de edificações

5.1 - Uma descrição das etapas constituintes do processo produtivo da edificação (segundo o METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)	53
5.2 - O estudo teleológico do processo produtivo da edificação	58
5.3 - A definição dos limites do processo	59
5.4 - O fracionamento do processo global	60
5.5 - A característica cíclica do processo produtivo da edificação ...	61
5.6 - A fase de definição conceitual	63
5.7 - A fase de desenvolvimento técnico	65
5.8 - A fase de utilização	67
5.9 - Uma visão global do processo produtivo da edificação a partir da composição de suas fases constituintes	68
5.10 - A determinação dos pontos de avaliação do processo produtivo da edificação	71
5.11 - A compressão do tempo total de construção da edificação como característica da abordagem sistêmica (baseado no METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)	73

ANEXO I - A utilização do conceito de desempenho

1.1	- O primeiro aspecto da utilização do conceito de desempenho: a determinação dos requisitos essenciais de um produto de construção	93
1.2	- Um modelo para relacionar as características dos subsistemas físicos constituintes da edificação com as atividades de seus usuários (baseado em CROMBERG)	94
1.3	- Lista das necessidades dos usuários da edificação (baseada na lista proposta pela ISO/DP 6241)	95
1.4	- Lista de agentes atuantes sobre a edificação (baseada na lista proposta pela ISO/DP 6241)	97
1.5	- O segundo aspecto da utilização do conceito de desempenho: a avaliação e controle do comportamento em uso de um produto de construção	100
1.6	- Lista das propriedades em uso de um produto de construção (baseada na lista proposta pelo CIB/W60)	101
1.7	- As características das escalas de intervalos para a avaliação e controle do desempenho dos produtos de construção	104
1.8	- Um modelo para a utilização do conceito de desempenho no processo de elaboração de um produto de construção	105
1.9	- Um modelo para a utilização do conceito de desempenho no processo de seleção de um produto de construção	106

RESUMO

Um dos maiores obstáculos à otimização da produção de edificações tem sido a falta de conhecimento da real constituição deste fenômeno, o que é fundamentalmente resultado da histórica utilização de abordagens empíricas ineficientes na consideração de alguns aspectos importantes do contexto em que se realiza a produção de edificações.

A abordagem sistêmica propõe uma revisão conceitual da edificação cujo objetivo é justamente produzir conhecimento a respeito da edificação com a finalidade de permitir uma intervenção racional sobre ela.

Nesta revisão conceitual a edificação passa a ser estudada sob dois enfoques básicos: . o primeiro considerando as características de um conjunto de partes distintas elaboradas para funcionarem integradamente compondo o objeto físico edificação;

. o segundo considerando a estrutura organizacional do processo produtivo da edificação avaliando globalmente as relações entre os participantes do processo e entre as atividades por eles realizadas para obter o produto final edificação.

Na abordagem sistêmica, e esta é uma de suas principais virtudes, estes dois enfoques são avaliados integradamente compatibilizando soluções físicas e organizacionais através de ajustes interativos, obtendo-se como resultado um desenvolvimento estável da produção de edificações.

Desta forma a adoção da abordagem sistêmica em substituição às abordagens empíricas historicamente utilizadas torna-se um instrumento valioso para que se possa intervir racionalmente sobre a edificação e planejar o seu desenvolvimento futuro.

ABSTRACT

One of the best hindrances to the building production optimization has been the lack of knowledge on the real constitution of this phenomenon, which is fundamentally the result of the historical use of some important aspects of the context where the building production is realized.

The system approach propose a conceptual review to the building which objective is just produce knowledge about the building with the finality of permitting one rational intervention over it.

On this conceptual review the building is studied under two basic views: . the first considering the characteristics of a distincts parts collection elaborated to function integratedly composing the building physical object;

. the second considering the organizational structure of the building productive process through the global evaluation of the relations between the process participants and between the activities realized by them to obtain the building final product.

In the building approach, and this is one of this principal merits, these two views are evaluated integratedly making compatible physical and organizational solutions through interactive adjustments, resulting on a steady development of the building production.

In this way the adoption of the system approach replacing the empirical approaches historically used becomes a valuable tool to make possible to intervene rationally over the building and to plan its future development.

INTRODUÇÃO

A produção de edificações é um fenômeno diretamente relacionado com a satisfação de uma necessidade social básica que é a construção do espaço onde são desenvolvidas as atividades humanas.

Uma vez que estas atividades apresentam uma contínua variação decorrente do próprio comportamento humano constata-se a obrigatoriedade de uma constante intervenção sobre a edificação e seu processo produtivo com a finalidade de tornar suas características adequadas à satisfação desta necessidade ao longo do tempo.

A partir desta constatação pode se definir o objeto central do estudo da produção de edificações como a identificação das estratégias de intervenção que possam produzir os melhores resultados avaliando por um lado seus objetivos, fundamentalmente o atendimento qualitativo e quantitativo da demanda social por edificações, e por outro suas restrições ambientais, principalmente o consumo de recursos no processo produtivo da edificação.

Este estudo, entretanto, é obstaculizado pela falta de conhecimento a respeito da constituição do fenômeno bem como de suas relações com o ambiente em que está inserido, o que é consequência da forma como a produção de edificações desenvolveu-se historicamente.

Para justificar esta afirmação é interessante ressaltar algumas das características relacionadas por GRAZIA (1978) e GARCIA MESEGUER (1980) para a edificação tradicional e seu processo produtivo:

. o processo produtivo da edificação é realizado por um conjunto de participantes de uma indústria muito tradicional e de grande inércia para incorporar quaisquer alterações;

- . este processo apresenta uma instabilidade cíclica devido à sua característica de fácil mobilização e desmobilização, permitindo que ele seja utilizado como alavanca de desenvolvimento em ciclos econômicos;

- . neste processo ocorre a utilização intensiva de mão-de-obra com baixa produtividade;

- . a edificação é um produto localizado onde seu processo produtivo normalmente é nômade apresentando como consequência uma inconstância nos recursos utilizados;

- . o produto edificação é volumoso, pesado, de longo tempo de uso e relativamente caro;

- . a edificação não é padronizada ou produzida em série mas geralmente é um protótipo único com características específicas.

Observa-se que estas características diferem significativamente daquelas características comuns dos processos de produção tecnologicamente avançados e racionalmente desenvolvidos para outros setores econômicos (a indústria mecanizada, principalmente), podendo ser melhor associadas com processos de produção artesanais, os quais são desenvolvidos basicamente através da experiência adquirida pelos participantes na própria rotina da realização do processo.

Assim, constata-se que o conhecimento existente sobre a produção de edificações é essencialmente empírico e voltado antes para saber fazer que propriamente para compreender porque fazer. Um exemplo evidente desta situação pode ser verificado na bibliografia corrente sobre edificações onde geralmente os autores dedicam-se a exaustivas descrições de detalhes construtivos específicos a determinados casos particulares e deixam de abordar as bases conceituais das soluções propostas.

Como consequência desta distorção o desenvolvimento da produção de edificações tem sido o resultado antes de uma série descoordenada de tentativas aleatórias que propriamente de uma intervenção consciente sobre o fenômeno, provocando um contínuo desperdício de recursos (tempo, mão-de-obra, capital) que são sub-utilizados devido à manutenção de técnicas e procedimentos inadequados à dinâmica dos objetivos e condições ambientais em que se realiza o fenômeno em um determinado espaço geográfico e temporal.

A incerteza na obtenção dos resultados previstos na intervenção sobre a edificação e seu processo produtivo, agravada pela crescente demanda por edificações não atendida devido à constante e generalizada limitação de recursos, determina a necessidade de se abandonar as tradicionais abordagens empíricas da produção de edificações adotando outros enfoques que possibilitem inicialmente a compreensão da realidade deste fenômeno e após a racionalização das intervenções sobre ele realizadas.

Neste trabalho é apresentada uma abordagem científica à produção de edificações utilizando como instrumento metodológico os conceitos básicos da abordagem sistêmica. Nesta proposta é enfatizada uma revisão conceitual de toda a edificação e de seu processo produtivo, alterando inclusive a percepção deste fenômeno e reestruturando-o física e organizacionalmente.

No capítulo 1 são feitas algumas considerações metodológicas sobre o processo de produção do conhecimento identificando o efeito da intelectualização do processo. Dentro destas considerações é definida a realidade como fonte única do conhecimento, descaracterizando como tal os resultados de quaisquer outras abordagens onde sejam avaliadas concepções idealizadas que terminam por se resumir a exercícios puramente acadêmicos. Neste capítulo a abordagem sistêmica é apresentada como um instrumento cognitivo que pode ser incorporado ao processo de produção do conhecimento.

No capítulo 2 é apresentada uma introdução à Teoria dos Sistemas onde são expressos os fundamentos teóricos da nova abordagem proposta para a produção de edificações, identificando as características dos modelos da realidade desenvolvidos com base nesta abordagem.

O duplo significado da abordagem sistêmica da produção de edificações é descrito no capítulo 3 distinguindo, apenas para efeito de estudo, os aspectos físicos e organizacionais deste fenômeno. São comentados ainda neste capítulo os limites da utilização desta abordagem.

O enfoque físico da edificação, abordado no capítulo 4, estuda dois novos conceitos necessários para se compreender o funcionamento da edificação como produto físico, racionalizando o fracionamento do todo em partes produzidas individualmente porém com o objetivo de serem utilizadas

em conjunto. Estes novos conceitos são a compatibilidade entre as partes constituintes da edificação e a flexibilidade da edificação como um todo, dos quais são comentados neste capítulo alguns de seus aspectos mais significativos.

No capítulo 5 é estudado o significado organizacional da edificação onde se descreve as novas características propostas ao processo produtivo da edificação através da utilização da abordagem sistêmica. Um exemplo da modelagem da modelagem deste processo é apresentado com a finalidade de ilustrar a crescente complexidade em se detalhar estes modelos em níveis operacionais de intervenção sobre o processo.

Finalmente no capítulo 6 se identifica a abordagem sistêmica como um instrumento necessário na inovação da edificação e de seu processo produtivo, justificando seu importante papel de racionalizadora das intervenções realizadas sobre a produção de edificações.

E apresentado ainda um anexo ao trabalho no qual é descrito um método para a utilização de um conceito de apoio necessário à abordagem sistêmica que é o conceito de desempenho. Este conceito pode ser definido como uma linguagem técnica de comunicação que permite a expressão clara das necessidades dos usuários da edificação e uma avaliação mais precisa dos resultados obtidos na produção de edificações.

1. A ABORDAGEM SISTEMICA COMO INSTRUMENTO DE PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

1.1 Algumas considerações sobre o processo de produção de conhecimento

O ser humano é um dos componentes de um todo maior, por ele denominado realidade, com o qual mantém relações que determinam seu comportamento e sua sobrevivência individual e coletiva. Compreender estas relações, suas características e intensidades, é fundamental para se poder introduzir alterações neste todo com o objetivo de criar condições mais favoráveis ao desenvolvimento das atividades humanas.

A compreensão destas relações é o resultado da execução constante de um processo de produção de conhecimento sobre a realidade onde as informações dela obtidas são sucessivamente elaboradas em estruturas intelectuais cada vez mais detalhadas. Algumas considerações, entretanto, devem ser feitas sobre a forma como ocorre a produção de conhecimento:

- . a produção de conhecimento é um processo contínuo desde a observação dos fenômenos reais até a avaliação em confronto com a realidade da estrutura intelectual de informações produzida, passando por uma série de estados de elaboração do conhecimento (LOS,1981);

- . a produção de conhecimento é profundamente influenciada pela ideologia e pelos valores básicos do observador da realidade, evidenciando desta forma a não neutralidade do processo de produção do conhecimento e, conseqüentemente, da estrutura intelectual de informações produzida;

- . a produção de conhecimento é um processo dialético de interação entre o observador e a realidade, onde as estruturas intelectuais de informações são progressivamente produzidas pelo observador e incorporadas à realidade (LOS,1981);

- . a produção de conhecimento é válida enquanto ligada a uma ação prática, ou seja, o conhecimento é válido se resulta em intervenção sobre a

realidade modificando algumas de suas características ou mesmo a forma como elas são percebidas.

A partir destas considerações pode então se procurar entender o processo de produção do conhecimento, identificando a sequência de ações que o constituem com a finalidade de se alcançar melhor compreensão da realidade a partir da racionalização deste processo (figura 1.1).

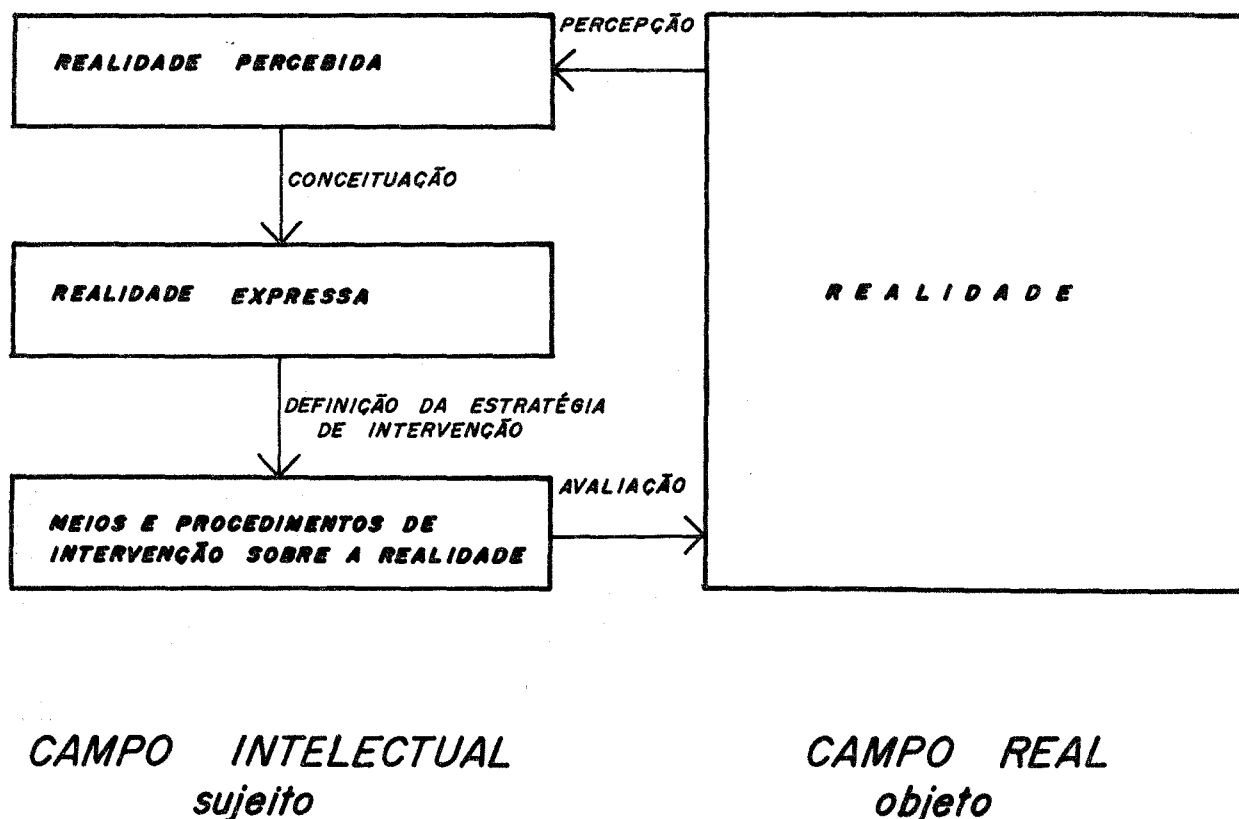


FIGURA 1.1 - Um primeiro modelo do processo de produção do conhecimento

O estágio inicial do processo é a **observação da realidade** através de instrumentos perceptivos que são modelos representativos de fenômenos reais elaborados de acordo com o significado atribuído pelo observador a estes fenômenos, ou seja, elaborados considerando como base o ponto de vista do observador.

Embora possa ser elaborado um grande número de modelos de um mesmo fenômeno real sua verdade não é integralmente percebida pois a totalidade do

fenômeno jamais é observada, considerando que sempre podem ser imaginados outros significados relevantes ainda não abordados. Consequentemente, qualquer fenômeno real é observado apenas em relação a alguns de seus aspectos, em relação à algumas de suas características, sendo impossível a compreensão de sua verdade absoluta.

Isto está diretamente relacionado ao fato que modelos não produzem informações isentas sobre a realidade mas informações profundamente influenciadas pela intenção consciente ou inconsciente do observador, que idealiza o fenômeno real a partir de conceitos definidos pelo conhecimento histórico socialmente acumulado ao longo do tempo, definindo assim a relevância ou não de um determinado aspecto a ser abordado. Observa-se portanto que modelos expressam a visão da verdade do fenômeno real percebida pelo sujeito do processo.

Modelos podem ser então definidos como traduções da realidade que expressam nas informações produzidas não apenas as características do fenômeno sob estudo mas também os conceitos utilizados pelo observador na elaboração do modelo. Esta condição é inevitável pois é intrínseca à modelagem. Considerá-la na utilização das informações obtidas da realidade, em estágios seguintes do processo de produção de conhecimento, é fundamental para se distinguir informações derivadas de conclusões baseadas no significado atribuído ao fenômeno real pelo observador de conclusões baseadas no fenômeno em si.

Considerando assim a utilização de modelos como condição inicial para a compreensão da realidade constata-se que o fenômeno real é inacessível ao observador e apenas traduzido através de modelos resulta nas informações necessárias ao processo de produção de conhecimento. Modelos da realidade são a origem e o limite do conhecimento, ou seja, eles são o único meio de produção de conhecimento sobre a realidade que não pode ser abordada isoladamente. Modelos são, portanto, o elo de ligação necessário entre o observador e a realidade.

O resultado deste estágio inicial do processo é um estado de conhecimento constituído por um conjunto de informações descoordenadas que pode ser denominado **realidade percebida**, sendo esta a primeira estrutura intelectual produzida no processo.

O segundo estágio do processo de produção do conhecimento significa a **formulação de conceitos que representam a compreensão da realidade**. Neste estágio o conjunto de informações resultante da observação da realidade é utilizado na indução de um corpo coerente de princípios que procura explicar não apenas os fenômenos específicos estudados mas também ampliar a utilização da estrutura intelectual resultante do estágio anterior em um estado mais elaborado do conhecimento que pode ser denominado realidade expressa.

A finalidade deste estágio do processo é conectar as informações obtidas da observação de um fenômeno real e ampliar o alcance destas informações através da definição dos limites da validade de sua utilização para se compreender outros fenômenos semelhantes ou historicamente vinculados ao fenômeno estudado.

Uma vez que o estágio de conceituação é efetuado sem um contato direto entre o observador e o fenômeno real sob estudo seus resultados não fazem parte da realidade externa ao observador. O estado de conhecimento denominado **realidade expressa** não pode portanto ser o objetivo final do processo de produção do conhecimento, como às vezes é considerado, pois não atende uma das características da produção do conhecimento, que é sua indissociabilidade de uma ação prática. Na verdade este corpo de princípios serve de base para que se defina a estratégia de intervenção sobre a realidade, o que é o terceiro estágio do processo.

Traduzir os princípios genéricos de compreensão da realidade em um conjunto de procedimentos aplicáveis à intervenção sobre ela é o objetivo deste terceiro estágio do processo de produção do conhecimento, invertendo de certa forma a ação do estágio anterior e retornando a um contato direto com a realidade mas agora não através de informações descoordenadas e sim através de uma estrutura de informações internamente coerente e bastante elaborada.

Este objetivo é alcançado através do prévio estudo e planejamento dos fatores influentes sobre o fenômeno real. O estado de conhecimento resultante pode ser denominado **meios e procedimentos de intervenção sobre a realidade**.

O quarto e último estágio do processo de produção do conhecimento é a **avaliação dos resultados obtidos em todo o processo** em comparação com as características dos fenômenos reais, utilizando como parâmetros o próprio conjunto de meios e procedimentos de intervenção sobre a realidade definido no estágio anterior.

Sobre este estágio recai a importante atribuição de se observar criticamente os resultados obtidos no desenvolvimento do processo de produção do conhecimento descartando abordagens equivocadas e, através da sequência de ciclos do processo, aumentando continuamente a qualidade do conhecimento disponível a respeito do fenômeno sob estudo.

No processo de produção de conhecimento, representado pelo esquema da figura 1.1, podem ser diferenciados dois campos: um **campo real** onde estão incluídos os fenômenos reais e um **campo intelectual** onde estão incluídos os estágios constituintes do processo. Esta diferenciação permite que se expresse mais claramente os níveis de relações entre o **fenômeno sob estudo**, pertencente ao campo real, e o **observador**, pertencente ao campo intelectual.

Uma dúvida que pode surgir sobre este esquema proposto para o processo de produção do conhecimento é a respeito da necessidade da formalização da sequência de ações do processo uma vez que a percepção da realidade já ocorre através de processos sociais empíricos de produção do conhecimento onde, a partir da experiência de contato com a realidade, são inconscientemente elaborados modelos empíricos utilizados para produzir o conhecimento determinante do comportamento social.

Estes processos sociais empíricos são, entretanto, bastante susceptíveis de produzir falsas informações que não são identificadas pelo não exercício de uma crítica da realidade ou do próprio processo de produção do conhecimento. Desta forma as intervenções sobre a realidade têm reduzida sua possibilidade de criar melhores condições para o desenvolvimento das atividades humanas.

Justifica-se assim a racionalização do processo por meio da formalização dos seus estágios constituintes com a finalidade de produzir conhecimento crítico e vinculado com a realidade, substituindo procedimentos

antes efetuados informal e empiricamente por estudos detalhados onde se procura maior aproximação da verdade sobre o fenômeno real.

Além disto a expressão formal do processo tem a virtude de facilitar a transmissão das informações mais claramente expressas nos sucessivos estados de conhecimento, verificando-se uma sensível aceleração na compreensão social da realidade através da troca de experiências entre os diversos observadores de um mesmo fenômeno real.

1.2 O ciclo interno de cada estágio do processo

Uma vez descrito o processo intelectual de produção do conhecimento sobre um fenômeno real como uma sequência de estágios onde as informações obtidas a partir da percepção da realidade são elaboradas em estruturas intelectuais cada vez mais detalhadas é necessário agora, para se compreender o funcionamento deste processo, estudar como estas informações são elaboradas.

LOS (1981) comenta duas formas distintas de produção do conhecimento:

. **conhecimento baseado em relações analíticas**, ou seja, baseado em relações lógico-matemáticas propostas pelo observador para expressar a realidade. Já que nesta forma de produção do conhecimento inexiste um contato direto entre o sujeito e o objeto do processo a origem destas relações pode ser identificada exclusivamente na linguagem utilizada pelo sujeito, a qual é dependente de seu conhecimento histórico, de sua ideologia, de sua intenção consciente e inconsciente.

. **conhecimento baseado em relações sintéticas**, ou seja, em relações experimentais como expressão da realidade. Estas relações originam-se de instrumentos perceptivos e dependem portanto do modelo adotado para representar a realidade.

Embora possam ser diferenciadas em sua origem isto não significa que estas formas distintas de produção do conhecimento existem isoladas. Na verdade a total separação entre relações analíticas e sintéticas é

insustentável uma vez que a síntese exige a disponibilidade prévia de um modelo analítico que só pode ser desenvolvido a partir de informações anteriormente sintetizadas, evidenciando a existência de um ciclo de mútua dependência entre estas relações (figura 1.2).

A definição do processo de produção do conhecimento como a contínua elaboração de estados do conhecimento mais detalhados e precisos identifica como sentido principal deste ciclo a síntese de uma estrutura intelectual de informações a partir das informações originadas em um estado anterior do processo.

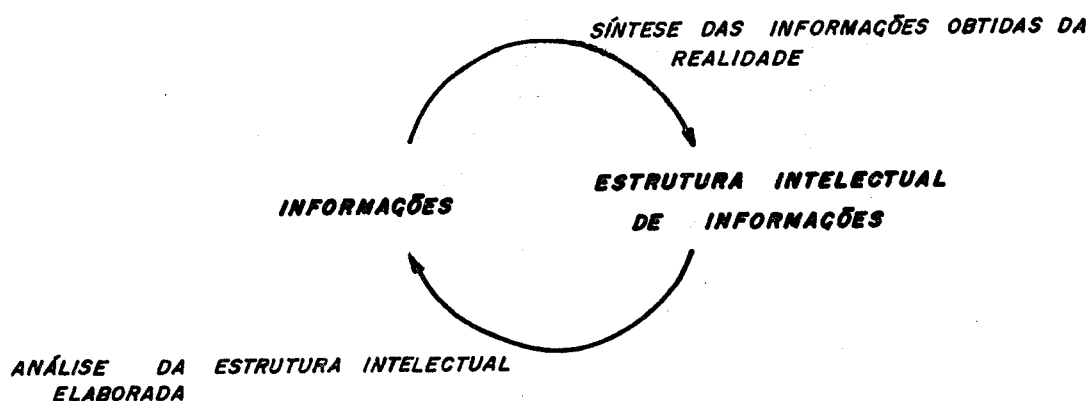


FIGURA 1.2 - O ciclo interno de cada estágio do processo

Isto não significa um desprezo pelo sentido de análise da estrutura intelectual elaborada, que é importante na avaliação de cada estágio do desenvolvimento do processo, mas a ênfase neste sentido criaria o risco da proposição de uma estrutura intelectual arbitrariamente idealizada demasiadamente afastada da realidade, dificultando assim a correção de desvios do processo.

Esta opção parece ser também mais eficiente quanto ao esforço dispendido pelo sujeito do processo que já no primeiro desenvolvimento do ciclo produz um estado de conhecimento diretamente ligado ao fenômeno real sob estudo e menos influenciado por pré-concepções a respeito de sua constituição.

A sobreposição do processo intelectual de produção do conhecimento com os ciclos internos de seus estágios constituintes demonstra a característica dinâmica de todo processo (figura 1.3).

Considerando o esquema apresentado na figura 1.3 observa-se que a realidade é a fonte única de informações para o processo de produção do conhecimento, o que determina o desenvolvimento do processo através de dois fluxos de síntese de estruturas intelectuais de informações que se concentram em um estado de conhecimento onde são comparadas as estruturas elaboradas nos dois fluxos, permitindo assim a avaliação dos resultados de todo o processo.

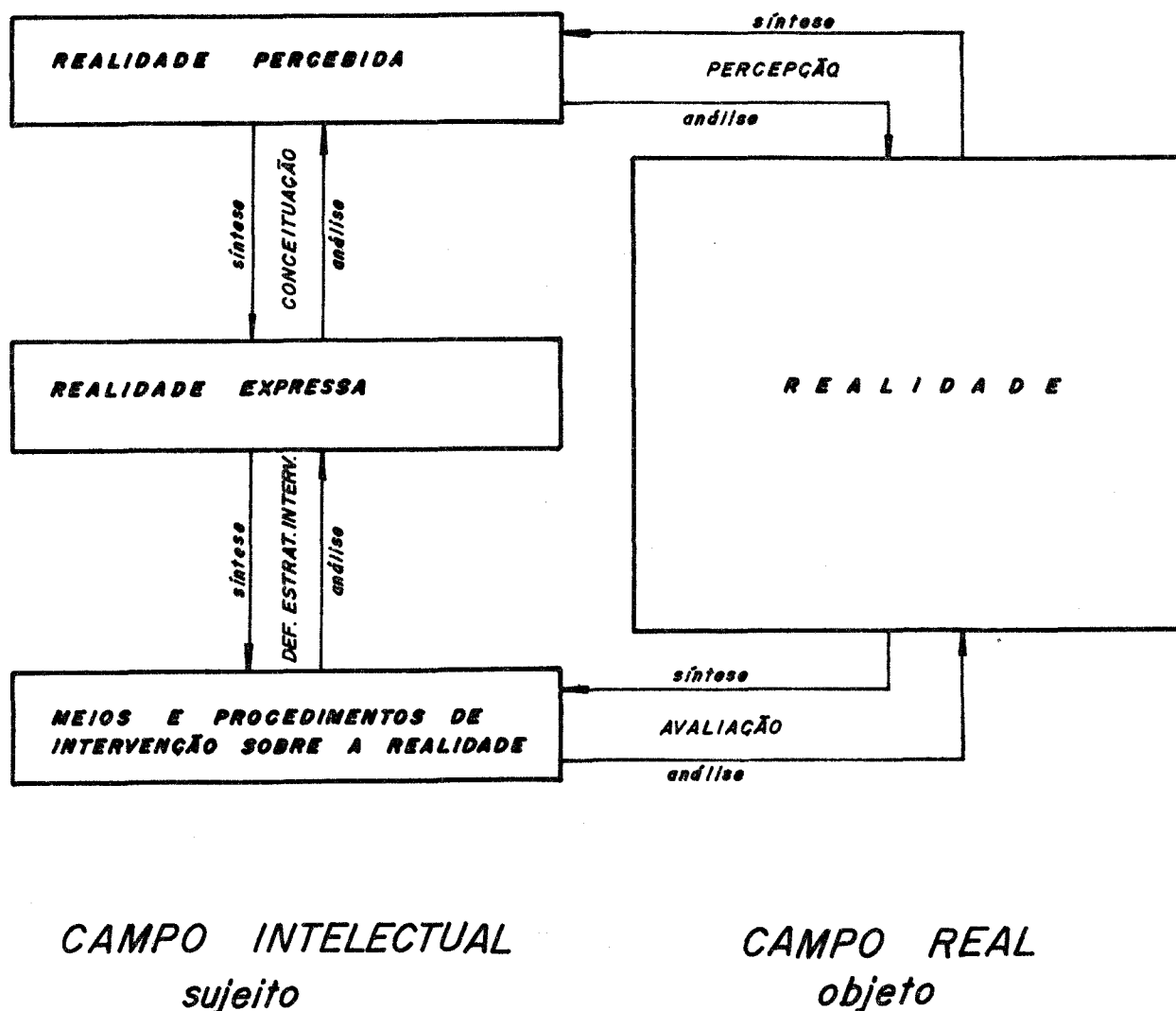


FIGURA 1.3 - Um modelo mais detalhado do processo de produção do conhecimento

Constata-se que, na sucessiva elaboração das informações, as estruturas intelectuais elaboradas em um estágio do processo servem de informações para o estágio seguinte, fazendo com que o desenvolvimento do processo de produção do conhecimento exija que se efetue ordenadamente todos os seus estágios constituintes. Quaisquer outras tentativas de produzir conhecimento que desconsiderem esta condição resumem-se a métodos empíricos de tentativas e erros.

1.3 Uma crítica a respeito da prática acadêmica de pesquisa científica

Estas considerações apresentadas sobre o processo de produção do conhecimento, onde são estudadas as vantagens da intelectualização do processo, são o resultado de um trabalho desenvolvido de acordo com a prática acadêmica de pesquisa científica, em especial inserido no contexto real da produção de uma dissertação de mestrado.

Entretanto esta prática acadêmica, especialmente nas áreas de estudos tecnológicos, não possui a tradição de seguir os conceitos propostos neste trabalho, principalmente quanto à vinculação indissociável do processo de produção do conhecimento com a sua realidade, ou seja, com a sua própria história, estudando e relatando claramente as condições históricas do desenvolvimento do processo.

Deste modo os trabalhos acadêmicos desenvolvidos sem um contato mais estreito com a sua realidade são apenas exercícios intelectuais auto-justificativos, ou seja, sua função real encontra explicação apenas dentro do universo intelectual onde são produzidos. Estes trabalhos desenvolvem-se portanto alienados de seu próprio contexto histórico de produção, em uma abordagem que vai se refletir na dificuldade de se utilizar seus resultados na intervenção sobre a realidade estudada.

Não se pode justificar a efetivação de pesquisas onde a avaliação de seu contexto histórico seja desconsiderado ou postergado para estudos posteriores, pois se corre o risco de inverter o desenvolvimento do processo

de produção do conhecimento adaptando a realidade ao instrumento cognitivo disponível e não o contrário. Neste caso o conhecimento produzido é viciado pelo instrumento cognitivo utilizado e resulta na adoção de estratégias inadequadas de intervenção sobre a realidade ou mesmo na impossibilidade da intervenção.

Esta crítica não se dirige a focar a questão sobre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada pois tanto uma quanto a outra podem e devem ser efetuadas considerando os fenômenos reais, suas condições ambientais e seu contexto histórico. A questão fundamental é a necessidade de uma revisão ampla da prática acadêmica abandonando abordagens que arbitrariamente abstraem o fenômeno de sua realidade, adotando abordagens que considerem o fenômeno a partir de suas origens históricas e de suas relações com a realidade.

Sendo este trabalho uma dissertação de mestrado elaborada dentro de um contexto determinado pela prática acadêmica de pesquisa científica ele não pode se isolar deste contexto e apresenta, portanto, algumas das características aqui criticadas. Não obstante, o novo enfoque nele proposto para observar a produção de edificações, baseado na abordagem sistêmica, insere-se como um instrumento cognitivo a ser utilizado para produzir conhecimento sobre este fenômeno.

1.4 A abordagem sistêmica no processo de produção do conhecimento

A maior precisão e detalhamento com que são dirigidos os estudos dos fenômenos obriga a adoção de novos procedimentos intelectuais que possibilitem a consideração do conseqüente crescimento da complexidade destes estudos em função do maior número de variáveis e suas relações mantidas sob avaliação.

Embora algumas vezes considerada como tal a abordagem sistêmica não é um substituto do processo intelectual de produção do conhecimento mas um instrumento cognitivo que a ele pode ser incorporado de acordo com as características do fenômeno real sob estudo.

Esta abordagem incorpora-se ao processo de produção do conhecimento no estágio de conceitualização, inicialmente fornecendo subsídios para a elaboração de um modelo de observação adequado ao fenômeno real sob estudo e após orientando o desenvolvimento dos demais estágios do processo até sua avaliação final (figura 1.4).

A utilização da abordagem sistêmica apresenta em seus resultados, devido aos próprios princípios fundamentais da abordagem, uma estruturação racional e lógica do conhecimento produzido que facilita bastante sua transmissão e difusão mas, embora não raras vezes implícita ou explicitamente enunciado como virtude da abordagem por alguns de seus defensores, não confere a este conhecimento maior validade que a de sua própria natureza. Tal argumento não é intrinsecamente justificado pela abordagem sistêmica e expressa unicamente a ideologia daquele que o enuncia.

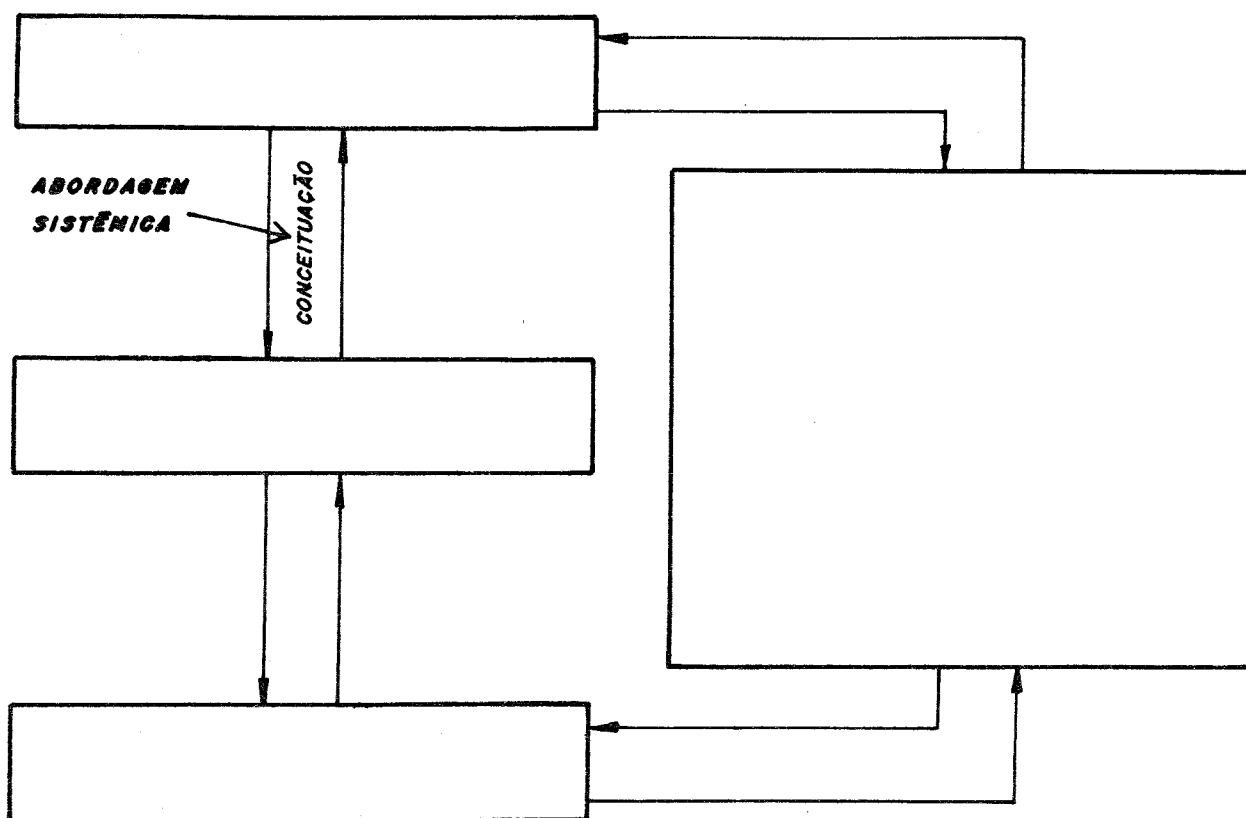


FIGURA 1.4 - A incorporação da abordagem sistêmica ao processo de produção do conhecimento

A abordagem sistêmica é baseada nas formulações da Teoria dos Sistemas desenvolvidas com o objetivo de estudar em sua totalidade fenômenos complexos devido não apenas às suas próprias características mas principalmente à sua posição dentro do contexto em que estão inseridos, sendo uma alternativa entre outras abordagens que podem ser utilizadas.

2. UMA INTRODUÇÃO A TEORIA DOS SISTEMAS

2.1 A origem da Teoria dos Sistemas

No processo de evolução da espécie humana a compreensão do ambiente em que ela vive foi um fator fundamental para seu desenvolvimento. A necessidade de adaptação a constantes variações das condições ambientais sempre exigiu que fossem conhecidos os mecanismos de funcionamento da natureza.

Pode se observar nos registros das civilizações que se sucederam na história que sempre se tentou explicar os fenômenos que envolviam a natureza e as atividades humanas. Estes fenômenos entretanto nem sempre tinham suas causas claramente perceptíveis, o que levou à criação de explicações místicas onde a ocorrência de fenômenos de toda ordem era atribuída a diversas deidades.

Foi a civilização grega a primeira a questionar estas explicações místicas utilizando experimentações para estudar e compreender os fenômenos. Partindo das experimentações para o livre pensamento ela procurou observar uma ordem ou **kosmos** no universo em substituição à desordem ou **kaos** até então aceita, na tentativa de tornar este universo intelegível e controlável pelo pensamento racional.

Entre as diversas formulações desta ordem universal aquela proposta por Aristóteles, filósofo e cientista que viveu no quarto século A.C. "... o todo é maior que a soma de suas partes...", é válida ainda no estágio atual do conhecimento científico e define claramente a hipótese básica da Teoria dos Sistemas (BERTALANFFY, 1974).

Sendo uma idéia tão antiga pode parecer estranho que apenas recentemente o pensamento sistêmico tenha sido utilizado no desenvolvimento científico. Isto ocorreu porque a Teoria dos Sistemas permaneceu muito tempo em seu aspecto puramente filosófico devido à indisponibilidade de técnicas matemáticas e de equipamentos de rápido processamento de informações que permitissem a implementação das soluções conceituais propostas. Além disso sua utilização implicaria na adoção de um novo conjunto de princípios científicos em acréscimo aos tradicionalmente adotados.

O desenvolvimento científico tem se fundamentado na análise linear, onde um fenômeno é compreendido a partir da simples reunião dos resultados do estudo de suas partes constituintes (BERTALANFFY, 1968). A falta de uma preocupação maior com a síntese dos resultados do estudo das partes reduz significativamente a compreensão de fenômenos onde a relação interna entre suas partes constituintes é mais complexa. O acréscimo de princípios de síntese significa que a compreensão do fenômeno passa a considerar também as relações entre suas partes constituintes (figura 2.1).

A adoção exclusiva de princípios de análise no desenvolvimento científico resultou na crescente especialização das atividades científicas, criando grandes dificuldades para o intercâmbio de informações. O surgimento em diversos campos da ciência de conceitos que dirigem os estudos de forma mais abrangente foi uma resposta às limitações impostas pela falta de princípios de síntese.

Assim pode se dizer que a Teoria dos Sistemas tem sua origem a partir da utilização de conceitos como **totalidade**, **organização** e **finalidade** em diversos campos da ciência e, conseqüentemente, apresenta variações em função da abordagem utilizada em cada atividade científica. A tentativa de unificar as várias abordagens em uma Teoria Geral dos Sistemas foi trabalho principalmente de BERTALANFFY, onde ele encontrou obstáculos nas especificidades de cada atividade que exigem uma abordagem adaptada caso a caso.

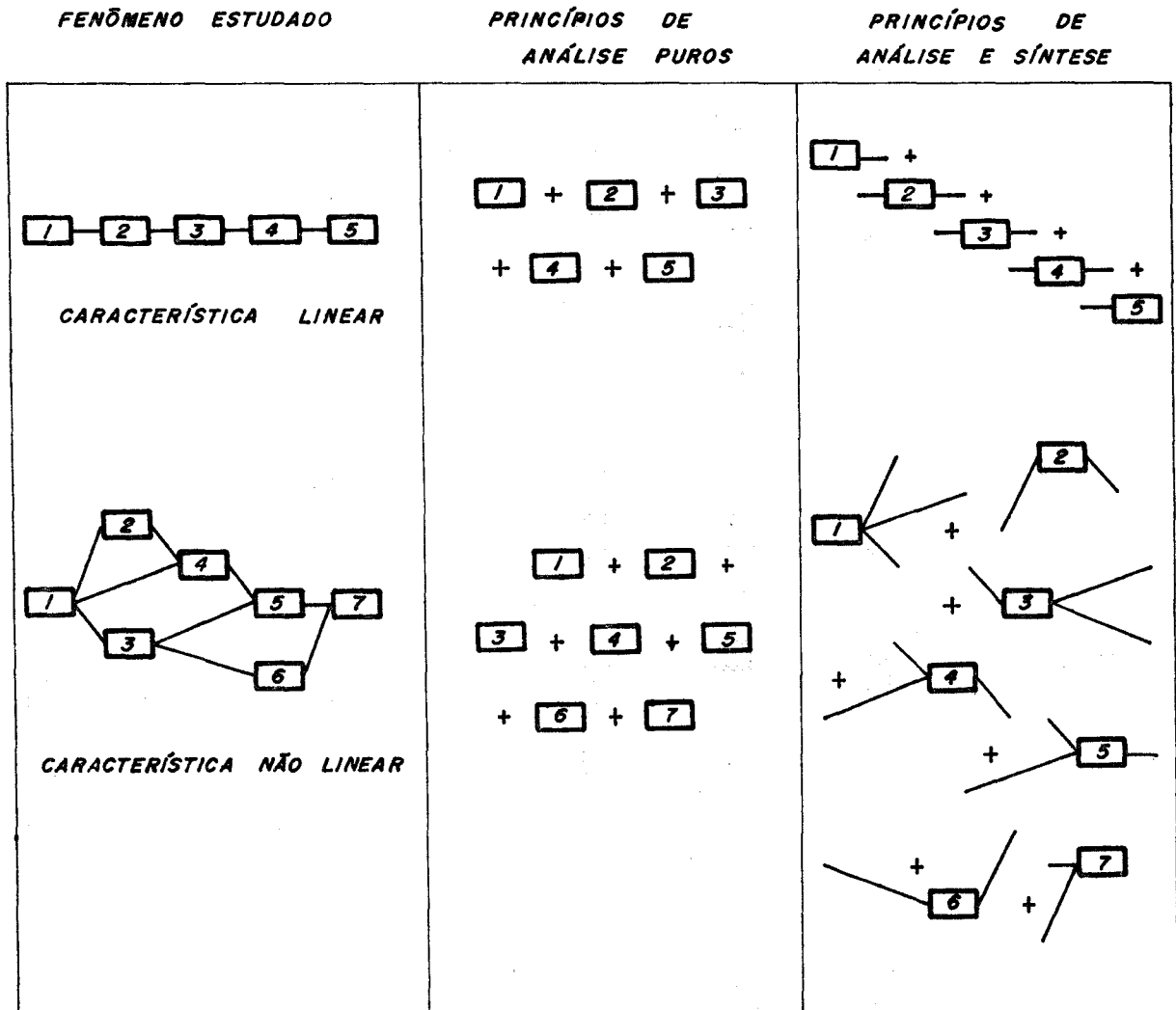


FIGURA 2.1 - Duas abordagens distintas para o estudo dos fenômenos reais

2.2 Definições gerais da Teoria dos Sistemas

O termo sistema é derivado da palavra grega *systema*, que se refere a um relacionamento organizado e em funcionamento entre unidades ou componentes (AWAD, 1979).

Sistema é um termo bastante utilizado no atual estágio do desenvolvimento científico. Todas as definições propostas por diversos autores para este termo, entretanto, têm em comum o fato de enunciar os

conceitos básicos da Teoria dos Sistemas - totalidade, organização, finalidade - o que pode ser observado a seguir:

. "Sistema pode ser definido como um grupo organizado de componentes (subsistemas) ligados de acordo com um plano para alcançar um objetivo específico" (AWAD,1979);

. "Sistema é um conjunto de conceitos e/ou elementos usados para satisfazer uma necessidade ou requisito" (MILES,1973);

. "Sistema é uma coleção de entidades ou coisas (animadas ou inanimadas) que recebe entradas e é restrito a atuar de acordo com elas para produzir certas saídas com o objetivo de maximizar alguma função das entradas e saídas" (KERSHNER,1960);

. "Sistema é um processo em funcionamento de um conjunto de elementos, cada um deles funcional e operacionalmente unido aos demais na realização de um objetivo" (OPTNER,1968).

. "Sistema é um conjunto de partes coordenadas para realizar um conjunto de finalidades" (CHURCHMAN,1968).

Uma vez definido o sistema é necessária a identificação de seus componentes. CHURCHMAN (1968) propõe a seguinte relação: **objetivos, ambiente, recursos, componentes e administração.**

Os **objetivos do sistema** expressam sua finalidade, sendo informações necessárias à determinação de sua estrutura organizacional. A identificação dos reais objetivos de um sistema não é, entretanto, uma tarefa simples como a princípio pode parecer. A observação dos objetivos enunciados é imprecisa pois eles normalmente expressam os interesses daqueles que os enunciam, não representando exatamente os objetivos reais do sistema. Além disso a consideração de aspectos subjetivos dentro dos objetivos reais do sistema é bastante complexa pela dificuldade em se definir níveis de satisfação e métodos de avaliação (CHURCHMAN,1968).

O **ambiente do sistema** pode ser considerado como tudo aquilo que está situado fora do sistema e sobre ele exerce influência. Esta definição

não é auto-suficiente porque exige que se identifique precisamente os limites do sistema. Os limites físicos são apenas uma imagem aparente, nem sempre verdadeira, dos limites do sistema porque algumas de suas partes constituintes podem estar desconectadas fisicamente mas ainda assim pertencerem ao sistema. CHURCHMAN (1968) define o ambiente do sistema como todas as condições independentes da ação do sistema. ACKOFF (1971) define o ambiente do sistema como os elementos que não são parte do sistema cuja variação provocará uma variação no sistema.

Os **recursos do sistema** são as entidades materiais e imateriais que o sistema utiliza para alcançar seus objetivos. Os recursos são condições dependentes da ação do sistema, fazendo parte dele portanto. A análise tradicional de recursos ignora aspectos subjetivos como o conhecimento e o domínio de tecnologia que são indubitavelmente recursos do sistema e devem ser considerados. Especial atenção também deve ser dada aos progressos tecnológicos que afetam profundamente os recursos do sistema.

Os **componentes do sistema** são as partes que constituem o sistema, também denominadas subsistemas. Os subsistemas estão relacionados antes com a decomposição racional das atividades realizadas no sistema que com a divisão física tradicionalmente utilizada. A institucionalização das divisões físicas do sistema introduz uma rigidez que prejudica a realização de suas atividades porque frequentemente existe a necessidade da participação de partes fisicamente separadas para a realização de uma atividade. Mesmo quando inevitável o uso da divisão física é fundamental o estudo da decomposição racional das atividades para se prever possíveis conflitos (CHURCHMAN, 1968).

A **administração do sistema** trata da criação de planos para o sistema, ou seja, do planejamento de recursos, ambiente e componentes para a realização de seus objetivos. Além deste aspecto de planejamento a administração envolve um duplo controle sobre o sistema. A primeira ação de controle refere-se à correção de possíveis desvios de alguns componentes em relação ao plano proposto. A segunda ação de controle refere-se a uma avaliação dos planos propostos quanto à sua precisão, pois é fundamental a incorporação ao sistema de mecanismos que possibilitem alterações em seu planejamento, já que é improvável o estabelecimento de um plano preciso que se ajuste a quaisquer variações no sistema ou em seu ambiente (CHURCHMAN, 1968).

2.3 A ordem hierárquica dos sistemas

Por definição um sistema é uma totalidade formada pelo agrupamento organizado de diversos componentes para a realização de um objetivo. Os componentes do sistema se analisados isoladamente também satisfazem a definição, podendo esta consideração ser extrapolada ilimitadamente tanto para observar sistemas mais amplos quanto para observar sistemas mais restritos. BERTALANFFY (1968) denomina esta superposição de sistemas de ordem hierárquica (figura 2.2).

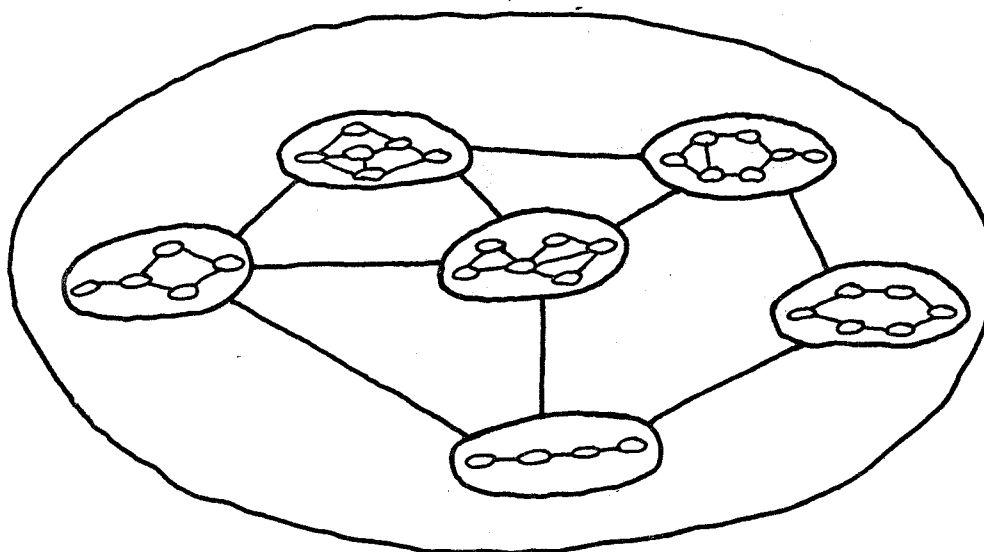


FIGURA 2.2 - A ordem hierárquica dos sistemas

Na análise de um sistema, portanto, além da definição de seus elementos constituintes é necessário determinar sua posição dentro da hierarquia de sistemas.

Segundo CHURCHMAN (1968) a existência de uma ordem hierárquica de sistemas não é restrita a alguns casos específicos. Um sistema está sempre incorporado a sistemas mais amplos e contém sistemas mais restritos. Observa-se, portanto, que a definição de uma entidade ou fenômeno como um sistema ou como um subsistema de um sistema mais amplo é função do ponto de vista do observador.

Inicialmente esta definição pode parecer puramente formal, mas ela está relacionada com a identificação dos limites do sistema e de seu ambiente e, conforme CHURCHMAN (1968), com a definição das condições dependentes da ação do sistema. Esta informação é necessária à administração do sistema que deve considerar os limites definidos do sistema para a elaboração de seu planejamento. A capacidade de observar e considerar as inter-relações dentro da ordem hierárquica dos sistemas é fundamental para a determinação das condições dependentes da ação de planejamento sobre a entidade ou fenômeno sob estudo (figura 2.3).

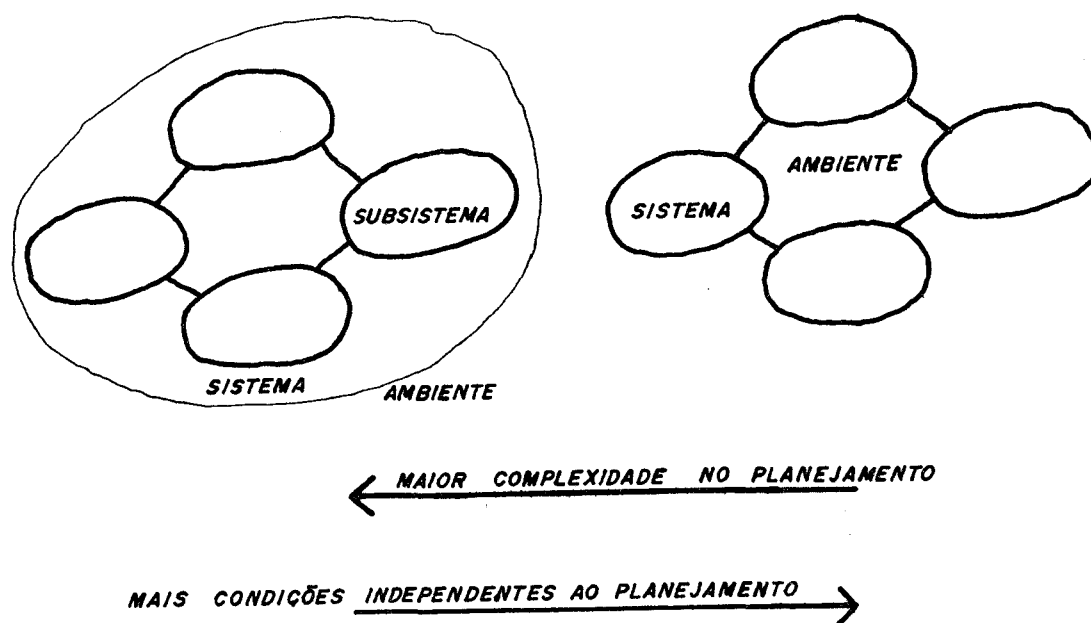


FIGURA 2.3 - A importância da definição dos limites dos sistemas

Parece evidente que existem vantagens em se considerar uma entidade ou fenômeno como um subsistema de um sistema mais amplo pois isto aumenta o número de condições dependentes da intervenção sobre o sistema. Em contrapartida, entretanto, isto significa maior complexidade a medida que se passa a trabalhar com sistemas mais amplos devido ao maior número de variáveis a serem consideradas no planejamento e controle do sistema.

Uma entidade ou fenômeno deve ser estudada, portanto, considerando um determinado nível hierárquico em função da disponibilidade de meios de trabalhar o número de variáveis correspondentes a este nível.

2.4 O pensamento sistêmico

Mais importante que qualquer aplicação isolada ou especial a Teoria dos Sistemas deve ser considerada como uma mudança no processo intelectual que permite a observação de entidades e fenômenos sob um novo ponto de vista (BERTALANFFY, 1968).

A incorporação do pensamento sistêmico ao processo de desenvolvimento científico representa a suplementação do **reducionismo** dos princípios de análise tradicionalmente utilizados pelo **expansionismo** dos princípios de síntese propostos pela Teoria dos Sistemas (BLANCHARD e FABRYCKY, 1981).

O **reducionismo** é a proposta de estudo das entidades e fenômenos pela análise de suas partes. O **expansionismo** é a proposta de estudo das entidades e fenômenos como partes integrantes de uma totalidade maior.

É interessante salientar que não há uma substituição mas uma suplementação, ou seja, não são invalidados os procedimentos antes utilizados mas ampliadas as possibilidades de abordar e compreender entidades e fenômenos. Enquanto os princípios de análise consideram inicialmente a totalidade reduzindo continuamente seu campo de estudo a partes cada vez mais restritas os princípios de síntese expressos na Teoria dos Sistemas propõem uma expansão contínua dos resultados desta análise das partes em relação a sistemas de ordem hierárquica superior (figura 2.4).

Outra característica do pensamento sistêmico é sua orientação teleológica, ou seja, sua preocupação com a definição dos reais objetivos da entidade ou fenômeno sob estudo. Esta consideração mantém o observador livre de quaisquer preconceitos em relação aos meios utilizados para a realização dos objetivos, possibilitando-lhe a proposição de novas soluções mais eficientes e isentas de conservadorismos irracionais. Isto se reflete principalmente na nova organização planejada para a entidade ou fenômeno, que frequentemente apresenta poucas semelhanças com a organização de soluções anteriores.

No pensamento sistêmico entidades e fenômenos são considerados sempre em função de suas características, organização e comportamento como

um todo. Alterações são analisadas em relação a uma otimização global, sendo válidas otimizações parciais apenas quando elas representam um benefício para a totalidade.

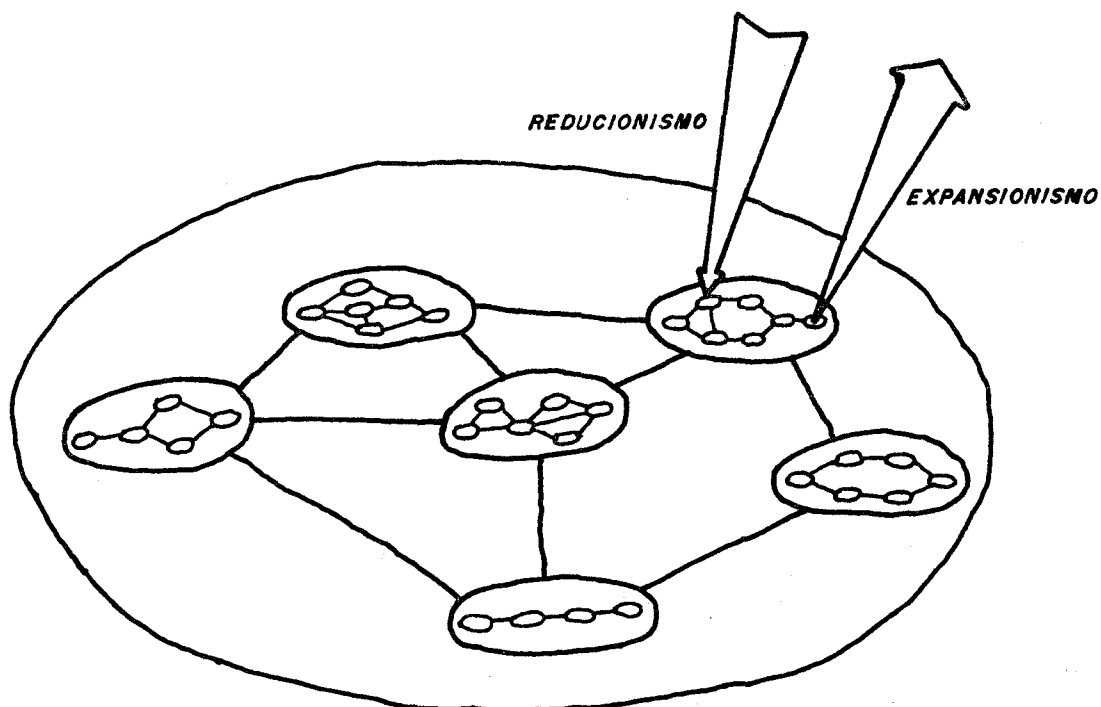


FIGURA 2.4 - A suplementação do reducionismo da análise linear pelo expansionismo da Teoria dos Sistemas

2.5 A abordagem sistêmica

CHURCHMAN (1968) define a abordagem sistêmica como a consideração de cada parte constituinte em função do papel que desempenha no sistema mais amplo. Segundo RAMO (1973) a abordagem sistêmica é uma técnica para a aplicação de um enfoque científico na solução de problemas complexos, concentrando-se na análise do problema como um todo, observando-o sob todos aspectos relevantes e considerando todas as suas variáveis.

A estrutura lógica de análise proposta pela abordagem sistêmica é dependente da complexidade intrínseca da entidade ou fenômeno sob estudo, que passa a ser considerado um sistema, e do tipo de modelo utilizado.

A complexidade do sistema é uma condição que não pode ser diretamente manipulada pois é característica do sistema, dos seus componentes e da organização de suas relações internas. Esta complexidade pode, entretanto, ser contornada pela adoção de um modelo simplificado do sistema onde os componentes e relações considerados menos importantes são arbitrariamente omitidos, ressalvando porém que esta simplificação reduz a precisão dos resultados do modelo.

Um modelo é a representação aproximada de um sistema real cujo objetivo é salientar os componentes significativos e as relações principais de um sistema complexo (AWAD, 1979).

PHILLIPS e outros (1976) propõem os seguintes princípios para a elaboração de um modelo:

- . não deve ser utilizado um modelo complicado quando um modelo simples é suficiente;
- . deve ser evitada a distorção do problema para se adaptar à técnica disponível;
- . a fase de dedução do modelo deve ser realizada rigorosamente;
- . um modelo deve ser validado antes de sua implementação;
- . um modelo não deve ter seus resultados utilizados muito rigorosamente;
- . um modelo não deve ser criticado por falhar na solução de um problema para o qual não foi planejado;
- . deve ser evitada a supervalorização do modelo;
- . um modelo não produz resultados melhores que as informações que utiliza;
- . um modelo não substitui o processo de tomada de decisão.

Um modelo bastante utilizado na abordagem sistêmica é o modelo esquemático, que é um diagrama bidimensional onde são mostrados os subsistemas constituintes de um sistema mais amplo e suas relações. O objetivo deste modelo é descrever qualitativa e quantitativamente as relações significativas entre os subsistemas.

Em um modelo esquemático não existe a preocupação em expressar diretamente qualquer ligação dos subsistemas em função de variáveis como tempo ou ordem de precedência, limitando-se a identificar a existência de

relações cujo entendimento é necessário para a compreensão do sistema (figura 2.5).

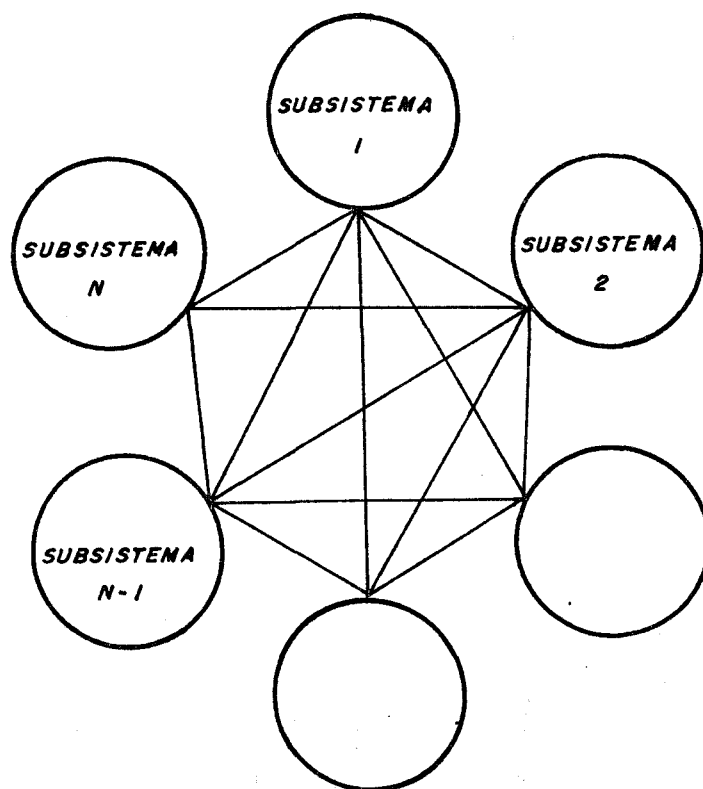


FIGURA 2.5 - Um modelo esquemático dos sistemas

Outro dos modelos de utilização mais frequente na abordagem sistêmica é o modelo dinâmico que permite a observação de processos em desenvolvimento.

A estrutura básica do modelo dinâmico dos sistemas é bastante simples (figura 2.6). Esta estrutura, entretanto é apenas uma abstração teórica cuja finalidade é permitir a observação e definição dos elementos básicos dos sistemas pois é impossível a existência de um sistema totalmente aleatório sem estar sujeito a qualquer tipo de restrição imposta pelo seu objetivo ou pelo seu ambiente.

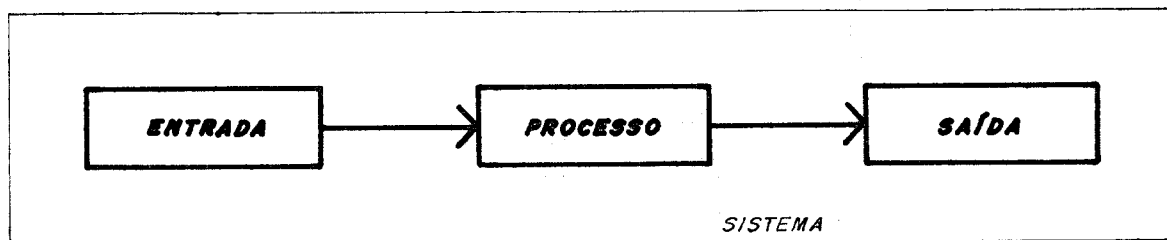


FIGURA 2.6 - A estrutura básica de um modelo dinâmico dos sistemas

Os elementos básicos do sistema, apresentados no modelo dinâmico, podem ser definidos como:

- . **entrada** é o conjunto de informações, matéria e energia que é introduzido no processo para ser transformado;
- . **processo** é o efetuator de transformações sobre o conjunto de informações, matéria e energia;
- . **saída** é o conjunto transformado de informações, matéria e energia que é o resultado do processo.

Em um sistema real as restrições impostas pelo objetivo e pelo ambiente do sistema definem o processo e a entrada, determinando conseqüentemente a saída. Um sistema deste tipo, entretanto, não consegue se manter estável porque as restrições a que ele está sujeito apresentam variações aleatórias que provocam desvios na saída esperada, tornando necessária a incorporação de um instrumento de controle que informe e corrija os desvios observados (figura 2.7).

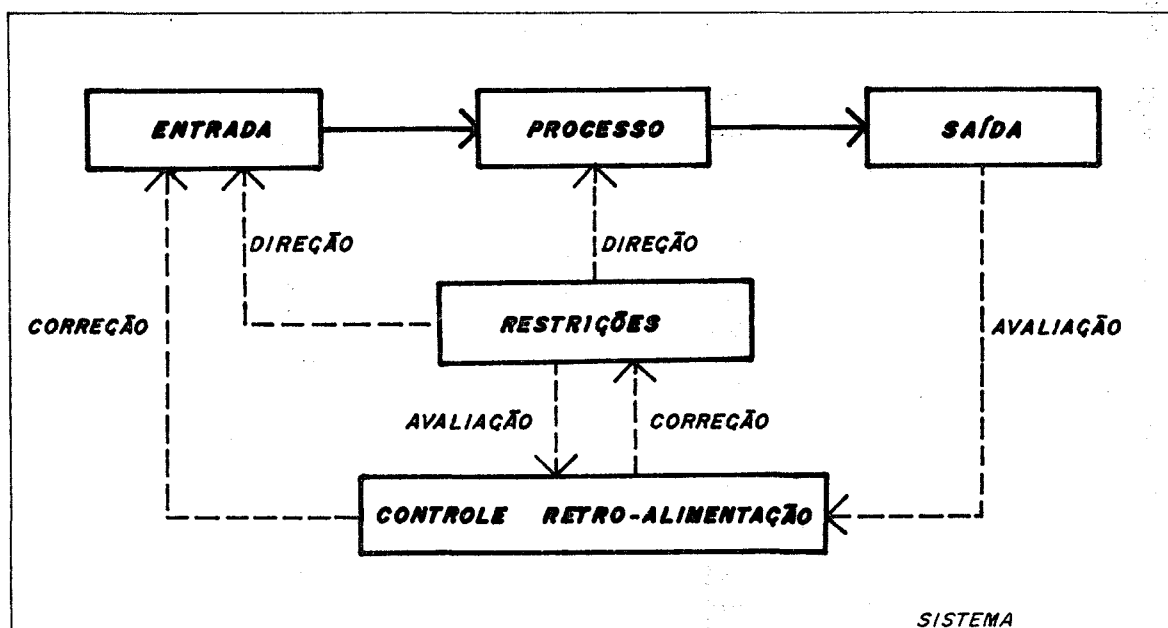


FIGURA 2.7 - A estrutura completa de um modelo dinâmico dos sistemas (baseado em HANDLER)

A representação gráfica deste modelo dinâmico de um sistema real, apresentada na figura 2.7, é semelhante àquela proposta por HANDLER (1970), incorporando porém a atuação do controle de retro-alimentação sobre as restrições do sistema, como é sugerido por CHURCHMAN (1968).

Define-se assim os elementos de controle de um sistema:

- . **restrições** são os parâmetros que dirigem o sistema dando-lhe finalidade e características definidas, atuando sobre a entrada, o processo e o controle de retro-alimentação;

- . **controle de retro-alimentação** é um instrumento que avalia a saída do processo, compara-a com padrões pré-estabelecidos e informa a necessidade de corrigir o sistema através de alterações sobre a entrada, diretamente sobre o processo ou indiretamente por meio de alterações sobre as restrições.

Um sistema, entretanto, não é necessariamente constituído por um único processo. Normalmente os sistemas são constituídos por diversos subsistemas que podem ser analisados individualmente utilizando também um modelo dinâmico. Assim, observando o sistema mais amplo ele seria composto por uma série de processos realizados sequencial ou simultaneamente (figura 2.8).

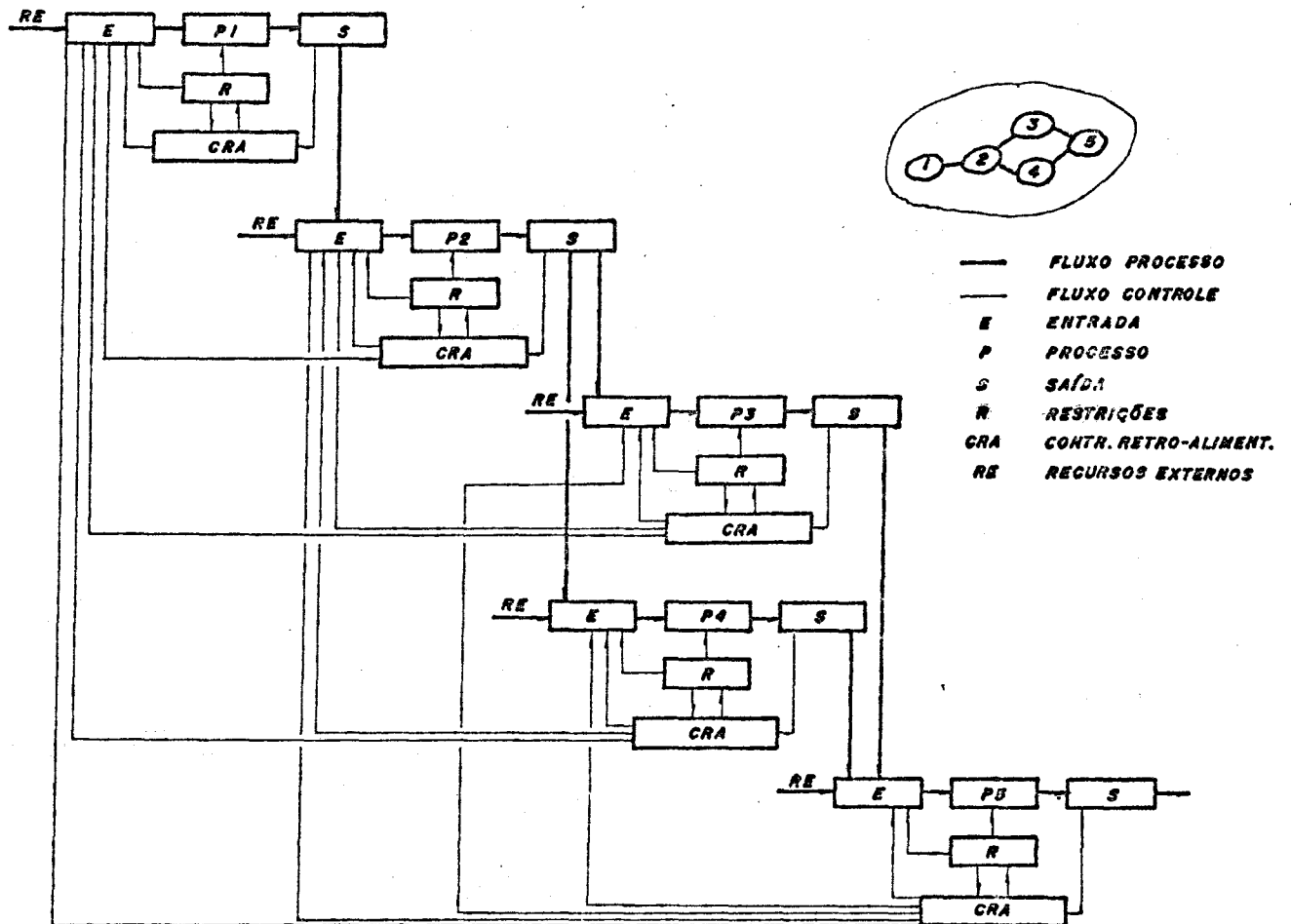


FIGURA 2.8 - A representação de um sistema real

A observação da complexidade do modelo apresentado na figura 2.8, que representa um sistema muito simples constituído por apenas cinco subsistemas, dá uma idéia da dificuldade de compreender os fluxos de informações, matéria e energia dentro de um sistema.

Esta complexidade existe tanto nos sistemas naturais quanto nos sistemas artificiais, e principalmente nestes que são projetados e gerenciados pelo ser humano é fundamental a compreensão de seus fluxos internos para a realização dos objetivos previstos.

3. A ABORDAGEM SISTEMICA DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

3.1 O duplo significado da abordagem

O principal objetivo da abordagem sistêmica da produção de edificações é a **proposição de uma estrutura intelectual para o conhecimento existente e em desenvolvimento sobre a edificação**. Isto significa que esta abordagem procura antes a sistematização das informações necessárias ao processo produtivo da edificação que propriamente a elaboração de novas técnicas construtivas para serem utilizadas neste processo.

A sistematização das informações permite a realização de um planejamento detalhado da edificação onde cada uma de suas partes constituintes é previamente estudada introduzindo um elevado grau de racionalização na edificação e em seu processo produtivo.

Esta proposta da abordagem sistêmica de maior ênfase no planejamento da edificação procura corrigir uma distorção observada na ação dos participantes dos processos produtivos tradicionais que, geralmente concentrada apenas nos aspectos de projeto e execução física da edificação, transforma a produção de edificações em um método empírico de tentativas e erros provocando o uso ineficiente de recursos humanos, materiais e financeiros (METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD - MTSB, 1970).

O resultado desta ênfase no planejamento é o estabelecimento de um controle mais preciso sobre o processo produtivo da edificação, assegurando a obtenção da qualidade projetada e maior previsibilidade do consumo de recursos.

Segundo o MTSB (1968) a abordagem sistêmica da produção de edificações pode ser avaliada de acordo com dois significados:

. referindo-se à edificação como um conjunto de diversos componentes elaborados para funcionar como uma unidade. Neste significado da abordagem a edificação é observada como um sistema físico constituído por diversos subsistemas elaborados individualmente por seus fabricantes porém coordenados para coletivamente satisfazerem as necessidades dos usuários da edificação;

. referindo-se a todos processos realizados para criar a edificação, concentrando a atenção sobre as relações entre as atividades dos participantes do processo produtivo da edificação. Neste significado da abordagem o processo é observado como um sistema organizacional constituído por diversos sub-processos, que são atividades ou grupo de atividades realizadas pelos participantes do processo de acordo com um planejamento previamente definido.

Estes dois significados da abordagem sistêmica não têm um caráter de mútua exclusão. Ao contrário, na avaliação da produção de edificações eles são complementares e devem ser necessariamente considerados em conjunto. A separação dos aspectos físicos e organizacionais, normalmente observada em processos produtivos tradicionais, é um dos principais obstáculos ao desenvolvimento da produção de edificações.

3.2 Os limites de aplicação da abordagem sistêmica da produção de edificações

Qualquer abordagem que se proponha para a observação de um fenômeno real apresenta variações na confiabilidade de seus resultados em função da afinidade dos conceitos básicos da abordagem em relação às características do fenômeno sob estudo. A avaliação correta da validade da utilização da abordagem é dependente portanto da identificação de seus limites de aplicação.

A produção de edificações é um fenômeno complexo devido ao grande número de participantes responsáveis pela realização de todos sub-processos necessários à produção e montagem dos componentes físicos da edificação e, principalmente, devido à intensa interação destes participantes.

Assim como diversos outros fenômenos do conhecimento humano a produção de edificações tem sido tradicionalmente estudada a partir de modelos empíricos baseados na análise linear, onde o processo produtivo da edificação é observado como uma sequência puramente linear de sub-processos, desconsiderando grande parte das relações entre os participantes responsáveis pela realização destes sub-processos. O resultado disto é uma visão simplificada e incompleta da realidade devido à desconsideração de condições relevantes ao fenômeno real.

Comparando-se os conceitos básicos das abordagens tradicionais com as características do processo produtivo da edificação observa-se que este não apresenta linearidade e obedece outra forma de estrutura interna baseada em princípios estranhos à análise linear. Um destes princípios é o objetivo do processo, que é condição determinante das relações entre os participantes e do encadeamento dos sub-processos. Uma vez que os modelos baseados na análise linear desconsideram o objetivo do processo produtivo da edificação eles não conseguem reproduzir fielmente as relações internas deste processo, resultando na necessidade de se utilizar outros tipos de modelos, entre os quais incluem-se os modelos baseados na abordagem sistêmica.

Esta observação pode ser feita também para quaisquer outras restrições impostas pelo ambiente ao fenômeno e evidencia, portanto, a inadequação deste tipo de abordagem (análise linear) para o estudo de um fenômeno complexo como a produção de edificações.

Os modelos sistêmicos permitem uma nova abordagem conceitual do processo produtivo da edificação onde são consideradas, qualitativamente em princípio, todas as condições relevantes ao desenvolvimento do processo. Este estágio de estudo é necessário à proposição de um controle sobre o processo pois nele são definidas não apenas as variáveis que serão planejadas e controladas mas também a própria estrutura do processo.

Entretanto, os modelos sistêmicos ainda são modelos, ou seja, são instrumentos cognitivos que expressam não a realidade mas uma visão da realidade a partir do conhecimento acumulado de quem desenvolve e utiliza o modelo. A inevitável diferença existente entre a realidade e o modelo produz necessariamente um erro nos resultados da sua utilização, o que é intrínseco aos procedimentos de modelagem porém sua consideração é obrigatória.

Neste aspecto surge o primeiro limite à utilização dos modelos sistêmicos para se compreender a produção de edificações. Enquanto existe a necessidade de se fracionar o processo total em sub-processos menores para se aumentar o detalhamento do modelo por outro lado o fracionamento em sub-processos muito pequenos torna o modelo pouco operacional pela dificuldade em se identificar todas as relações existentes entre estes pequenos sub-processos, provocando a perda da visão global do processo. Em outras palavras, existe a necessidade de estabelecer um equilíbrio entre as características das informações que se deseja obter como resultado do modelo e as dificuldades operacionais de sua obtenção, determinando a partir deste confronto o nível de detalhamento do modelo.

Tradicionalmente a abordagem da produção de edificações é realizada ao nível de "serviços" (por exemplo: fundações, divididas em sub-serviços como localização das estacas, concretagem das estacas, formas dos blocos de fundação, formas das vigas de fundação, concretagem dos blocos e vigas de fundação, etc), onde a modelagem sistêmica do processo todo resultaria em um modelo muito complexo e de difícil operacionalidade devido ao grande número de variáveis a serem consideradas. Quando da modelagem de um processo produtivo deve se considerar que um crescente detalhamento do modelo está associado à introdução de uma também crescente incerteza (maior grau de risco) nos resultados obtidos devido à incorporação de um número maior de variáveis a serem observadas no processo.

Ao mesmo tempo a adoção de um modelo mais detalhado do processo produtivo provoca a necessidade de uma reestruturação das atividades de planejamento e controle do processo, onde o nível de tomada de decisões dirige-se a atividades mais elementares. Pode ocorrer inclusive que o modelo seja formulado a um nível de detalhamento incompatível com o nível determinado para o planejamento e controle do processo, ou seja, as informações produzidas pelo modelo não se dirigem àquelas atividades do processo responsáveis pelo seu planejamento e controle ou então não se apresentam na forma em que poderiam ser utilizáveis.

Além disso, a proposição de um modelo sistêmico muito detalhado exigiria considerável esforço na elaboração de um modelo que necessariamente é específico ao processo sob estudo e reflete diversas decisões a respeito

de determinadas características de um caso particular, introduzindo assim uma rigidez na estrutura do modelo que impossibilitaria a sua generalização para outros casos. A consequência deste limite de aplicação da abordagem sistêmica é a dificuldade em se transferir modelos conceituais para situações reais onde a elaboração de modelos suficientemente detalhados para a sua utilização diretamente no nível tradicional de tomada de decisões representa uma elevada demanda de esforço para o uso restrito do modelo a um caso particular apenas. O desenvolvimento de técnicas computacionais potentes poderá minimizar esta restrição pela possibilidade de se processar um crescente volume de informações, permitindo inclusive a correlação de modelos elaborados para diferentes situações reais, identificando semelhanças e iniciando a indução de um modelo genérico do processo produtivo da edificação.

Outro limite da aplicação da abordagem sistêmica da edificação é o fato dela produzir um modelo da realidade cujos resultados são uma observação instantânea do fenômeno sob estudo. Mesmo quando incorporada a variável tempo ao modelo seus resultados refletem as condições de um determinado momento do processo.

O controle de retro-alimentação de informações incorporado ao modelo sistêmico não soluciona completamente esta característica de observação instantânea pois uma vez que as informações retro-alimentadas no processo indiquem como solução alterações não apenas nos valores assumidos para as variáveis observadas mas também na própria estrutura do processo produtivo da edificação é necessária a realização de um re-estudo do processo e a proposição de um novo modelo.

Quando utilizando um modelo sistêmico conceitual esta limitação não se evidencia mas em um modelo sistêmico de uma situação real a rigidez das relações dos elementos do modelo, decorrente das especificidades do caso particular para o qual ele foi elaborado, faz com que a dinâmica do processo produtivo da edificação não seja acompanhada através de uma automática adaptação das características do modelo.

Assim, para se adequar o modelo sistêmico à evolução do processo produtivo da edificação é necessário que os elementos constituintes do modelo sejam re-estudados avaliando também a sua evolução, o que foge do

escopo da abordagem sistêmica. Neste caso ela deve ser suplementada por outros conceitos que permitam este estudo evolutivo.

4. O SIGNIFICADO FÍSICO DA ABORDAGEM SISTÊMICA DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

4.1 Um enfoque físico da edificação

A idéia normalmente associada à abordagem sistêmica da produção de edificações é um enfoque exclusivamente físico onde a edificação é observada como um conjunto de partes agrupadas compondo uma unidade. Este conjunto de partes é definido como um sistema construtivo e cada uma das partes como um subsistema elaborado individualmente porém em coordenação com os demais para coletivamente atenderem os requisitos previamente determinados para a edificação (figura 4.1). As características do sistema construtivo são determinadas portanto através da avaliação do comportamento integrado dos seus subsistemas constituintes.

O objetivo do significado físico da abordagem sistêmica da edificação é orientar a elaboração do sistema construtivo a partir de estudos dos requisitos determinados para a edificação, definindo as características de produção dos subsistemas e solucionando previamente os conflitos que possam surgir em suas interfaces.

De acordo com o MTSB (1968) as interfaces entre subsistemas podem ser definidas como as áreas de contato, união ou interferência entre subsistemas, salientando que esta definição não se restringe à consideração única de aspectos físicos e dimensionais mas inclui também aspectos funcionais e simbólicos que são desconsiderados nos processos produtivos tradicionais.

Observa-se que na abordagem sistêmica da edificação existe uma distinção menos evidente entre o projeto e produção dos subsistemas e o projeto e produção da edificação que aquela verificada em abordagens

tradicionais. A sistematização da edificação envolve uma comunicação muito mais intensa em seu processo produtivo, pois não são previstos ajustes especiais entre os subsistemas para cada caso particular, mas um ajuste prévio assegurado já na elaboração dos subsistemas pelos fabricantes considerando múltiplas situações de uso para seus produtos.

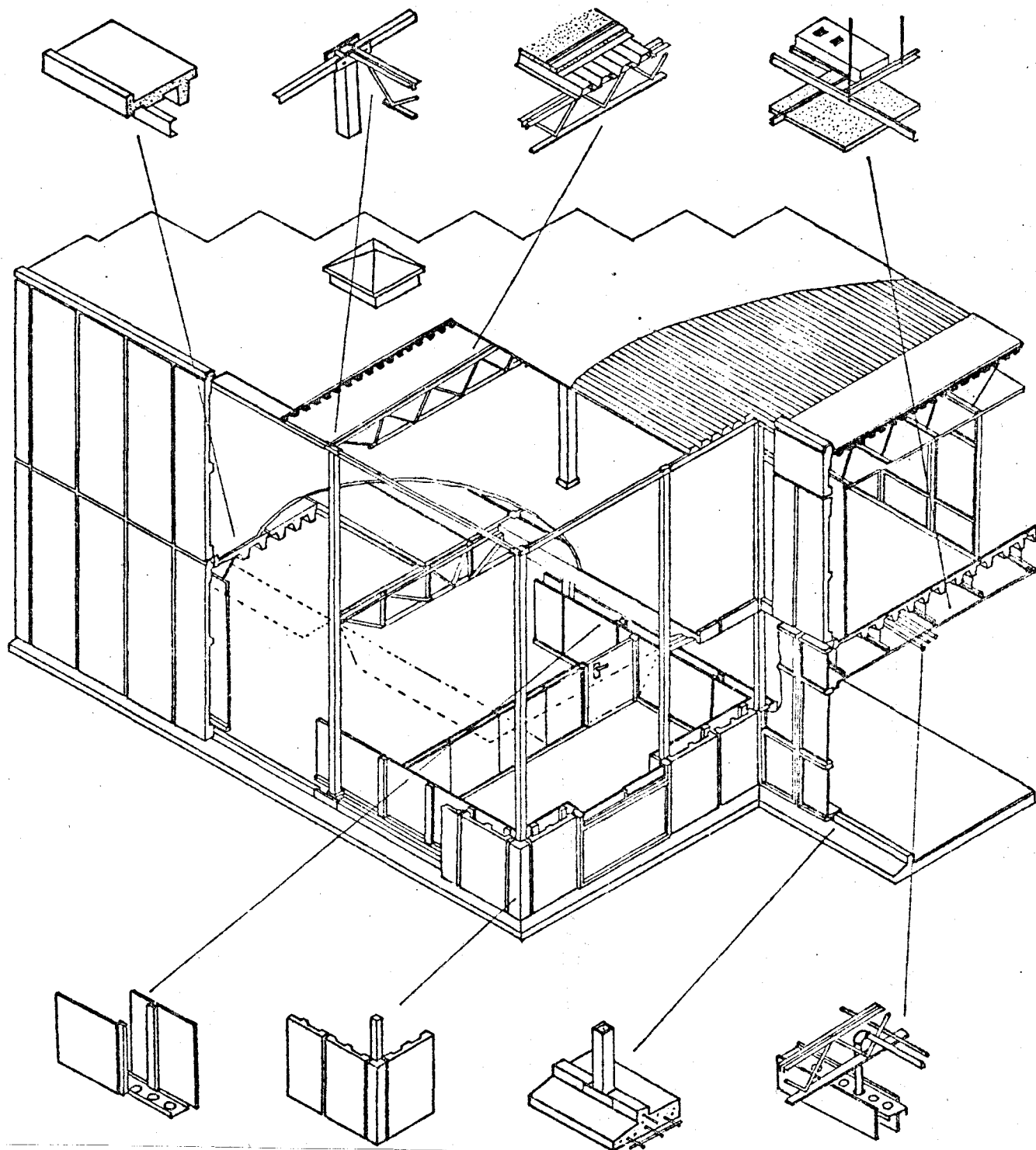


FIGURA 4.1 - A decomposição física da edificação em subsistemas funcionais

Nos estudos orientados pela abordagem sistêmica para a elaboração do sistema construtivo os conceitos tradicionalmente empregados para a definição das características físicas dos subsistemas observados isoladamente são suplementados pelos conceitos de compatibilidade e de flexibilidade para a consideração dos subsistemas integradamente. O desenvolvimento destes novos conceitos são o instrumento que permite o estabelecimento de uma ligação mais estreita entre o projeto e produção de subsistemas e o projeto e produção da edificação, sendo esta portanto a chave da sistematização da edificação.

4.2 A compatibilidade dos subsistemas

Observando o processo produtivo da edificação constata-se que ao longo do tempo as partes constituintes da edificação têm seu projeto e produção gradativamente deslocados do canteiro de obras para fábricas de produção massiva de elementos padronizados.

Esta tendência cria dificuldades crescentes para se combinar os elementos produzidos por fábricas diferentes, entre si ou com as partes da edificação ainda produzidas no canteiro de obras, identificando-se esta questão como fundamental para a obtenção de um processo produtivo estável e eficiente.

A obrigatoriedade de se definir a solução dos conflitos entre diferentes elementos da edificação ainda durante sua elaboração, sem o conhecimento exato das futuras condições de uso destes elementos, determinou a necessidade do desenvolvimento de estudos que assegurassem previamente sua combinação dentro de uma faixa de condições de uso previstas.

Estes estudos estão baseados no **conceito de compatibilidade**, definido por GRIFFIN JR (1971) como o **conceito relacionado com a possibilidade de se integrar dois ou mais subsistemas constituintes de uma edificação em suas interfaces.**

Um primeiro aspecto relacionado à compatibilidade dos subsistemas é a opção estratégica tomada durante o planejamento do processo produtivo da

edificação por uma solução de compatibilidade interna ou externa entre os subsistemas. Esta opção reflete-se diretamente na estrutura do processo, o que pode ser observado comparando as estruturas de processos tradicionais, sistemas fechados e sistemas abertos (figura 4.2).

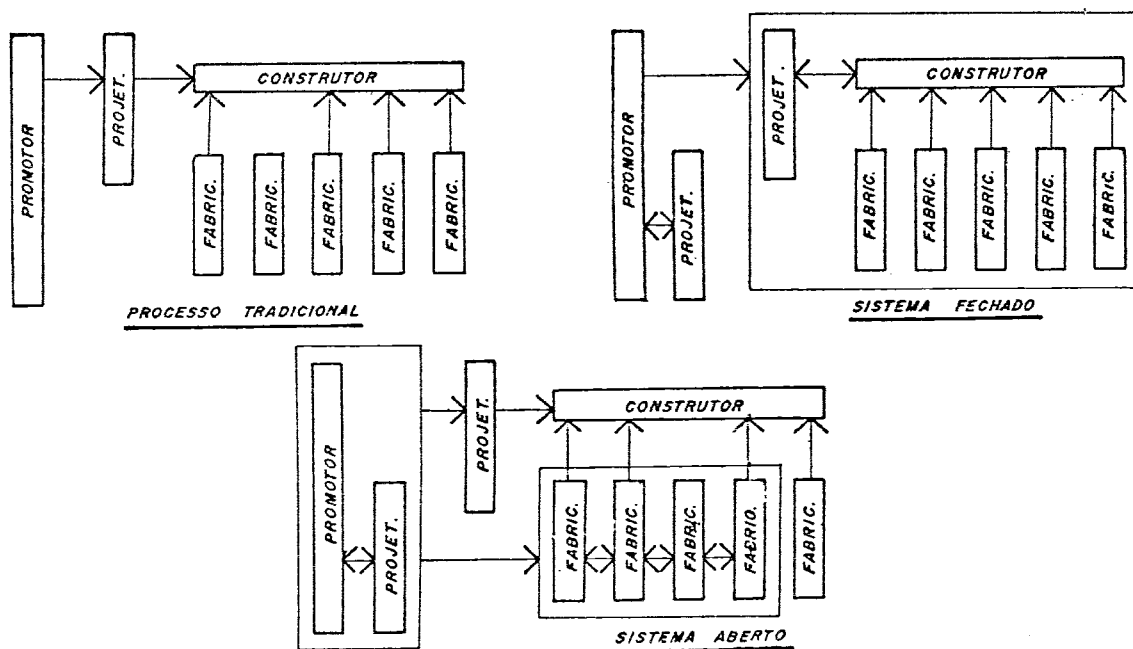


FIGURA 4.2 - Uma comparação da estrutura interna de relações de diferentes processos construtivos

A opção por uma solução de compatibilidade interna significa a elaboração de um conjunto de subsistemas onde:

- . o resultado é a produção de um sistema fechado cujos subsistemas constituintes apresentam intercambiabilidade interna apenas;
- . a participação de fábricas de subsistemas é restrita a um grupo que se consorcia para desenvolver o sistema todo;
- . a organização do consórcio normalmente é feita em torno de uma equipe central responsável por dirigir a elaboração dos subsistemas e solucionar os conflitos surgidos em suas interfaces;
- . a existência de uma organização centralizada e a limitação do grupo de fábricas consorciadas permite o estabelecimento de um controle simples sobre o desenvolvimento e utilização do sistema;
- . a limitação do grupo de fábricas consorciadas reduz ou elimina a competitividade entre subsistemas semelhantes, possibilitando a existência

de pressões sobre os preços dos subsistemas e o conseqüente aumento do custo total do sistema.

A opção por uma **solução de compatibilidade externa** significa a elaboração de um conjunto de subsistemas onde:

- . o resultado é a produção de um sistema aberto cujos subsistemas apresentam intercambiabilidade interna e externa;

- . normalmente não existe uma equipe central responsável por dirigir a elaboração dos subsistemas mas uma equipe de consultoria para auxiliar as fábricas de subsistemas;

- . a não existência de uma equipe central responsável por dirigir a elaboração dos subsistemas obriga cada fábrica a estabelecer contatos com as demais para assegurar a compatibilidade de seus subsistemas;

- . a elaboração dos subsistemas em um regime aberto permite a participação de um grande número de fábricas, aumentando a complexidade do controle sobre o sistema mas reduzindo seu custo total pela maior competitividade entre os subsistemas;

- . a compatibilidade externa entre os subsistemas possibilita a montagem de um grande número de edificações diferentes criando maior flexibilidade de projeto.

É estratégica a opção por uma solução porque define as condições para o desenvolvimento da produção de edificações. O critério básico para se optar por uma destas soluções de compatibilidade é a viabilidade de se implantar o sistema considerando a estrutura organizacional da Indústria da Edificação no espaço geográfico e temporal sob estudo, a qual pode favorecer uma solução em detrimento da outra.

Por ser estratégica esta opção reflete basicamente os interesses de quem controla o processo. Portanto a recíproca deste critério também é válida uma vez que a opção por uma solução de compatibilidade pode ser utilizada para estimular uma alteração na estrutura organizacional da Indústria da Edificação, o que pode ser observado na experiência norte-americana da Operação Breaktrough, comentada por Sullivan(1980).

Definida a estratégia de compatibilidade interna ou externa entre os subsistemas passam a ser avaliados alguns aspectos influentes em sua capacidade de combinação, em um primeiro momento para o projeto e produção dos subsistemas onde são elaboradas informações a respeito do sistema

desenvolvido (suas características e condições de uso possíveis) e em um segundo momento para o projeto e produção da edificação onde as informações anteriormente elaboradas são utilizadas considerando uma condição de uso específica.

Entre estes aspectos podem ser relacionados a **compatibilidade funcional**, a **compatibilidade dimensional**, a **compatibilidade de material** e a **compatibilidade simbólica**.

. A **compatibilidade funcional** estuda o efeito da integração de dois ou mais subsistemas influentes na satisfação de um determinado requisito funcional da edificação.

A base do estudo da compatibilidade funcional dos subsistemas são as atividades realizadas pelos usuários da edificação, que determinam um conjunto de requisitos funcionais. Estes requisitos descrevem as condições que a edificação deve apresentar para a realização normal das atividades dos usuários, sendo posteriormente traduzidos em especificações técnicas para a elaboração dos subsistemas.

Neste estudo, considerando a impossibilidade de se estabelecer uma simples relação biunívoca entre os requisitos funcionais da edificação e os subsistemas físicos que a constituem, é necessária a identificação dos subsistemas influentes em cada requisito funcional. Desta forma pode ser coordenada sua elaboração para evitar que, uma vez integrados os subsistemas, sejam obtidos valores demasiadamente inferiores ou superiores aos padrões determinados assegurando a não existência de, respectivamente, um nível de qualidade da edificação aquém do desejado ou um consumo desnecessário de recursos.

Uma consequência do estudo da compatibilidade funcional entre subsistemas é a necessidade de se alterar as formas de comunicação interna do processo produtivo da edificação, substituindo as tradicionais especificações descritivas de materiais e componentes empregados nos subsistemas por especificações voltadas à definição dos objetivos a serem alcançados (ver anexo I, A utilização do conceito de desempenho).

. A **compatibilidade dimensional** estuda as condições de se unir, justapor ou transpassar dois subsistemas ou parte deles sem a necessidade da realização de ajustes especiais.

Este aspecto, seguramente o mais difundido do conceito de compatibilidade, está relacionado com a coordenação das dimensões físicas dos subsistemas através do estabelecimento de relações precisas entre suas dimensões lineares, superficiais e volumétricas. A coordenação dimensional dos subsistemas está baseada na definição de uma dimensão padronizada de referência para as dimensões dos subsistemas e da edificação, a qual é denominada módulo básico e adotada internacionalmente com o valor de 0,100 m (NISSEN, 1972).

O módulo básico é, entretanto, uma dimensão muito pequena em relação às dimensões típicas da edificação e de seus subsistemas constituintes, sendo necessária também a definição de outras dimensões de referência. São definidos módulos de projeto que reduzem a gama de dimensões possíveis na edificação mantendo porém flexibilidade para se projetar diversas soluções, módulos de produção dos subsistemas que procuram assegurar economia em sua fabricação e montagem e sub-módulos de coordenação para compatibilizar dimensões inferiores ao módulo básico (figura 4.3).

O MTSB (1968) salienta que a escolha dos módulos de projeto e dos módulos de produção dos subsistemas deve ser preferencialmente baseada em dimensões normalmente utilizadas na edificação, favorecendo a possibilidade de se combinar os novos subsistemas produzidos com aqueles já existentes, facilitando sua utilização em uma faixa maior de condições de uso.

As interfaces dimensionais entre subsistemas são determinadas pelas linhas de coordenação definidas a partir dos módulos de projeto. Assegurar a integração de todos os subsistemas com estas linhas exige a consideração prévia dos inevitáveis desvios nas dimensões de produção e na posição de montagem dos subsistemas através da previsão de limites aceitáveis para estas faltas de precisão, denominados tolerâncias.

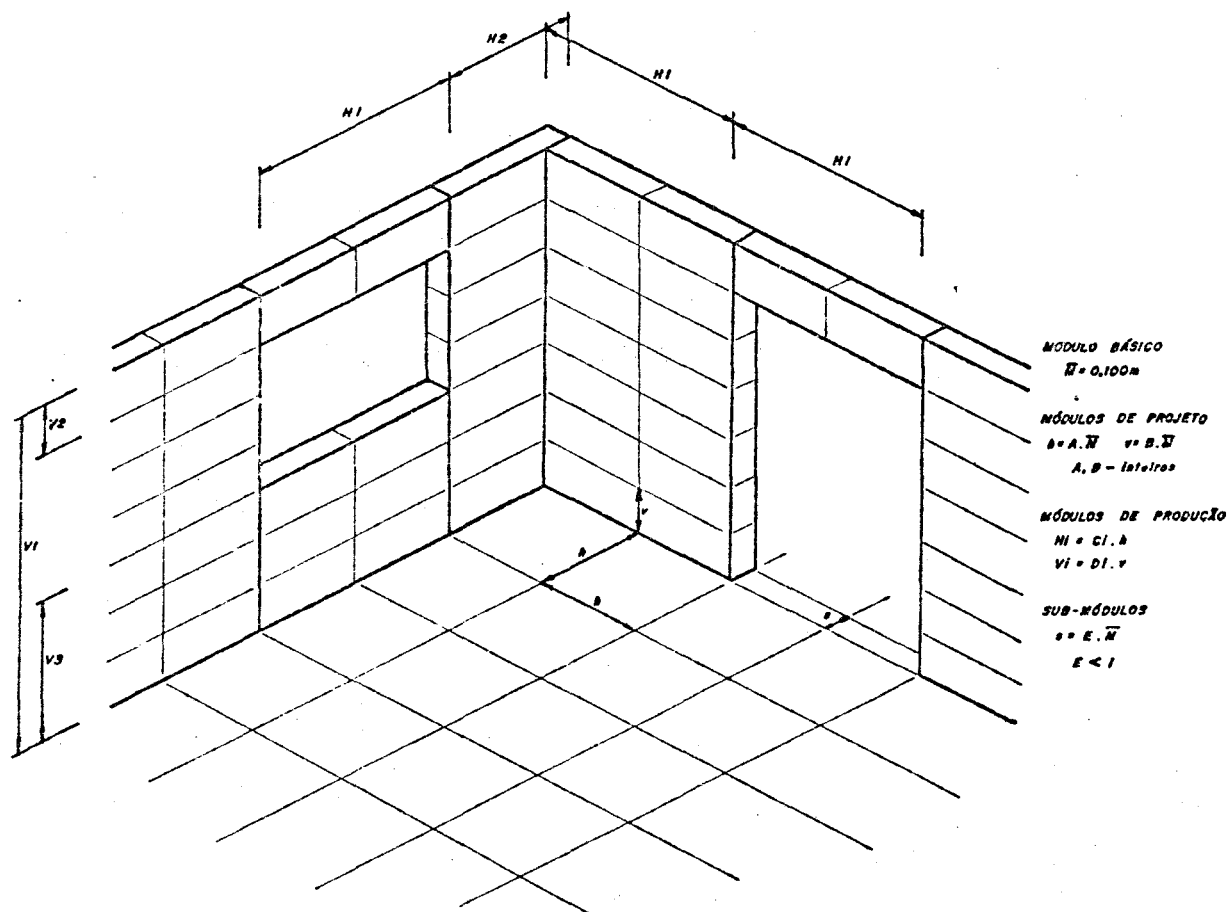


FIGURA 4.3 - A coordenação dimensional da edificação

O ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS (em MTSB, 1968) propõe um algoritmo para a definição das dimensões dos subsistemas a partir do arbitrio de valores para as tolerâncias aceitáveis (figura 4.4). Deve se salientar que estes valores são arbitrados considerando as características construtivas dos subsistemas e os custos decorrentes do nível de precisão dimensional estabelecido.

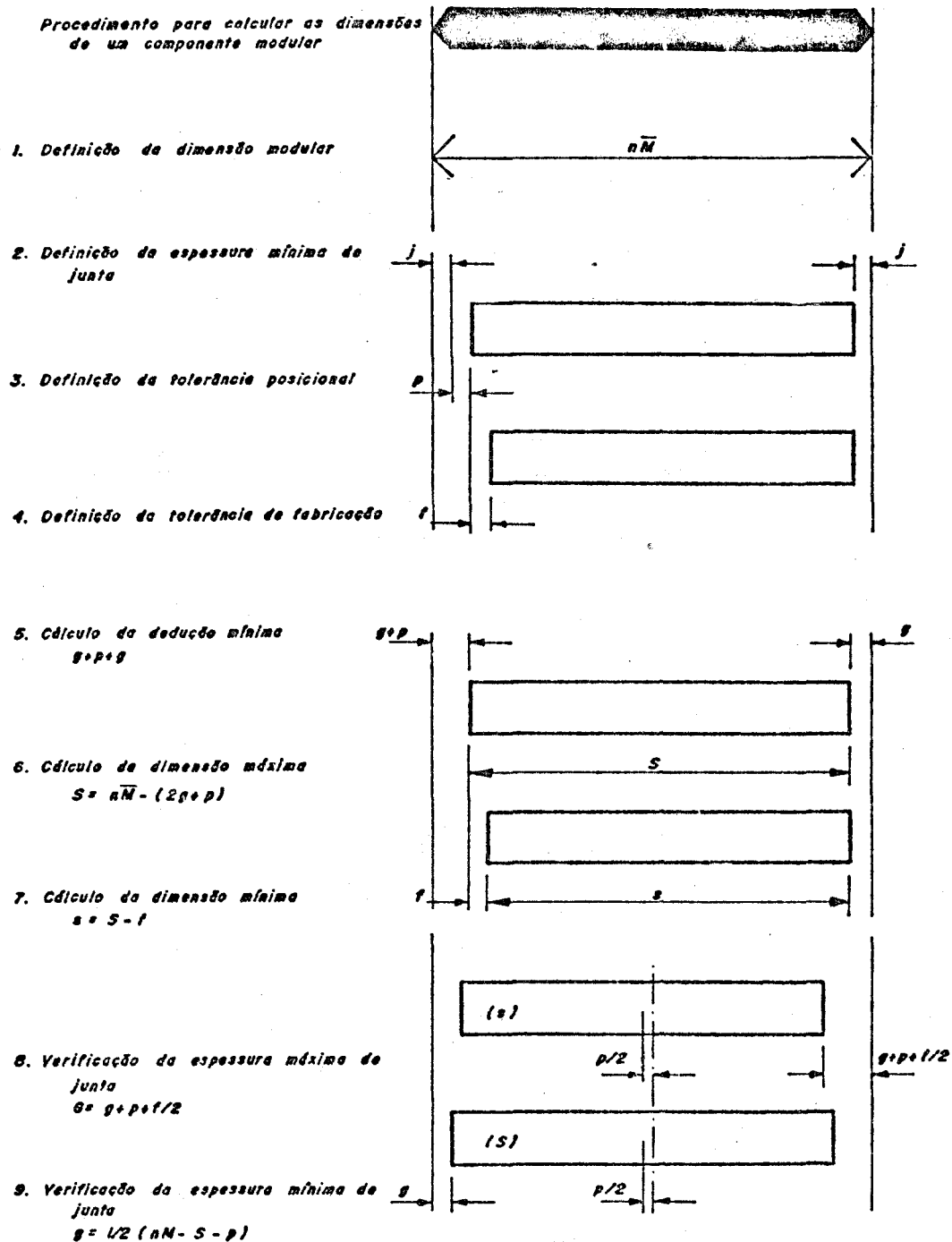


FIGURA 4.4 - Um algoritmo para a consideração das tolerâncias aceitáveis nas dimensões dos subsistemas (segundo o ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS)

A compatibilidade de material estuda os efeitos da integração dos materiais constituintes de dois subsistemas através da observação das alterações nas características destes materiais provocadas pelo contato ou proximidade entre eles.

Neste aspecto são avaliadas as interações físicas, químicas e biológicas existentes na interface dos subsistemas, considerando especificamente os processos de degradação dos materiais e identificando os mecanismos influentes na perda de qualidade dos materiais constituintes dos subsistemas (figura 4.5).

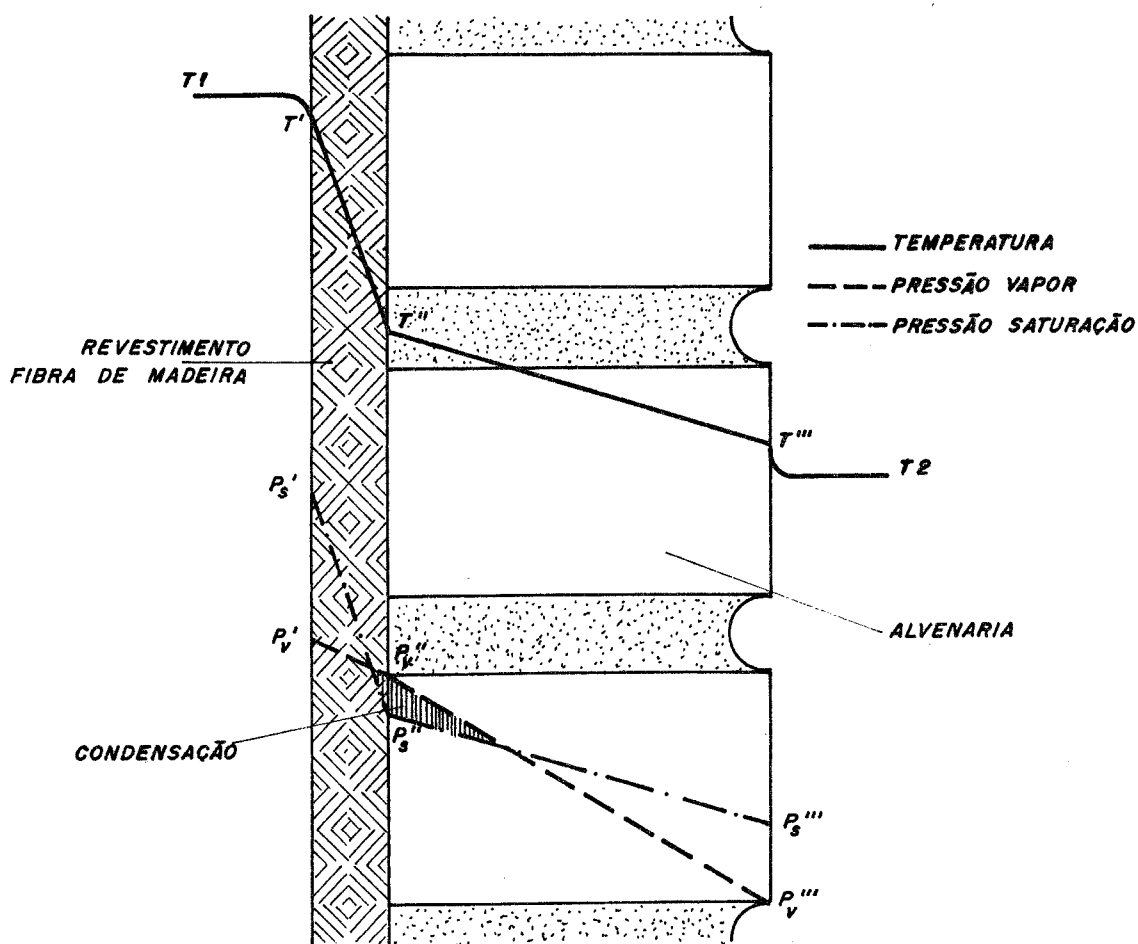


FIGURA 4.5 - Um exemplo da incompatibilidade de material: o efeito da justaposição de dois materiais em seu desempenho, no caso provocando a condensação oculta

Esta consideração é decorrente da variabilidade das características dos materiais em função do ambiente em que os subsistemas estão inseridos. A montagem do conjunto de subsistemas na edificação transforma cada um deles em ambiente para os demais, podendo ser alterado o comportamento do subsistema se observado isolada ou integradamente.

. A **compatibilidade simbólica** estuda as reações perceptivas dos usuários da edificação ao conjunto integrado de subsistemas através da comparação com padrões estéticos, psicológicos e sociais definidos a partir dos valores culturais característicos destes usuários.

A consideração deste aspecto é difícil pela subjetividade envolvida na determinação dos padrões utilizados na avaliação das reações dos usuários, cuja formulação em termos claros e mensuráveis gera muitas discussões.

Embora signifique ganhos evidentes na qualidade da edificação a introdução do conceito de compatibilidade em seu processo produtivo não é simples porque necessariamente envolve um intensa troca de informações entre os fabricantes de subsistemas, o que é normalmente restrito pela prática de se manter exclusividade no domínio tecnológico como poder de barganha na concorrência de mercado.

Além disso, quando realizada esta troca de informações e analisados os diversos aspectos relativos à integração dos subsistemas frequentemente se chega à conclusão da necessidade de se alterar alguns subsistemas, o que encontra grandes obstáculos por parte de seus fabricantes devido aos custos incorridos nestas alterações e à própria alteração tecnológica em si.

Observa-se, portanto, que a implantação do conceito de compatibilidade envolve não apenas rearranjos tecnológicos mas também redefinições estratégicas e políticas da Indústria da Edificação, possibilitando então a superação dos obstáculos à abordagem sistêmica da produção de edificações.

4.3 A flexibilidade do sistema

As características de uma edificação são determinadas pelo conjunto de necessidades de seus usuários, as quais estão relacionadas com as atividades por eles realizadas. Diferentemente de outros produtos projetados para satisfazer as necessidades humanas a edificação possui um tempo de utilização bastante longo, durante o qual ocorrem desenvolvimentos tecnológicos, políticos, econômicos e culturais que modificam as atividades realizadas pelos usuários da edificação, variando conseqüentemente seu conjunto de necessidades.

Esta variação pode atingir grande intensidade a ponto de tornar inadequado o uso da edificação em um prazo de tempo inferior ao previsto. Isto indica a necessidade de se incorporar à edificação mecanismos que possibilitem a alteração simplificada de suas características mantendo-a atualizada em relação às variações do conjunto de necessidades dos usuários. Tais mecanismos são baseados no conceito de flexibilidade.

O conceito de flexibilidade está relacionado com a possibilidade de se produzir diferentes edificações a partir de um conjunto de subsistemas e com a possibilidade de se alterar a edificação facilmente durante o tempo de sua utilização.

Baseados nesta definição podem ser descritos alguns enfoques dados à utilização do conceito de flexibilidade. O EDUCATIONAL FACILITIES LABORATORIES - EFL (1967) descreve quatro aspectos da flexibilidade de um conjunto de subsistemas:

. **variedade espacial**, relacionado com a produção de diferentes edificações ou espaços funcionais cujas características podem ser diversas para atender uma ampla faixa de necessidades dos usuários, utilizando entretanto o mesmo conjunto de subsistemas (figura 4.6-a);

. **mudança imediata**, relacionado com a realização de pequenas alterações na edificação, necessárias em sua operação diária, que não demandam considerável trabalho ou habilidade. Embora envolva a utilização de algum elemento especial para assegurar a rápida alteração operacional não

apenas este elemento deve ser considerado mas todos os subsistemas
constituintes dos espaços funcionais alterados (figura 4.6-b);

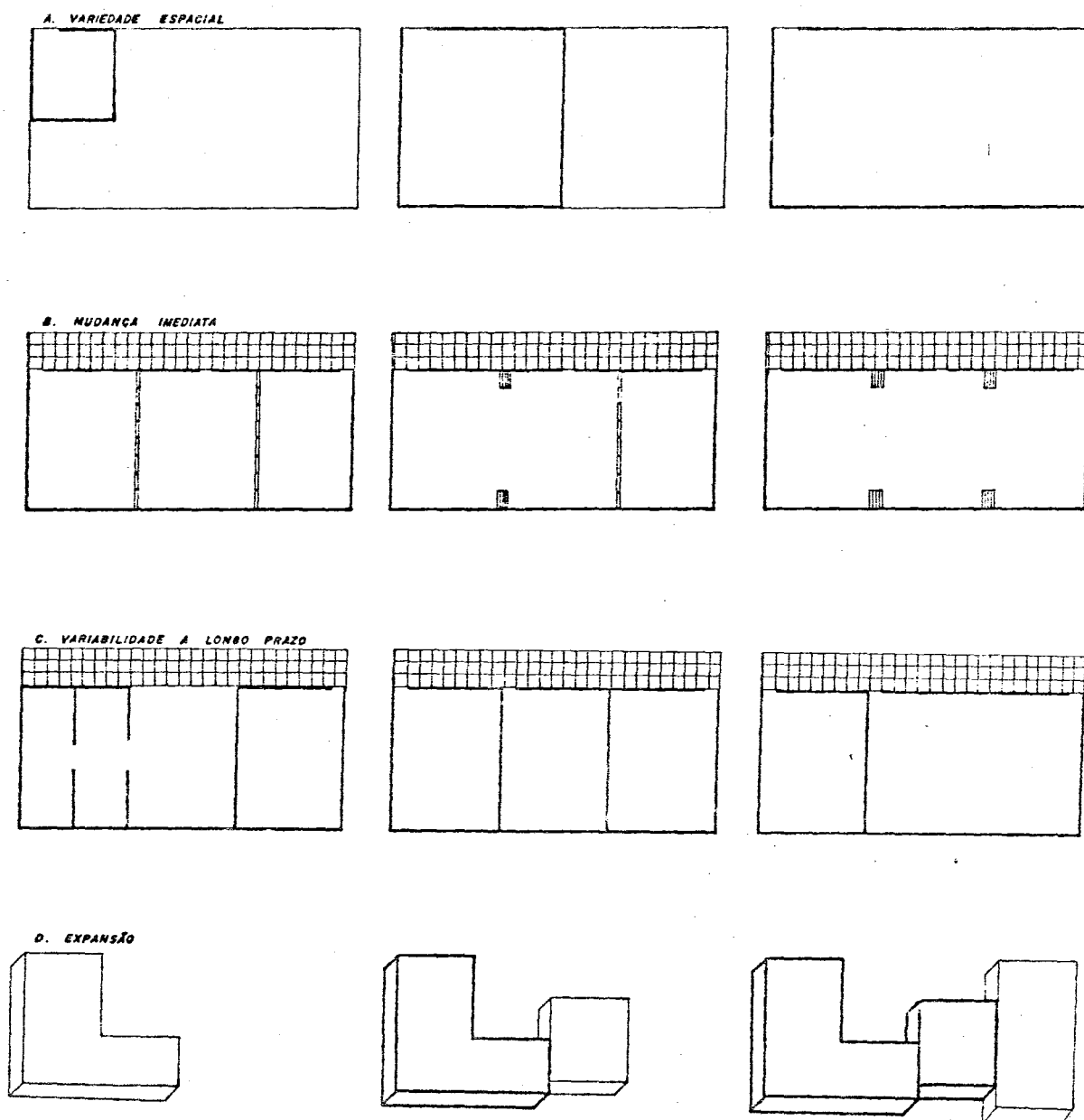


FIGURA 4.6 - Quatro aspectos da flexibilidade de um conjunto de subsistemas (segundo o EDUCATIONAL FACILITIES LABORATORIES)

. **variabilidade a longo prazo**, relacionado com a realização de consideráveis rearranjos dos espaços funcionais durante o tempo de utilização da edificação, entretanto sem a necessidade de grande trabalho . Este aspecto da flexibilidade permite o planejamento do uso futuro da edificação prevendo a possibilidade de se alterar profundamente os espaços

funcionais apenas através de serviços de desmontagem e remontagem dos subsistemas sem a necessidade de ajustes especiais (figura 4.6-c);

. **expansão**, relacionado com o aumento da capacidade funcional da edificação através de acréscimos que não demandam custos elevados em demolições e interrupções das atividades dos usuários. Este aspecto da flexibilidade não significa o projeto de esperas específicas para o crescimento futuro da edificação mas a incorporação ao conjunto de subsistemas de condições que permitem expansões que não foram previamente projetadas (figura 4.6-d).

O MTSB (1968) considera também como outro aspecto do conceito de flexibilidade a possibilidade de se planejar **renovações cíclicas da edificação** através de substituições programadas de subsistemas projetados com diferentes tempos de uso, segundo suas características mais eficientes e naturais, obtendo um nível de qualidade da edificação superior ao obtido normalmente, sem um acréscimo significativo de custos (figura 4.7).

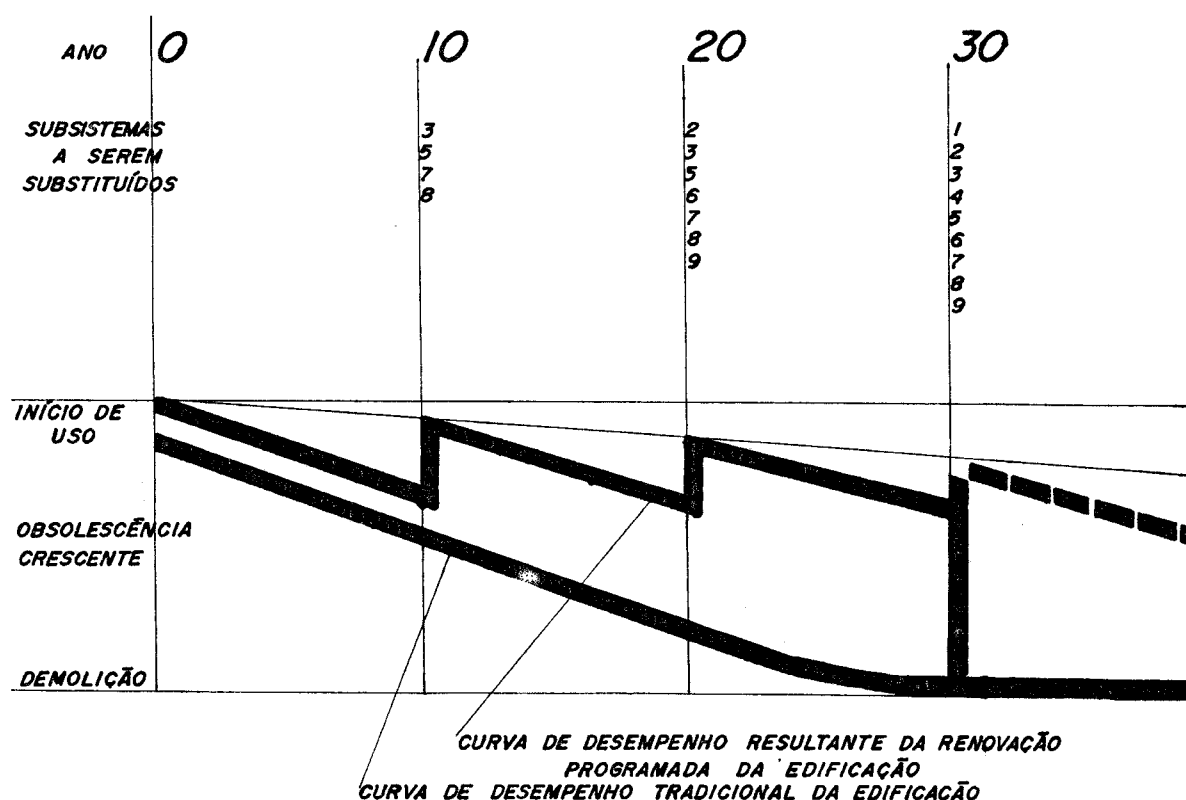


FIGURA 4.7 - A renovação programada como aspecto do conceito de flexibilidade (segundo o METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)

É interessante salientar que sob todos estes aspectos a edificação tende a ser mantida atualizada em relação às tecnologias disponíveis e ao conjunto de necessidades dos usuários. Isto é muito importante em áreas onde a tecnologia tem um desenvolvimento acelerado ou em edificações destinadas a abrigar usuários cujas atividades estão sujeitas a constantes evoluções, retardando assim a obsolescência prematura da edificação.

Finalmente, deve ser enfatizado que o conceito de flexibilidade é utilizado para se avaliar o sistema construtivo como um todo e não algum subsistema específico. Embora algum subsistema possa ter maior influência em assegurar a flexibilidade do conjunto esta propriedade só pode ser atribuída ao sistema porque ela se refere ao espaço produzido e não a um de seus elementos constituintes.

5. O SIGNIFICADO ORGANIZACIONAL DA ABORDAGEM SISTÊMICA DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

5.1 Uma revisão conceitual do processo produtivo da edificação

Segundo ARNOLD (1969) o significado organizacional da abordagem sistêmica da edificação pode ser entendido como uma nova visão de seu processo produtivo que coloca as necessidades dos usuários como determinantes das características dos sistemas construtivos e não o contrário.

A mudança do ponto de observação do processo é consequência de um estudo mais abrangente onde a questão formulada não se restringe a verificar a qualidade técnica da edificação produzida mas se amplia a avaliar a necessidade social de se produzir a edificação.

A técnica, tradicionalmente considerada o objetivo do estudo da edificação, na abordagem sistêmica passa a ser considerada um meio para a satisfação das necessidades dos usuários da edificação, aos quais é delegada participação ativa no processo.

Esta revisão conceitual provoca obrigatoriamente uma redefinição dos objetivos do processo produtivo da edificação que se reflete em todas as relações entre os participantes do processo, reorganizando sua estrutura interna. De acordo com o MTSB (1968) esta reorganização se expressa através de alguns mecanismos característicos da abordagem sistêmica, assim relacionados:

. a definição do processo como iniciando na identificação das necessidades dos usuários da edificação e se estendendo até a total satisfação destas necessidades, em uma visão mais abrangente que representa uma expansão da visão tradicional do processo produtivo da edificação e

permite um melhor definição e coordenação de suas atividades constituintes (figura 5.1);

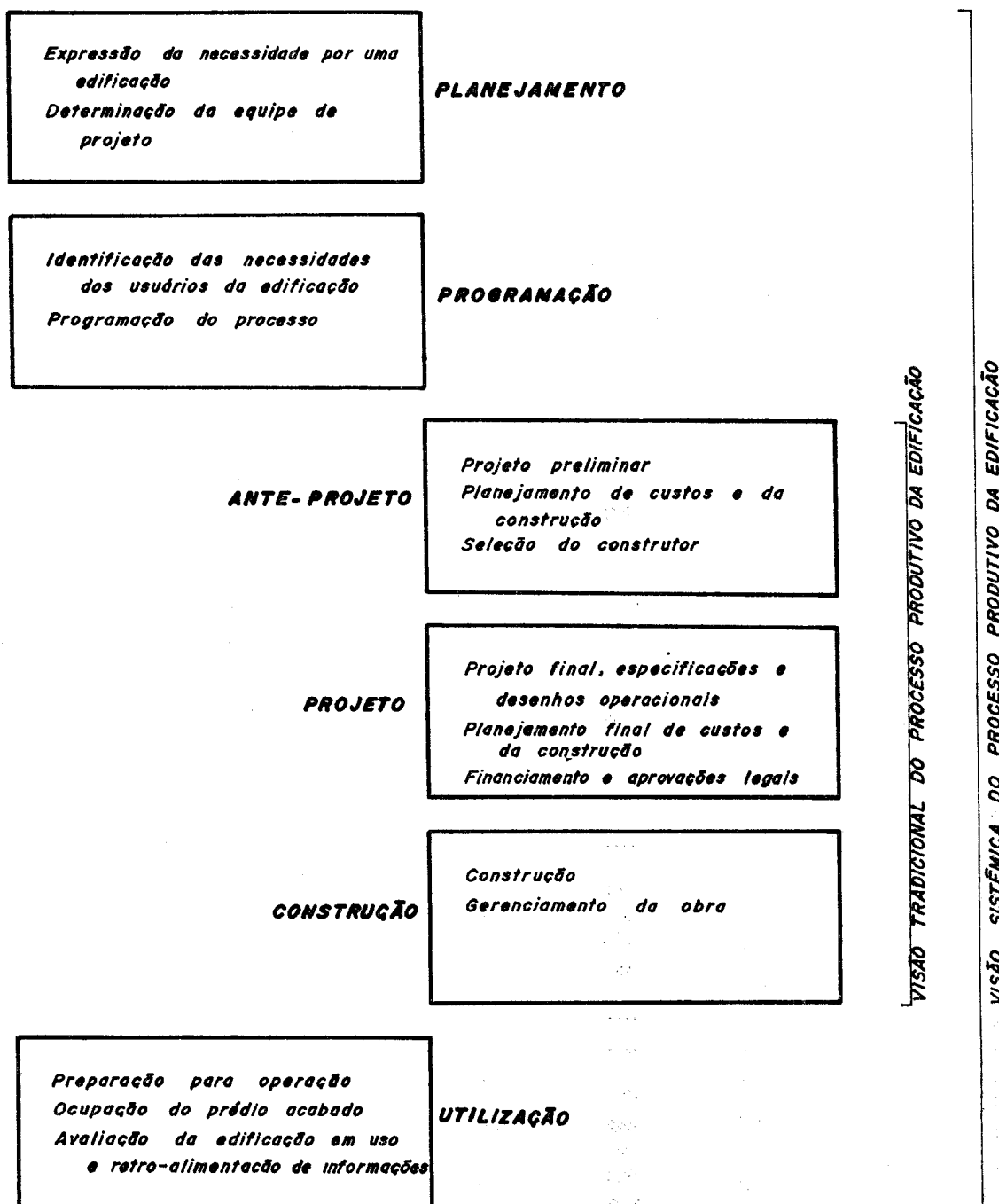


FIGURA 5.1 - Uma descrição das etapas constituintes do processo produtivo da edificação (segundo o METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)

. o planejamento detalhado do processo onde são identificadas as interfaces entre as atividades que o constituem, sendo então propostas soluções para os conflitos observados com o objetivo de se obter um desenvolvimento estável e contínuo do processo;

. a aplicação de um método lógico e racional para a solução dos conflitos observados no processo, avaliando todas as atividades segundo aspectos funcionais, econômicos e simbólicos, em substituição aos métodos empíricos tradicionalmente utilizados.

Esta nova abordagem do processo produtivo da edificação como um fenômeno obrigatoriamente ligado aos futuros usuários da edificação produzida redireciona o estudo do processo através do abandono de modelos idealistas (que abstraem o fenômeno do seu ambiente e reduzem a utilização do modelo a exercícios intelectuais nem sempre coerentes com a realidade do processo) em favor de modelos realistas (que definem a realidade social onde se desenvolve o processo como a base do estudo), considerando assim a influência de fatores tecnológicos, políticos, econômicos e culturais observados no ambiente real do processo.

Portanto, os novos conceitos propostos pela abordagem sistêmica permitem que se estude o significado social da produção de edificações, que deixa de ser relacionada a condições exclusivamente técnicas e passa a ser relacionada a todas as características do ambiente físico e institucional em que a edificação está inserida.

Deve se deixar claro que este significado da abordagem sistêmica identificado por ARNOLD (1969), bem como os conceitos a ele relacionados, refere-se à definição do processo proposta sob a ótica de um dos participantes do processo: os usuários da edificação produzida. Desta forma o processo é modelado em função dos objetivos dos usuários.

Pode se questionar a definição de um participante em particular do processo produtivo da edificação como principal beneficiário da realização de seus objetivos em detrimento de um benefício generalizado para todos os participantes. Esta condição é, entretanto, inevitável pois os objetivos de alguns participantes são conflitantes e o benefício de um pode representar o prejuízo de outro.

Observa-se a partir disto que podem ser desenvolvidos diversos modelos sistêmicos do processo produtivo da edificação, cada qual sob a ótica de um participante do processo e com um objetivo específico a realizar. A intervenção sobre o processo deve se basear portanto em informações a respeito dos objetivos dos diversos participantes cuja ponderação se dá em função de objetivos de um sistema maior que incorpora o processo produtivo da edificação. Este sistema maior pode ser identificado como o processo social onde se procura definir as diretrizes do desenvolvimento de uma região através da determinação de características tecnológicas, econômicas, políticas e culturais para os processos produtivos que neela ocorrem.

É possível, entretanto, justificar a escolha da satisfação das necessidades dos usuários da edificação como o objetivo último do processo através de um questionamento ético da razão para se realizar este processo produtivo, onde a avaliação dos objetivos particulares dos diversos participantes do processo (salvo alguma situação específica dentro do sistema mais amplo do processo social que determine outra definição) resulta nesta escolha.

Observando-se ainda o modelo da figura 5.1 constata-se que não estão expressas atividades relacionadas com o fornecimento de insumos ao processo, como a produção de materiais e componentes ou a apropriação de capital necessários ao seu desenvolvimento. Certamente este modelo simplificado, onde não são consideradas as restrições impostas pela limitação da disponibilidade de insumos sobre o processo, não traduz a realidade do processo produtivo da edificação mas permite que se tenha uma visão inicial do processo, a qual serve de base para estudos posteriores dos efeitos provocados por esta limitação.

Outra alteração conceitual proposta pela abordagem sistêmica é a consideração do processo produtivo da edificação como uma totalidade onde as soluções propostas são avaliadas em relação ao uso mais eficiente dos recursos aplicados observando o processo como um todo.

A consideração unitária do processo exige, entretanto, que todos os participantes do processo além de trabalharem para a realização de seus objetivos particulares procurem também a realização dos objetivos gerais determinados para o processo todo. Para isto é necessária maior integração

entre os participantes que precisam compreender o processo todo e não apenas a parte de sua intervenção direta.

Esta integração deve existir a um nível amplo tanto no sentido transversal quanto no sentido longitudinal do processo, ou seja, participantes de uma mesma ou de diversas partes do processo produtivo da edificação devem manter estreito relacionamento com a finalidade de se estabelecer melhor comunicação interna no processo facilitando o seu desenvolvimento.

Assegurar a integração entre os participantes, entretanto, é bastante difícil. Além da falta de experiência na prática de um trabalho coletivo algumas características da ação destes participantes dificultam sua integração no processo:

- . a tendência à especialização de cada participante do processo em um grupo de atividades cada vez mais restrito aumenta o número de participantes, tornando mais complexa a estrutura de relações internas do processo e dificultando a observação de sua totalidade;

- . cada um dos participantes do processo possui um objetivo particular que frequentemente apresenta conflitos com os objetivos de outros participantes e, sob certos aspectos, com os objetivos gerais do processo como um todo;

- . a disputa de mercado entre diferentes participantes faz com que cada um deles preserve o seu conhecimento dificultando o acesso dos demais às informações sobre suas atividades, na tentativa de um domínio exclusivo de conhecimento que é utilizado como segurança em relação à competitividade do mercado e ao mesmo tempo serve de poder de barganha para se atingir o controle ou, pelo menos, grande influência dentro do processo produtivo da edificação;

- . cada um dos participantes do processo utiliza uma linguagem particular no desenvolvimento de suas atividades, o que dificulta a comunicação interna do processo.

Portanto, para a utilização da abordagem sistêmica do processo produtivo da edificação é necessário que se crie novas condições que possibilitem a implementação dos conceitos em que se baseia esta nova abordagem.

Estas novas condições envolvem necessariamente a receptividade das soluções propostas às dificuldades de integração dos participantes do processo e a adoção de um novo modelo representativo do processo que permita a melhor compreensão de suas características e, conseqüentemente, o desenvolvimento de uma ação de planejamento mais racional e mais eficiente em atingir os novos objetivos definidos para o processo produtivo da edificação.

5.2 A proposição de um modelo sistêmico para o processo

A proposição de um modelo baseado na abordagem sistêmica para o processo produtivo da edificação significa fundamentalmente uma alteração da estrutura cognitiva utilizada para perceber o fenômeno real produção de edificações. A nova estrutura cognitiva, proposta com o objetivo de representar com maior fidelidade a edificação e seu processo produtivo, modifica sensivelmente as condições de desenvolvimento do processo que se expressam nas características do novo modelo.

A adequada utilização de um modelo sistêmico depende, portanto, da compreensão das características deste novo modelo, bastante diferentes daquelas dos modelos tradicionalmente empregados.

O estudo teleológico do processo produtivo da edificação é uma das características básicas de um modelo sistêmico. Uma vez que um modelo realizado para compreender a realidade deve interferir o mínimo possível sobre o fenômeno real observado a descrição dos objetivos ou resultados a serem alcançados liberta o observador das limitações impostas pela descrição dos meios empregados para alcançar estes objetivos, reduzindo a influência de pré-concepções sobre o conhecimento produzindo e mantendo a flexibilidade de utilização do modelo (figura 5.2).

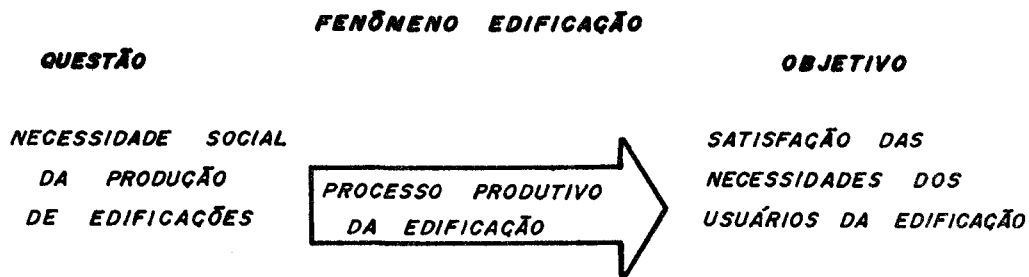


FIGURA 5.2 - O estudo teleológico do processo produtivo da edificação

De forma diferente dos modelos tradicionais onde a edificação em si confunde-se com os objetivos de seu processo produtivo, nos modelos sistêmicos estes objetivos são claramente enunciados como a satisfação das necessidades dos usuários da edificação redirigindo a abordagem deste fenômeno real de um contexto exclusivamente tecnológico para um contexto essencialmente social.

Uma vez que é tradicional no processo produtivo da edificação a descrição de meios antes que de objetivos, a utilização da abordagem sistêmica exige a adoção de um novo conceito de comunicação interna no processo, abandonando as especificações prescritivas de formas, técnicas e materiais em favor de especificações descritivas de resultados a serem obtidos. Estas especificações podem ser formuladas de diversas maneiras, como valores absolutos, intervalos de valores ou expressões qualitativas mas devem evitar conter características de um meio de realização em particular.

Outra característica de um modelo sistêmico do processo produtivo da edificação é o cuidado em definir precisamente os limites do objeto de estudo, ou seja, na **definição dos limites do sistema edificação com a intenção de se poder observar sua totalidade.**

Na abordagem sistêmica a definição precisa da extensão do fenômeno sob estudo é condição fundamental para a ação de planejamento proposta, identificando o conjunto de variáveis dependentes e independentes desta ação, ou seja, identificando os limites do sistema e de seu ambiente (figura 5.3). Um exemplo disto é a abordagem tradicional do processo produtivo da

edificação que desconsiderando as atividades anteriores à proposição de uma solução física (projeto) e as atividades posteriores à solução física construída (execução) deixa de avaliar variáveis influentes no resultado final do processo, diminuindo a possibilidade de intervenção sobre ele. Da mesma forma a consideração de condições ambientais como variáveis do processo produz um erro na ação de planejamento pois estas condições são independentes da ação do sistema e não assumem necessariamente os valores planejados.

Em um modelo sistêmico a definição dos objetivos do processo diretamente determina os limites do estudo da edificação e seu processo produtivo, considerado iniciando na identificação das necessidades dos usuários da edificação e se desenvolvendo até a total satisfação destas necessidades, o que não ocorre no término da execução física da edificação mas durante todo o seu tempo de uso.

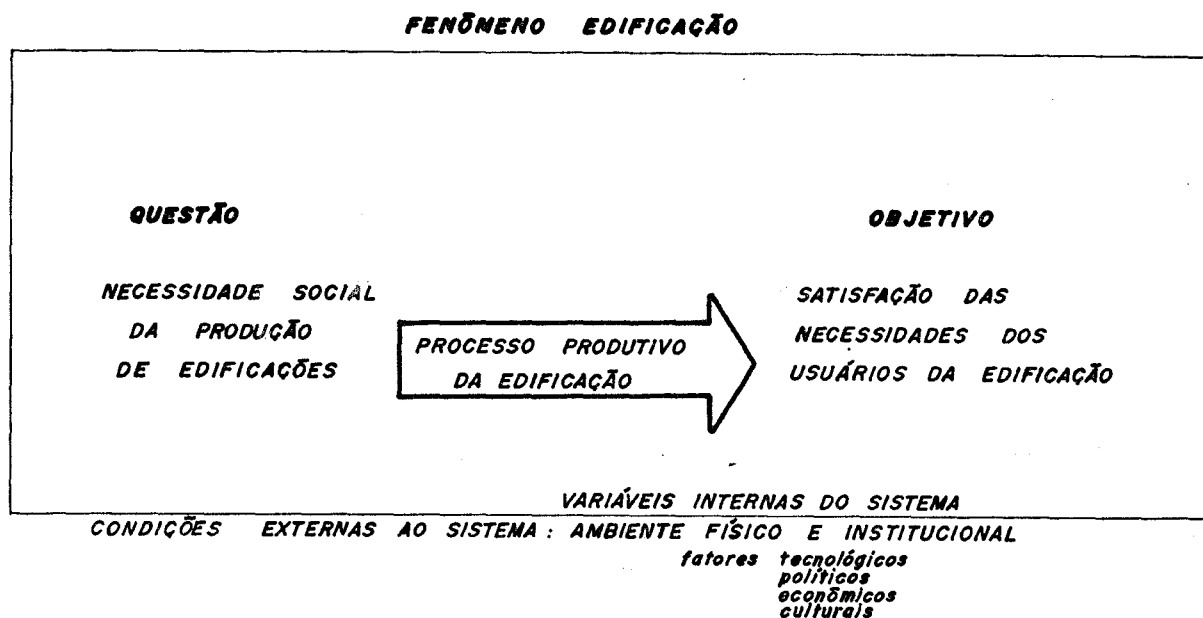


FIGURA 5.3 - A definição dos limites do processo

A utilização de critérios racionais para o fracionamento do processo produtivo da edificação é também característica relevante de um modelo sistêmico. O estudo do processo de uma forma única e global é inviável devido à sua dimensão e complexidade, obrigando o fracionamento da totalidade em partes (sub-processos) menores e melhor observáveis.

Este fracionamento do processo é arbitrário e, embora facilite a observação de cada sub-processo, omite algumas de suas relações internas reduzindo a precisão dos resultados do modelo. Considerando, entretanto, a inevitabilidade deste fracionamento e procurando aumentar a precisão do modelo devem ser utilizados critérios outros que aqueles tradicionalmente empregados, que agrupam as atividades realizadas pelos participantes individualmente sem considerar as relações existentes entre eles.

Os modelos sistêmicos procuram racionalizar o fracionamento do processo adotando o critério de agrupar atividades cujos objetivos são semelhantes. Para a proposição inicial de um modelo pode ser arbitrada a sua divisão em três sub-processos, os quais podem ser descritos como:

- . sub-processo de definição conceitual, onde são coletadas e estudadas as informações relacionadas à edificação, seus usuários e todos os fatores influentes em seu processo produtivo;

- . sub-processo de desenvolvimento técnico, onde as informações elaboradas no sub-processo anterior são transformadas em uma solução física construída;

- . sub-processo de utilização, onde a solução física é ocupada e colocada em utilização satisfazendo as necessidades dos usuários da edificação (figura 5.4).

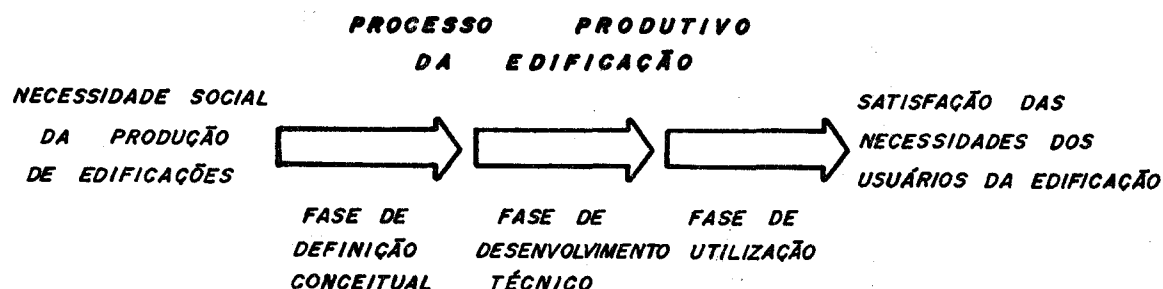


FIGURA 5.4 - O fracionamento do processo global

É interessante salientar que esta diferenciação já ocorre em processos produtivos tradicionais que, concentrados sobre o sub-processo de desenvolvimento técnico, desconsideram os demais sub-processos ou então consideram-nos incorporados ao conhecimento dos técnicos participantes daquele sub-processo. A explicitação destes sub-processos em um modelo sistêmico é motivada pela significativa influência deles para a compreensão

da totalidade do processo em sua nova realidade social determinada pela redefinição dos objetivos do processo.

Finalmente, a última das características básicas de um modelo sistêmico do processo produtivo da edificação é a **incorporação de um mecanismo formal de retro-alimentação das informações obtidas no desenvolvimento do processo** incorporando a experiência adquirida ao próprio processo evitando a perpetuação de soluções medíocres que são substituídas ao longo do tempo.

Neste mecanismo de retro-alimentação são avaliados os resultados do processo e dirigidas as informações obtidas para o sub-processo de definição conceitual, cujo objetivo é justamente o estudo das informações relacionadas ao processo produtivo da edificação, transformando o desenvolvimento do processo em um ciclo contínuo de atividades.

Como o modelo sistêmico representa um processo real que está inserido em um ambiente físico e institucional, ele deve expressar as contínuas relações existentes entre o processo e seu ambiente. Embora estas relações ocorram em todo o processo para simplificar a modelagem elas podem ser consideradas dirigidas para o sub-processo de definição conceitual que assume assim a função de centralizador das informações sobre o processo, o que é coerente com o critério de divisão das atividades inicialmente adotado (figura 5.5).

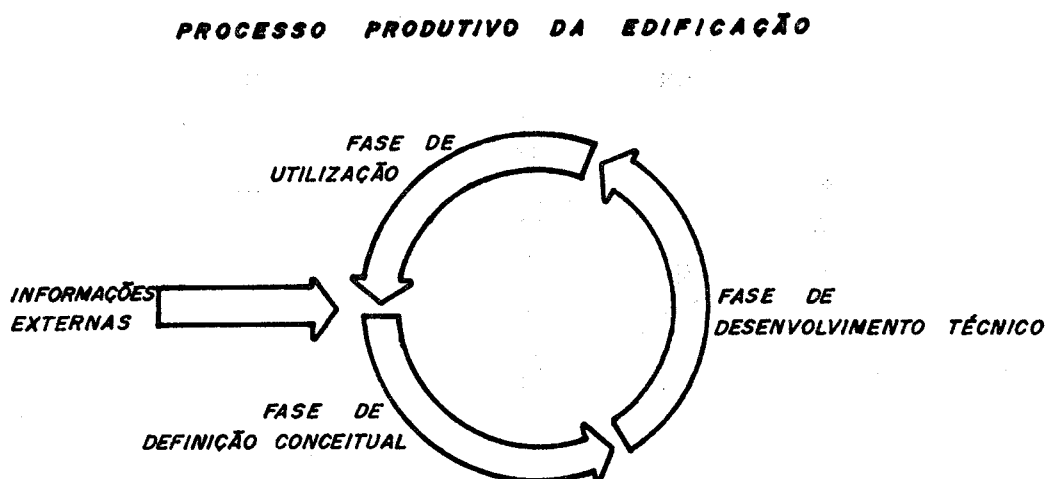


FIGURA 5.5 - A característica cíclica do processo produtivo da edificação

Os critérios adotados para o fracionamento do processo nesta proposição inicial de um modelo sistêmico são bastante genéricos porque se procura evitar a incorporação de quaisquer aspectos específicos de algum caso particular, assegurando assim sua flexibilidade de utilização. O modelo proposto, entretanto, limita-se a uma observação puramente conceitual do processo produtivo da edificação cuja finalidade é apenas delinear as características de uma abordagem racional da produção de edificações. O desenvolvimento de um modelo detalhado que possa ser utilizado operacionalmente em atividades de planejamento do processo envolve necessariamente a abordagem de casos particulares, como é exemplificado a seguir.

5.3 Um exemplo de um modelo sistêmico mais detalhado

O planejamento do processo produtivo da edificação, entendido como a adjudicação de atribuições aos participantes do processo ao nível das atividades por eles realizadas, exige a tomada de decisões que refletem condições específicas de casos particulares, o que implica no detalhamento do processo e na elaboração de tantos modelos quantos casos são estudados.

Como exemplo do detalhamento do processo total é apresentado a seguir um modelo sistêmico descritivo da estrutura conceitual apresentada anteriormente. Neste modelo os três sub-processos já definidos são representados utilizando um modelo dinâmico que expressa o desenvolvimento das atividades que os constituem.

O modelo sistêmico produzido embora não permita o planejamento do processo já expressa uma visão geral de seu desenvolvimento e propicia um menor trabalho de detalhamento para cada caso particular.

O sub-processo de definição conceitual (figura 5.6) é constituído por um conjunto de atividades onde são definidas as diretrizes do processo produtivo da edificação e determinados os parâmetros de desenvolvimento dos demais sub-processos tendo como base o estudo da necessidade social de se

produzir uma edificação e das características que esta edificação deve apresentar.

Este conjunto de atividades é realizado sob a responsabilidade conjunta dos usuários da edificação e de técnicos que obrigatoriamente devem possuir uma visão abrangente do processo produtivo da edificação. Aos usuários cabe a função de fornecer o mais claramente possível as informações a respeito de suas necessidades enquanto aos técnicos cabe a atribuição de traduzir estas informações em termos técnicos utilizáveis pelos demais participantes do processo.

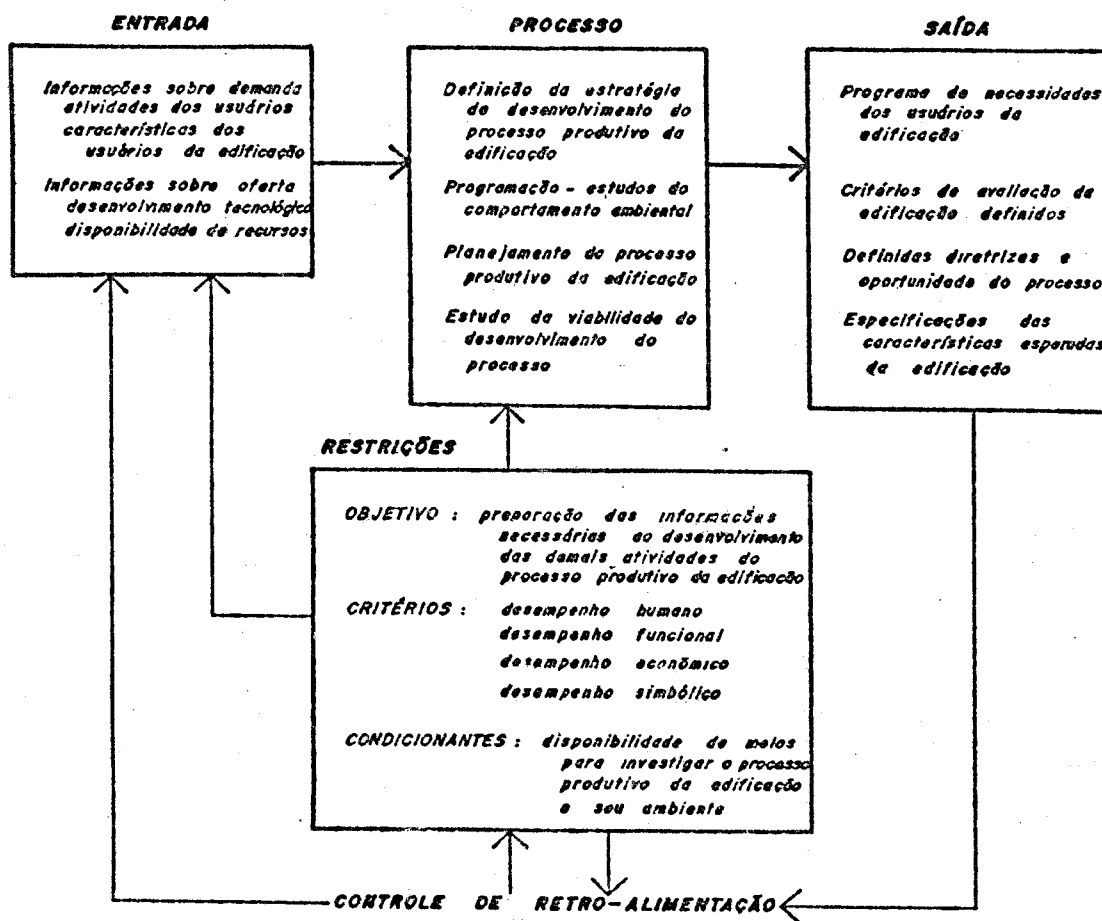


FIGURA 5.6 - A fase de definição conceitual

Em processos produtivos tradicionais estas atividades são atribuídas diretamente aos responsáveis pelo projeto da edificação que, através de estratégias particulares de investigação, determinam as características que a edificação deve apresentar para satisfazer as

necessidades de seus usuários. Esta abordagem empírica torna-se cada vez menos eficiente a medida que se busca a produção de novas alternativas para a edificação ou o elenco de necessidades a serem satisfeitas torna-se complexo.

Na abordagem sistêmica as atividades constituintes do sub-processo de definição conceitual são realizadas por um grupo de técnicos multidisciplinar, especializado e normalmente independente dos demais técnicos participantes do processo, incluindo também a participação ativa dos usuários da edificação.

As atividades constituintes do sub-processo de definição conceitual podem ser agrupadas em três unidades principais:

- . **atividades de definição política do processo produtivo da edificação**, onde são feitas opções por determinadas estratégias de desenvolvimento do processo, não envolvendo necessariamente um elo imediato com a satisfação das necessidades dos usuários da edificação como, por exemplo, o aproveitamento eficiente dos recursos disponíveis ou a orientação do desenvolvimento tecnológico;

- . **atividades de programação**, onde são definidas qualitativa e quantitativamente as necessidades dos usuários da edificação e traduzidas estas informações em termos de requisitos que a edificação deve satisfazer, expressando estes requisitos através de níveis de qualidade a serem mantidos durante todo o tempo de uso da edificação;

- . **atividades de planejamento de todo o processo**, onde é realizado um estudo da viabilidade do desenvolvimento de um ciclo completo do processo para satisfazer as necessidades dos usuários da edificação, avaliando os custos totais do processo e os benefícios diretos e indiretos dele resultantes e decidindo a respeito de se produzir ou não uma edificação e o momento mais adequado para isto. No caso de um resultado positivo do estudo de viabilidade o planejamento é dirigido ao detalhamento do processo a um nível operacional que permita o seu controle.

O sub-processo de desenvolvimento técnico (figura 5.7) é constituído por um conjunto de atividades que transforma as informações resultantes do sub-processo de definição conceitual em uma solução física construída.

Este conjunto de atividades é realizado quase exclusivamente pelos técnicos participantes do processo, restringindo-se os usuários da edificação a supervisionar estas atividades diretamente ou delegando esta responsabilidade a um técnico especialista nesta função.

O sub-processo de desenvolvimento técnico tem suas atividades constituintes dependentes do sistema construtivo, o que ocorre em função das características definidas para o processo produtivo da edificação e da intenção de se estimular a evolução tecnológica em uma determinada área. Esta dependência altera inclusive a ordem de realização das atividades, reorganizando-se a estrutura de relações internas do sub-processo para se obter maior eficiência em seu desenvolvimento.

Nesta situação é bastante vantajosa a característica dos modelos sistêmicos definirem mais claramente as atribuições e relações entre os participantes do processo produtivo da edificação, permitindo assim que se altere racionalmente a estrutura de relações internas do processo aproveitando melhor a potencialidade de seus participantes e otimizando a utilização dos recursos disponíveis.

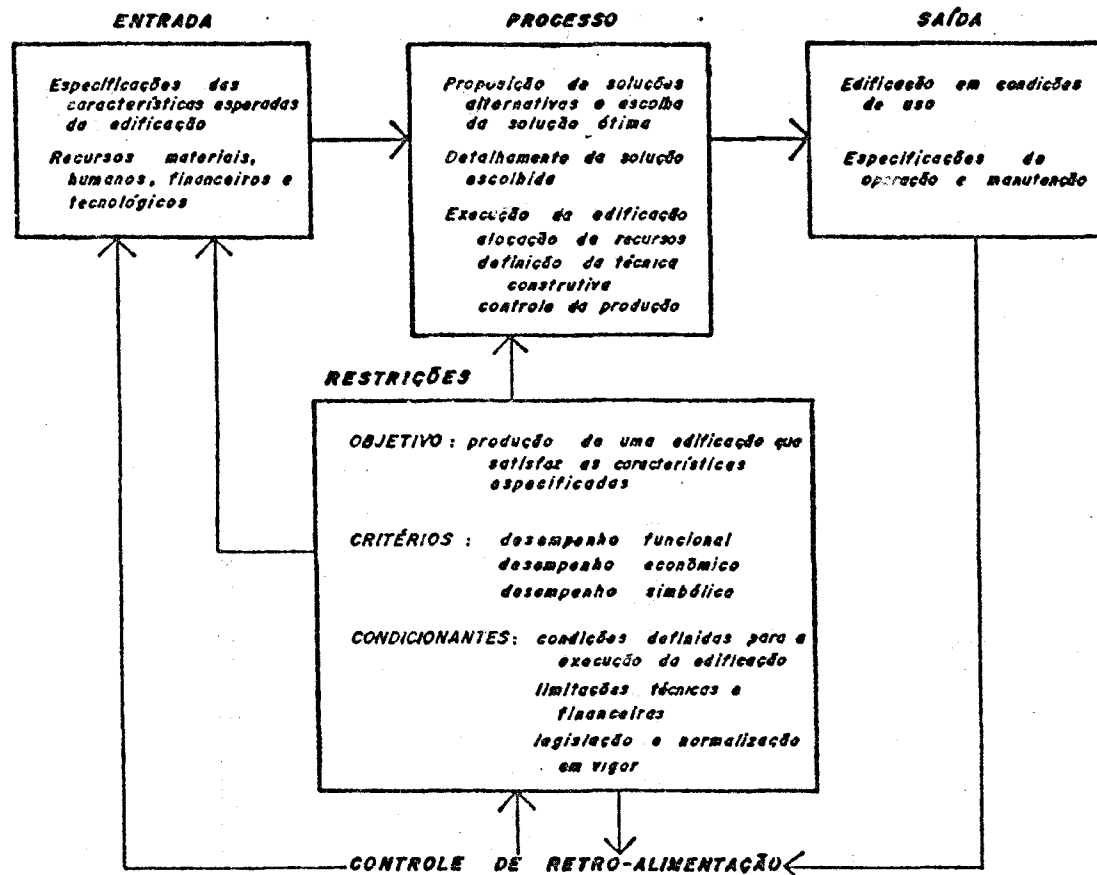


FIGURA 5.7 - A fase de desenvolvimento técnico

As atividades constituintes do sub-processo de desenvolvimento técnico podem ser agrupadas em quatro unidades principais:

- . **atividades de proposição de soluções alternativas e escolha da solução ótima**, onde a liberdade resultante da utilização de especificações de objetivos como parâmetros para a proposição de soluções permite o desenvolvimento de diversas alternativas que satisfazem de forma diferenciada estas especificações, possibilitando a escolha da melhor solução através da utilização de critérios de avaliação previamente definidos;

- . **atividades de detalhamento da solução escolhida**, baseadas nas características gerais delineadas para a escolha da solução ótima detalhando-a até o nível de procedimentos técnico-constructivos especificando descritivamente as características da edificação produzida;

- . **atividades de concorrência**, onde são definidos os participantes do sub-processo de desenvolvimento técnico, ou pelo menos alguns deles, sendo realizadas de formas diferentes em função do sistema constructivo adotado;

- . **atividades de execução da edificação**, onde a solução física detalhada é convertida em realidade construída através da utilização dos recursos alocados ao processo de acordo com os procedimentos técnico-constructivos determinados, os quais são submetidos a um controle de produção para assegurar a obtenção da qualidade projetada para a edificação.

O **sub-processo de utilização** (figura 5.8) é constituído pelo conjunto de atividades relacionado com a ocupação da edificação por seus usuários e a realização normal do uso para ela previsto.

A consideração destas atividades é a principal consequência da redefinição dos objetivos do processo produtivo da edificação proposta pela abordagem sistêmica, incorporando ao processo a avaliação de aspectos técnicos, humanos e sociais da ocupação e uso da edificação construída.

Evidentemente a responsabilidade pela realização das atividades constituintes do sub-processo de utilização é atribuída principalmente aos usuários da edificação mas, diferentemente dos processos produtivos tradicionais, nos modelos sistêmicos é proposta uma monitoração deste sub-processo por técnicos ligados ao sub-processo de definição conceitual com a finalidade de, através da constante avaliação dos resultados obtidos,

identificar os desvios ocorridos em todo o processo produtivo da edificação.

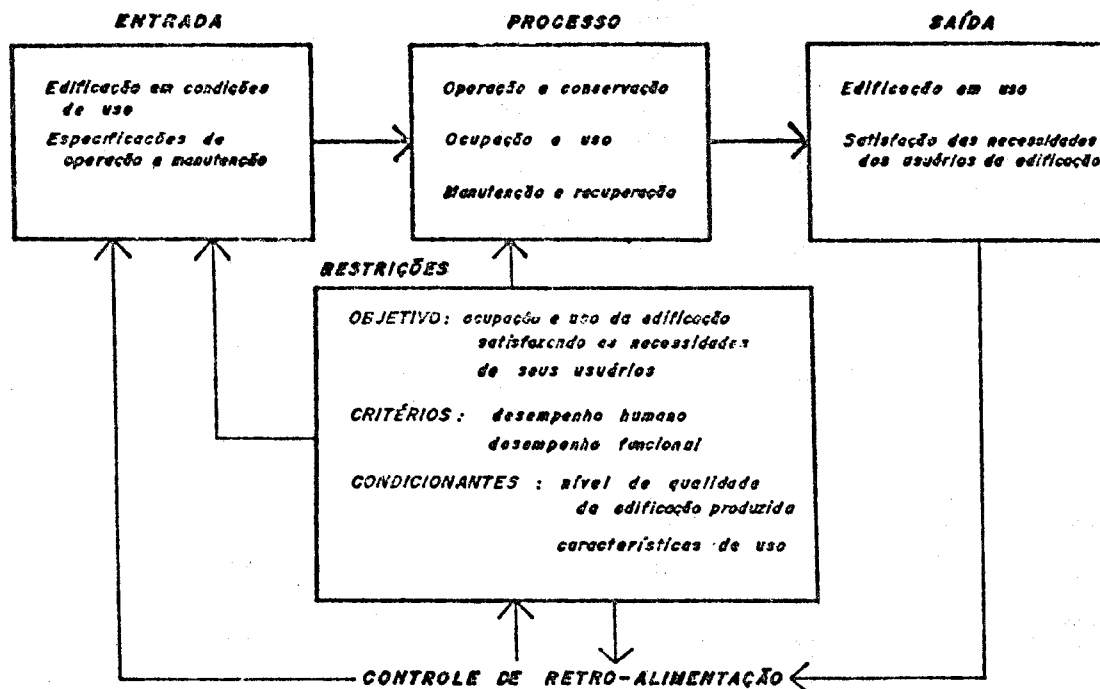


FIGURA 5.8 - A fase de utilização

As atividades constituintes do sub-processo de utilização podem ser agrupadas em três unidades principais:

- . atividades de operação e conservação, que colocam a edificação em condições de uso através da realização de serviços essenciais à ocupação por seus usuários;

- . atividades de ocupação e uso, que são expressas através da realização normal dos usos previstos para a edificação sem uma interferência prejudicial sobre seus usuários motivada pela própria estrutura construída ou pelo seu ambiente;

- . atividades de manutenção e recuperação, onde a edificação é mantida em condições de uso durante todo o tempo de ocupação por seus usuários, voltando-se principalmente a assegurar a existência de um nível de qualidade da edificação e de seus subsistemas físicos superior a um nível mínimo pré-estabelecido.

Observando agora os sub-processos agrupados (figura 5.9) constata-se que a medida que se detalha o processo produtivo da edificação

aumenta proporcionalmente a complexidade de suas relações internas dificultando a compreensão do funcionamento do processo todo.

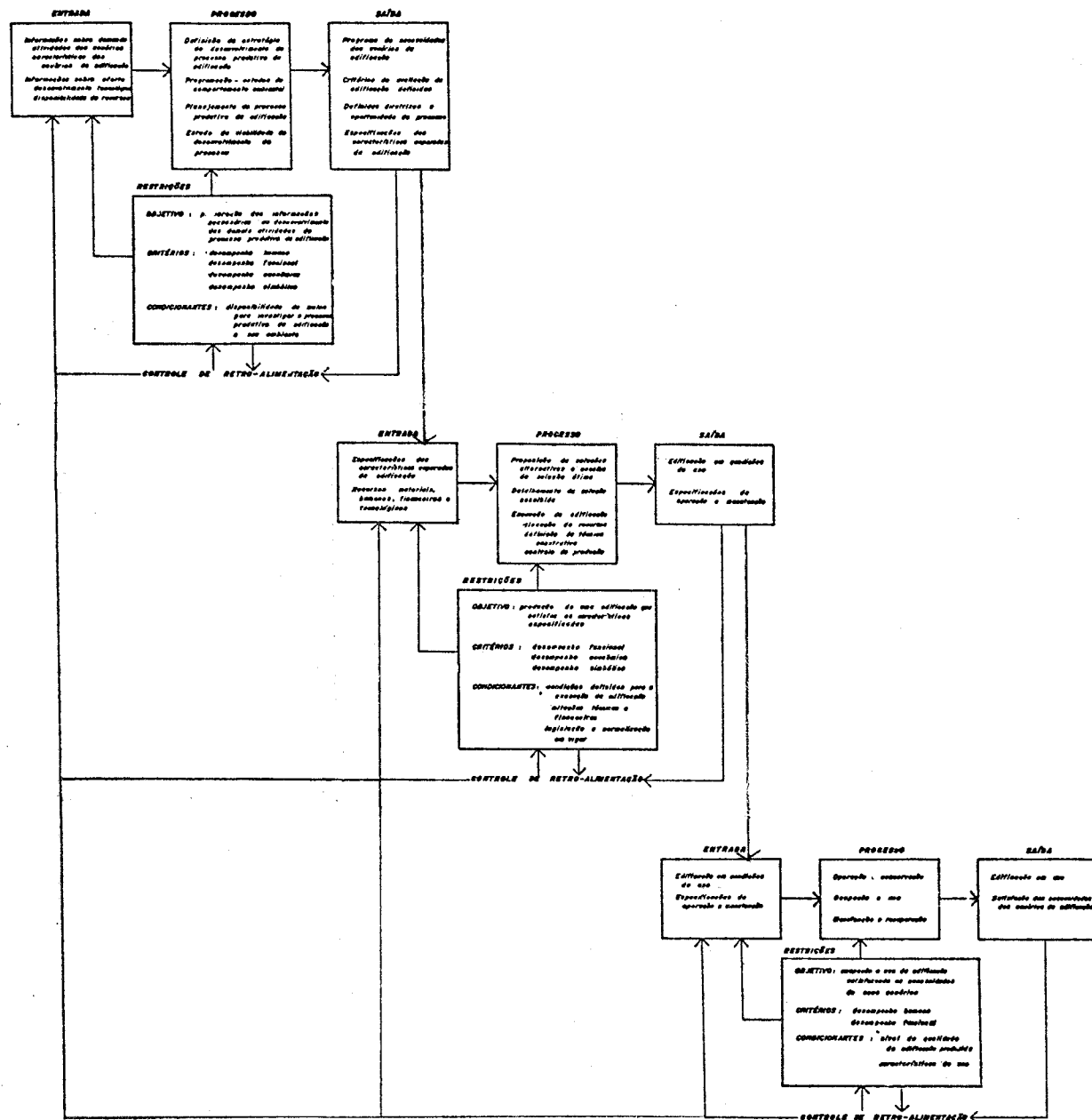


FIGURA 5.9 - Uma visão global do processo produtivo da edificação a partir da composição de suas fases constituintes

Mesmo neste modelo bastante genérico, onde o processo é fracionado em apenas três sub-processos, pode se observar que as relações de retro-alimentação de informações conferem ao processo um fluxo intenso de informações através de diversos ciclos possíveis. Pode ser estimada a partir

deste exemplo a complexidade da modelagem de um processo real ao nível de planejamento operacional, onde o número de atividades pode atingir valores da ordem de centenas, exigindo o processamento das informações através de potentes computadores.

5.4 As novas características propostas ao processo produtivo da edificação

O significado organizacional da abordagem sistêmica da edificação propõe basicamente um novo ponto de observação do seu processo produtivo redefinindo os objetivos deste processo e, conseqüentemente, alterando algumas de suas características.

Entre as novas características do processo podem ser salientadas a adoção de uma linguagem unificada para todos participantes e a possibilidade de se estabelecer um controle mais preciso sobre a qualidade do processo e sobre seu produto final.

A adoção de uma linguagem unificada para a comunicação interna do processo produtivo da edificação é uma necessidade claramente observada na figura 5.9, a qual apresenta um modelo extremamente simplificado da realidade do processo e mesmo assim é evidente a grande interação entre as diversas atividades realizadas por diferentes participantes.

A tendência à especialização destes participantes em um grupo de atividades cada vez mais restrito acentua uma diferenciação da linguagem utilizada por estes diferentes especialistas, criando grandes obstáculos à sua comunicação. Se o modelo proposto apresenta uma intensa comunicação direta entre os participantes, sem a existência de algum elemento centralizador da comunicação do processo, é evidente que a utilização de diversas linguagens provoca confusão no desenvolvimento do processo e, conseqüentemente, um aumento no esforço administrativo necessário e uma redução na qualidade do resultado final.

Utilizar um elemento centralizador da comunicação do processo é inviável porque esta solução representa a concentração demasiada do poder de

decisão do processo e aumenta seu tempo de duração pelo maior percurso do fluxo de informações.

É obrigatória, portanto, a adoção de uma nova linguagem, única para todo o processo e independente daquelas já utilizadas tradicionalmente por alguns de seus participantes. O conceito de desempenho (ver Anexo I- A utilização do conceito de desempenho) é uma alternativa de linguagem, tendo como vantagem adicional sua orientação teleológica que lhe confere liberdade em relação aos sistemas construtivos existentes, não incorporando obstáculos desnecessários à comunicação interna do processo.

A possibilidade de se estabelecer um **controle mais preciso sobre a qualidade do processo produtivo da edificação** é uma característica resultante do fracionamento do processo total em sub-processos menores. Com a avaliação de resultados intermediários antes dos resultados finais é possível a correção dos defeitos observados ainda em sua origem, durante o desenvolvimento do processo, evitando a necessidade de improvisações e adaptações em atividades posteriores e eliminando a magnificação dos prejuízos decorrente de uma intervenção tardia.

Um controle de qualidade aplicado ao processo produtivo da edificação deve ser coerente com as condições em que se realiza este processo, as quais diferem significativamente daquelas dos processos industriais para quem os métodos de controle foram originalmente elaborados. Estes métodos para serem utilizados na avaliação da edificação devem sofrer necessariamente uma adaptação à realidade de seu processo produtivo.

Segundo GARCIA MESEGUER (1980) o controle de qualidade da edificação atua através de um duplo mecanismo de controle:

. um controle de processo, definido pelo CEB (em GARCIA MESEGUER, 1980) como o conjunto de ações e decisões tomadas durante o processo para comprovar as operações e obter uma segurança razoável de que são cumpridas as especificações. Este mecanismo de controle é realizado pelo responsável pelo processo com a finalidade de produzir a qualidade especificada com o menor consumo de recursos possível. No controle de processo são monitorados fatores influentes na eficiência do processo através da correlação de variáveis que envolvem normalmente o consumo de recursos humanos, materiais e financeiros, o tempo de desenvolvimento do processo e o volume de

produção. Os métodos de controle utilizados são adaptações de gráficos e diagramas usuais do controle de qualidade das indústrias fixas;

• um controle de produto, definido pelo CEB (em GARCIA MESEGUER, 1980) como o conjunto de ações e decisões tomadas de acordo com critérios de aceitação e recusa previamente definidos para comprovar o cumprimento das especificações. Este mecanismo de controle é realizado pelo responsável pelo recebimento do resultado de um processo anterior com a finalidade de receber a qualidade especificada com a menor margem de erro possível. No controle de produto são avaliadas as características do resultado de um processo através da comparação com padrões definidos. Considerando as características particulares da edificação está sendo desenvolvido o conceito de desempenho para melhor avaliar a qualidade deste produto.

A proposição de um controle de qualidade para a edificação e seu processo produtivo não está completa apenas com a definição dos métodos de controle de processo e de produto. É necessária também a determinação dos pontos de avaliação onde devem ser realizados estes controles. A compreensão mais detalhada da edificação, resultante da utilização da abordagem sistêmica, permite a determinação dos pontos mais adequados para esta avaliação (figura 5.10)

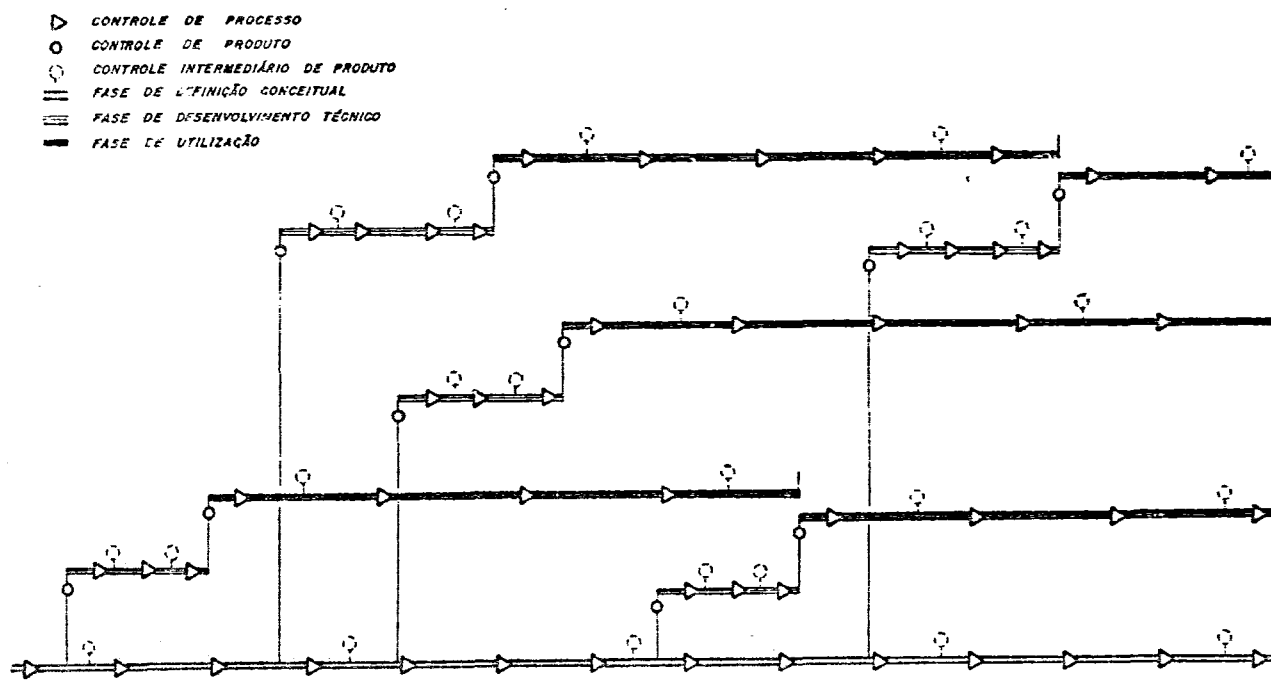


FIGURA 5.10 - A determinação dos pontos de avaliação do processo produtivo da edificação

Deve ser salientada a distinção entre um controle de qualidade e um controle de otimização da edificação. Embora a obtenção de informações para estes controles possa ser realizada integradamente no controle de retro-alimentação de informações eles apresentam características significativamente diferentes em decorrência de seus objetivos específicos.

Um controle de qualidade busca assegurar que os resultados do processo produtivo da edificação atinjam os níveis de qualidade especificados com pequena margem de erro e com o menor consumo de recursos possível. Um controle de otimização da edificação utiliza as informações obtidas do desenvolvimento de um ciclo do processo para otimizar os resultados de um ciclo futuro, procurando elevar seu nível de qualidade.

Observa-se portanto que estes dois controles são distintos porém complementares, sendo sua realização integrada uma boa estratégia para melhor monitorar o desenvolvimento do processo produtivo da edificação.

Por fim é necessário ressaltar um benefício imediato da utilização da abordagem sistêmica da produção de edificações onde, através da maior integração entre os participantes do processo produtivo da edificação, obtém-se uma compressão no tempo total de duração do projeto e construção da edificação como resultado da realização simultânea de atividades antes realizadas em sequência e pela supressão de parte do tempo gasto na comunicação entre os participantes (figura 5.11).

Observando o esquema da figura 5.11 constata-se que não ocorrem mais interrupções no andamento da construção para a decisão e aprovação das partes da edificação já construídas, o que reduz sensivelmente o tempo de construção da edificação. Embora não seja evidente no esquema apresentado é necessário destacar que as atividades compreendidas desde o desenvolvimento de um sistema construtivo até a elaboração de um catálogo de componentes não são realizadas em todos os ciclos do processo mas apenas no ciclo inicial, produzindo uma redução de tempo maior que aquela apresentada na escala da figura. Deve se considerar ainda como fator de compressão do tempo de duração da construção da edificação o fato de se utilizar componentes pré-fabricados que apenas são montados no canteiro de obras, normalmente não envolvendo intervalos de tempo maiores para a secagem ou cura dos materiais utilizados. Como benefício desta redução do tempo de duração do processo

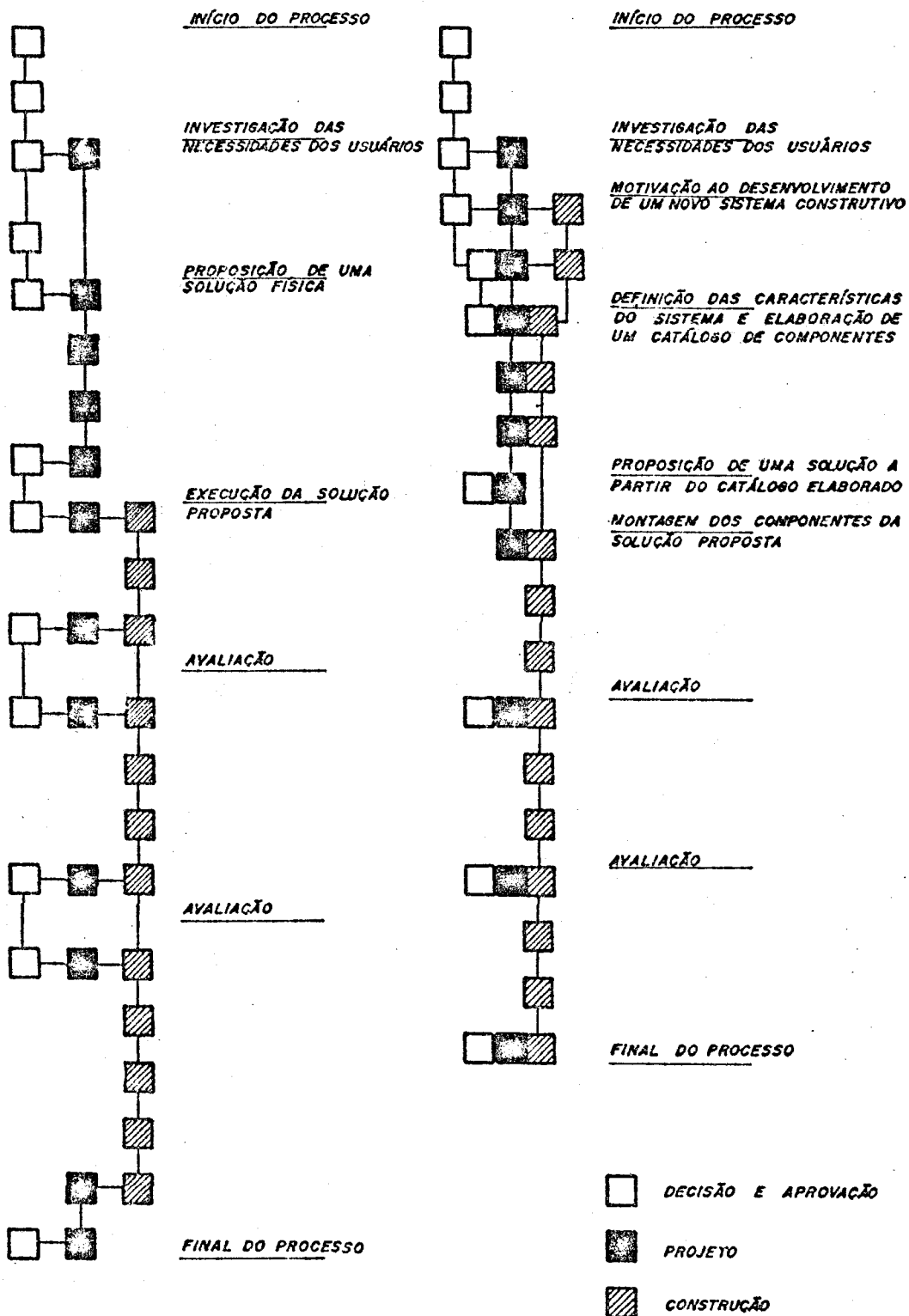
ABORDAGEM TRADICIONAL DO PROCESSOABORDAGEM SISTÊMICA DO PROCESSO

FIGURA 5.11 - A compressão do tempo total de construção da edificação como característica da abordagem sistêmica (baseado no METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD)

produtivo da edificação obtém-se uma redução de custos decorrente do uso mais cedo da edificação produzida.

6. O PAPEL DA ABORDAGEM SISTÊMICA NA INOVAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

6.1 O significado da inovação

BENES e outros (1983) definem a inovação como a tradução de invenções em um uso social, considerando neste processo o ambiente físico e institucional do fenômeno inovado.

Nesta definição invenções devem ser entendidas como os resultados de uma pesquisa científica ou tecnológica expressos através de um novo componente aplicável à edificação bem como da proposição de alterações na estrutura interna do seu processo produtivo, contrariando assim o pensamento comum de relacionar a inovação da edificação exclusivamente com modificações revolucionárias em seu aspecto físico aparente. Observa-se que na inovação as invenções propostas nem sempre resultam em mudanças evidentes na edificação produzida mas em novas condições que permitem a realização mais eficiente dos objetivos de seu processo produtivo.

Enquanto as invenções podem ser entendidas como alterações puramente técnicas ou conceituais a inovação incorpora um caráter eminentemente social através da vinculação do fenômeno inovado com sua realidade social. É válido se concluir, portanto, que toda inovação ocorre a partir de uma invenção mas a recíproca não é verdadeira pois uma invenção que não se traduz em um uso social não pode ser considerada uma inovação.

BENES e outros (1983) identificam como fatores causais da inovação os desenvolvimentos tecnológicos autônomos (que significam a criação de novas soluções técnicas mais eficientes que as anteriormente utilizadas) e os desenvolvimentos políticos, econômicos e culturais (que representam mudanças nas condições ambientais de um determinado espaço geográfico e temporal onde se realiza o processo produtivo da edificação). A conjunção

destes fatores estimula a inovação através das tensões que eles introduzem na estrutura do processo.

Diversos campos de tensões podem ser observados nesta estrutura, especialmente ao nível do planejamento do processo, onde são identificados conflitos, por exemplo, nas relações entre a demanda e a capacidade de produção de edificações, entre o domínio exclusivo de conhecimento e a cooperação dos participantes do processo ou entre a qualidade e os custos totais da edificação produzida. Na proposição de soluções para estes conflitos está a origem da inovação da edificação.

No desenvolvimento de novas soluções para a edificação superando os conflitos identificados no seu processo produtivo é necessária a compreensão dos mecanismos de atuação da ação inovadora. GRAZIA (1978) distingue dois mecanismos principais:

- a **ação inovadora tecnológica**, ou inovação de hardware, que representa a substituição física de materiais, componentes e técnicas do processo produtivo da edificação por outras que realizam a mesma função, porém com redução no consumo de recursos ou com ganho de qualidade;

- a **ação inovadora organizacional**, ou inovação de software, que significa a alteração da estrutura de relações internas do processo produtivo da edificação com o objetivo de obter um fluxo estável de comunicação ao longo do andamento do processo e aproveitar melhor a capacidade produtiva de seus participantes.

Embora a ação inovadora possa ser analisada através de dois mecanismos de atuação isolados isto não significa que eles possam ser considerados independentes. Para se obter os resultados previstos na proposição de novas soluções para a edificação é necessária a utilização destes dois mecanismos integradamente, pois sua mútua dependência implica em ajustes interativos no desenvolvimento destas novas soluções.

Normalmente observa-se nas propostas de inovação da edificação uma excessiva concentração sobre a ação tecnológica, relegando a ação organizacional a um segundo plano na falsa suposição de um ajuste espontâneo da estrutura de relações internas do processo produtivo da edificação à nova solução tecnológica adotada. A explicação para isto pode ser encontrada no próprio processo que, de acordo com GRAZIA (1978), apresenta uma organização descentralizada restringindo cada participante do processo a inovar apenas

dentro de seu limite de ação e impossibilitando a proposição de alterações mais profundas na organização do processo.

Um exemplo da dificuldade comum em se inovar a edificação e seu processo produtivo é a constante invenção (ou transferência) de novos materiais, componentes ou técnicas construtivas sem maior relação com a realidade de um determinado espaço geográfico e temporal. A probabilidade destas invenções transformarem-se em inovações é pequena pois o desenvolvimento de novos produtos para a edificação sem uma análise precisa e racional da sua futura utilização em um determinado conjunto de condições ambientais reduz as propostas de inovação a um método empírico de tentativas e erros cuja eficiência é bastante baixa.

A falta de um desenvolvimento integral das propostas de inovação, onde são consideradas ações inovadoras tecnológicas e organizacionais fundamentadas em um estudo racional da realidade social da edificação e de seu processo produtivo, resulta também em uma avaliação incorreta da nova solução apresentada pois não é possível discernir os problemas originados nas características intrínsecas da solução daqueles originados de sua utilização inadequada.

A inovação da edificação ocorre continuamente no tempo acompanhando os constantes desenvolvimentos tecnológicos, políticos, econômicos e culturais. Em boa parte das propostas de inovação, entretanto, são observados grandes fracassos em relação aos resultados previstos. Este fato é consequência da dificuldade em se elaborar modelos fielmente representativos do fenômeno que se pretende inovar e, conseqüentemente, em se definir os parâmetros de avaliação prévia das novas soluções propostas.

GRAZIA (1978) propõe a avaliação dos resultados da inovação considerando necessariamente dois aspectos:

- . os **efeitos diretos**, que são aquelas características que se pretende alterar intencionalmente para se obter maior eficiência no processo produtivo da edificação;

- . os **efeitos indiretos**, que são reações não intencionais provocadas pela inovação sobre a edificação, seu processo produtivo ou seu ambiente que alteram condições influentes na realização dos objetivos estabelecidos.

Observa-se que normalmente são considerados apenas os efeitos diretos da inovação e principalmente aqueles facilmente mensuráveis, evitando a verificação de características subjetivas que apresentam grande dificuldade no arbítrio de parâmetros de avaliação. A indisponibilidade de métodos de avaliação adequados pode ser apontada como a causa principal destas dificuldades em se verificar os efeitos diretos da inovação, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de abordagens científicas da edificação onde sejam identificadas qualitativa e quantitativamente as características esperadas da edificação construída.

A adoção destas abordagens esbarra, entretanto, na inércia dos participantes do processo produtivo da edificação em alterar procedimentos empregados desde há muito tempo. A intervenção sobre o processo estimulando a superação desta inércia é condição inicial para uma melhor previsão dos efeitos diretos da inovação.

A desconsideração dos efeitos indiretos da inovação é decorrente do desconhecimento da estrutura de relações internas do processo produtivo da edificação. As abordagens empíricas tradicionais simplificam demasiadamente o processo, suprimindo quase a totalidade de suas relações internas, impedindo assim a avaliação das reações secundárias às alterações propostas.

Entretanto, a medida que a edificação torna-se mais complexa e aumenta sua influência sobre o comportamento social é obrigatória a consideração dos efeitos indiretos da inovação sob pena de os prejuízos indiretos superarem os benefícios diretos obtidos, resultando em um saldo negativo na proposta de inovação.

Diversos aspectos podem justificar a necessidade da utilização de avaliações mais precisas que considerem os efeitos diretos e indiretos das propostas de inovação. A crescente escassez de recursos disponíveis a baixo custo para serem incorporados ao processo produtivo da edificação é uma prova concreta da impossibilidade de se continuar apenas promovendo alterações aleatórias e experimentais. Não pode ser esquecida também a responsabilidade dos participantes deste processo em produzir edificações em quantidade e qualidade suficientes para satisfazer esta necessidade social.

Portanto, a utilização de novos modelos cognitivos é condição necessária à inovação da edificação, desta forma racionalizando o desenvolvimento de novas soluções, possibilitando uma previsão mais precisa

de seus resultados e assegurando, conseqüentemente, uma certeza maior no sucesso das alterações propostas.

Finalmente é necessário salientar que um aspecto importante na adoção destas novas abordagens é a observação da edificação sempre vinculada ao seu ambiente físico e institucional, resgatando a consideração de condições tradicionalmente omitidas no estudo da edificação, principalmente as condições políticas e culturais, injustificadamente desconsideradas na abordagem de um fenômeno caracteristicamente social.

6.2 A tendência de inovação da edificação: o papel da abordagem sistêmica

Nos últimos 60 anos a industrialização tem sido a estratégia de inovação mais acentuada da edificação. A tentativa de acompanhar o desenvolvimento tecnológico de outras atividades econômicas e as restrições impostas constantemente pela escassez de recursos para atender a demanda por edificações determinaram a gradativa substituição das técnicas artesanais características dos processos produtivos tradicionais por técnicas industrializadas visando aumentar a produtividade da utilização dos recursos e a qualidade do produto final, definindo assim a industrialização como a tendência para a inovação da edificação.

Como qualquer estratégia de inovação a industrialização é um processo evolutivo, que não tem ocorrido de forma estável e contínua mas em ciclos de rápido desenvolvimento e posterior estagnação, sempre em função das condições ambientais a que o processo produtivo da edificação está submetido. Isto explica a involuntária coexistência dentro do processo de técnicas construtivas quase totalmente artesanais e modernas técnicas industrializadas, resultando em uma confusa mistura que exige grande esforço para sua harmonização.

Agravando as conseqüências desta evolução irregular a maioria das propostas de industrialização da edificação limita seus objetivos à elaboração de um novo produto ou de uma nova técnica construtiva adequada a uma situação específica, pouco contribuindo para o desenvolvimento da

edificação. Isto não anula a validade das propostas realizadas mas evidencia uma dificuldade em se utilizar plenamente a industrialização pelo desconhecimento de suas características.

BLACHERE (em GRAZIA, 1978) define a industrialização da edificação através da seguinte expressão:

Industrialização = Racionalização + Mecanização + Automação

Observando esta expressão constata-se que embora utilize termos diferentes para definir suas variáveis ela considera os dois mecanismos identificados para o processo de inovação. Por um lado as inovações organizacionais são representadas pelo termo racionalização, o qual está relacionado com uma revisão conceitual do processo produtivo da edificação com o objetivo de se criar condições favoráveis ao desenvolvimento do processo e viabilizar a utilização de novos materiais, técnicas construtivas ou procedimentos de controle. Por outro lado as inovações tecnológicas são consideradas através dos termos mecanização e automação, que se referem diretamente à substituição de técnicas construtivas artesanais por técnicas construtivas mecanizadas mas indiretamente expressam quaisquer alterações tecnológicas incorporadas ao processo.

Embora os termos mecanização e automação sejam variáveis importantes no estudo da industrialização, conferindo-lhe a característica de minimização do esforço para a produção repetida de uma parte da edificação, especial atenção deve ser dada ao termo racionalização. Para SULLIVAN (1980) a questão da industrialização consiste principalmente na inovação organizacional antes que na inovação tecnológica, ou seja, consiste em novos meios de se estruturar o processo produtivo da edificação. DAVIDSON (em Information ... , 1977) fazem semelhante afirmação ao definir a organização do processo como a primeira e principal questão da industrialização, a qual está antes relacionada com um método que propriamente com um produto.

As inovações organizacionais são portanto a chave da industrialização da edificação. A realização destas inovações, entretanto, está relacionada com o abandono dos modelos empíricos tradicionalmente empregados em favor de novos modelos cognitivos da edificação que possibilitem uma abordagem racional deste fenômeno.

Procurando atender esta necessidade são desenvolvidos os estudos da abordagem sistêmica da edificação, onde essencialmente é proposta uma revisão conceitual do fenômeno reorientando seu processo produtivo e elaborando novos modelos cognitivos com o objetivo de possibilitar uma abordagem intelectual e crítica para a produção de conhecimento sobre a edificação.

Em primeiro lugar, a abordagem sistêmica define precisamente os objetivos do processo produtivo da edificação, determinando assim as diretrizes da inovação do processo. A expressão clara destas diretrizes transforma-as em parâmetros de avaliação das novas soluções propostas, delineando em termos gerais os resultados esperados da inovação. Esta definição de diretrizes é fundamental para se coordenar as diversas propostas de inovação da edificação, não mais efetuadas em tentativas isoladas e praticamente restritas ao objetivo específico de um participante do processo mas obedecendo um plano de desenvolvimento estabelecido através de critérios racionais, o que traz como consequência uma sensível aceleração na realização dos objetivos definidos.

Mas é na proposição de novos modelos cognitivos que a abordagem sistêmica da edificação representa um instrumento valioso à inovação. Seu objetivo declarado de propor uma estrutura intelectual e crítica para a produção de conhecimento sobre a edificação, tanto a um nível físico quanto a um nível organizacional, satisfaz a necessidade fundamental de se abordar racionalmente a inovação, assegurando assim maior segurança na realização dos objetivos definidos.

A explicitação dos elementos constituintes da edificação e sua interação, a identificação dos participantes do processo produtivo da edificação definindo suas atribuições e suas relações são informações obtidas dos modelos cognitivos baseados na abordagem sistêmica que permitem a avaliação dos efeitos diretos e indiretos das novas soluções propostas, facilitando a tomada de decisões a respeito das estratégias mais eficientes para a inovação da edificação.

A abordagem sistêmica é, portanto, um instrumento de racionalização das intervenções realizadas sobre a edificação. Seu uso em substituição às abordagens empíricas tradicionalmente empregadas é o

primeiro passo para a adoção de um enfoque científico do fenômeno edificação.

CONCLUSÕES

Embora o grande número de participantes envolvidos no processo produtivo da edificação, a diversidade das atividades por eles realizadas, as intensas relações internas do processo e o grande número de partes constituintes da edificação caracterizem um elevado nível de complexidade do fenômeno pode se afirmar que a razão principal da dificuldade em se compreender a produção de edificações é decorrente das limitações das abordagens exclusivamente empíricas tradicionalmente empregadas.

O desperdício dos recursos ineficientemente aproveitados e a pequena certeza de se atingir os objetivos definidos para a produção de edificações são características de difícil correção através da utilização de conhecimento exclusivamente experimental. Isto indica a necessidade de se abandonar as abordagens puramente empíricas substituindo-as por novas abordagens que possibilitem a compreensão do fenômeno, o que irá se refletir em um melhor planejamento da ação dos participantes do processo produtivo da edificação e na racionalização de todas suas partes constituintes.

O primeiro passo para isto é a adoção de um novo processo cognitivo deste fenômeno, necessariamente considerando o contexto real onde ele está inserido pois todo processo de produção do conhecimento desvinculado da realidade é nulo. Cabe aqui ressaltar que tradicionalmente a prática acadêmica do estudo da edificação (e também da maioria dos fenômenos reais) não atende esta condição, terminando por elaborar soluções para problemas idealizados e abstratos, pouco contribuindo para a intervenção sobre os problemas reais.

Qualquer instrumento cognitivo que considere a realidade e tenha por finalidade a racionalização da edificação é válido à medida que permita uma ação intelectualizada de planejamento da edificação onde o desenvolvimento de seu processo produtivo e as inovações a ele propostas

sejam fundamentadas em um conjunto mais preciso e detalhado de informações alcançando, conseqüentemente, melhores resultados ao final do processo.

A abordagem sistêmica é um destes instrumentos cognitivos. Sua intervenção sobre a produção de edificações ocorre antes na proposição de uma estrutura racional para o conhecimento existente e em desenvolvimento sobre a edificação e seu processo produtivo que propriamente alterando características físicas da edificação acabada.

Esta nova abordagem envolve uma revisão conceitual do fenômeno, redefinindo inclusive seus objetivos através da reformulação da questão de estudo. Na abordagem sistêmica os estudos realizados não se restringem a verificar a qualidade técnica da edificação produzida mas se amplia a avaliar a necessidade social de se produzir a edificação.

Os modelos sistêmicos mais comuns não atendem, entretanto, à necessidade de elaborar informações ao nível operacional de intervenção sobre a produção de edificações devido à dificuldade em se desenvolver modelos a um nível tão detalhado, o que exigiria demasiado esforço para a solução de um caso particular apenas, mesmo se dispendo de equipamentos de rápido processamento de informações para se operar modelos complexos. A complexidade do fenômeno indica como estratégia mais eficiente a elaboração de modelos mais genéricos com o objetivo de orientar as decisões operacionais, não substituindo mas auxiliando a tomada de decisões.

Deve ser salientado que os modelos baseados na abordagem sistêmica são apenas mais um instrumento cognitivo aplicável à produção de edificações. A utilização desta ou de outras abordagens é, portanto, de livre escolha do observador do fenômeno, salientando-se que o respeito às características do fenômeno real sob estudo e a expressão clara das intenções do observador para selecionar o instrumento cognitivo mais adequado são diretrizes básicas para se produzir e difundir o conhecimento sobre a produção de edificações.

BIBLIOGRAFIA

01. ACKOFF, R.L. Towards a system of systems concepts. In: COUGER, J.D. and KNAPP, R.W., eds. **System analysis techniques**. New York, John Wiley, 1974. cap.2, p.27-38.
02. ARNOLD, C. SCSD:pioneer effort in systems approach to building construction. **Civil Engineering**, New York, ASCE 39(4):41-5, Apr. 1969.
03. AWAD, E.M. The systems concept and information systems. In: ----- **Systems analysis and design**, Homewood, Richard Irwing, 1979. cap.1, p.2-25.
04. BENES, J. et alii. **The process of innovation in building industry**. 6 p. mimeogr. Trabalho apresentado na Conference on Innovating Technologies in Building, CSTB, Paris, 8-10 Nov. 1983.
05. BERTALANFFY, L.von. The history and status of general systems theory. In: COUGER, J.D. and KNAPP, R.W., eds. **System analysis techniques**. New York, John Wiley, 1974. cap.1, p.9-26.
06. ----- . Teoria geral dos sistemas. 2.ed. Petrópolis, Vozes, 1968. 351p.
07. BLACH, K. Expressing performance values in banded levels. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60. **Performance test methods and the interpretation of results**. Rotterdam, 1979. 31p. (CIB/W60 Working Papers)

08. -----, Survey of objectives and circumstances for work with the performance concept. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60. **The relative significance of different performance requirements.** Rotterdam, 1981. 33p. (CIB/W60 Working Papers)
09. BLACHERE, G. Liste des exigences humaines. **Bâtiment International**, Rotterdam, 4(6):380-5, Nov./Dec. 1971.
10. BLANCHARD, B.S. e FABRYCKY, W.J. System definition and concepts. In: ----- **Systems engineering and analysis**. 1.ed. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1981. pt.1, p.2-17.
11. CAMOUS, R. The performance concept and the evaluation of building products. **Industrialization Forum. Building**, Montreal, 3(3):5-12, Feb. 1972.
12. CHRISTENSEN, G. Developments of performance test methods - some considerations. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60. **Performance test methods and the interpretation of results.** Rotterdam, 1979. (CIB/W60 Working Papers).
13. CHURCHMAN, C.W. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2.ed. Petrópolis, Vozes, 1972. 309p.
14. CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60.- **CIB master list of headings for the arrangement and the presentation of information in technical documents for design and construction.** Rotterdam, 1983. 20p. (CIB Report. Publication 18)
15. -----, **Working with the performance approach in building.** Rotterdam, 1982. 30p. (CIB Report. Publication 64)

16. CROMBERG, T. Notes on methods for selecting performance criteria. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60. **Setting performance criteria for building products**. Rotterdam, 1977. 34p. (CIB/W60 Working Papers)
17. ----- . **Performance requirements for buildings - a study based on user activities**. Stockholm, Swedish Council for Building Research, 1975. 83p. (Document D3)
18. EDUCATIONAL FACILITIES LABORATORIES. **SCSD: the project and the schools**. New York, 1963. 96p.
19. GARCIA MESEGUER, A. Actuaciones para mejorar la seguridad y calidad de los edificios. **Informes de la Construcción**, Madrid, (317):25-39, Ene./Feb. 1980.
20. GIBSON, . Introduction. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION . Working Commission W60. **The relative significance of different performance requirements**. Rotterdam, 1981. 33p. (CIB/W60 Working Papers).
21. GRAZIA, S. **Estratégias de inovação para a racionalização da construção habitacional e escolar**. Porto Alegre, CPBEC-UFRGS, 1978. 18p.
22. GRIFFIN Jr, C.W. **Systems: an approach to school construction**. New York, Educational Facilities Laboratories, 1971. 96p.
23. HANDLER, B. **Systems approach to architecture**. New York, American Elsevier, 1970. 184p.
24. HARRISON, H.W. Identifying priorities for performance attributes. In: CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W60. **The relative significance of different performance requirements**. Rotterdam, 1981. 33p. (CIB/W60 Working Papers)

25. ----- **Performance specifications for building components.** London, Building Research Station, 1969. 11p. (Current Paper 37)
26. HARRISON, M.W. et alii. **Performance parameters and performance specifications in architectural design.** London, Building Research Station, 1969. 10p. (Current Paper 23)
27. INFORMATION about building systems: "overview of industrialized building systems" - a conference. **Industrialization Forum. Building**, Montreal, 8(4-5):85-96, Nov. 1977.
28. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in buildings - definitions and means of expression for the performance of a whole building: ISO/DP 7164.** (Geneva), 1985. 14p.
29. KERSHNER, R.B. A survey of systems engineering tools and techniques. In: FLAGLE, C.D.; HUGGINS, W.H.; ROY, R.H. eds. **Operations research and systems engineering.** Baltimore, John Hopkins Press, 1960. p.140-72.
30. LOS, M. Some reflections on epistemology, design and planning theory. In: DEAR, M and SCOTT, R.J., eds. **Urbanization and urban planning in capitalist society**, New York, Methven, 1981. p.63-88.
31. METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD. **Introduction to the first SEF building system.** Toronto, 1968. (SEF Report T1)
32. METROPOLITAN TORONTO SCHOOL BOARD. **SEF building system.** Toronto, 1970. (SEF Report T7)
33. MILES Jr, R.F. Introduction. In: ----- **Systems concepts: lectures on contemporary approaches to systems.** New York, John Wiley, 1973. p.1-11.
34. NISSEN, H. **Construccion ndustrializada y disenno modular.** Madrid, Blume, 1972. 480p.
35. OPTNER, S.L. Natureza dos sistemas. In: ----- **Análise dos sistemas empresariais.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1973. cap.2 p.22-55.

36. PHILLIPS, D.T.; RAVIDRAN, A.; SOLBERG, J.J. . Introduction. In:-----
Operations Research: principles and practice. New York, John Wiley,
1976. p.1-11.

37. RAMO, S. The systems approach. In: MILES Jr, R.F., ed. **Systems
concepts: lectures on contemporary approaches to systems.** New York,
John Wiley, 1973. p.13-32.

38. SULLIVAN, B.J. **Industrialization in the building industry.** New York,
Van Nostrand Reinhold, 1980. 253p.

ANEXO I

A UTILIZAÇÃO DO CONCEITO DE DESEMPENHO

Tradicionalmente os participantes do processo produtivo da edificação utilizam sua experiência anterior com técnicas e materiais conhecidos para prever o comportamento futuro de uma edificação a ser produzida.

Os procedimentos comuns de produção e avaliação de novos produtos de construção utilizados na edificação têm sido a simples comparação com produtos já existentes procurando assegurar que os novos produtos sejam tão bons ou melhores que aqueles conhecidos, pelo menos nas propriedades consideradas essenciais. Estes procedimentos são bastante questionáveis pelo desconhecimento se as propriedades dos produtos existentes são realmente essenciais e se elas são satisfatórias, o que restringe severamente o desenvolvimento de novos produtos pela falta de informações. A rejeição a novos produtos pode ocorrer, assim, não pela sua falta de qualidade mas pela incapacidade em se avaliar suas propriedades.

Desta forma as dificuldades na introdução de inovações na edificação e em seu processo produtivo, bem como a tendência à especialização dos participantes deste processo em um grupo de atividades cada vez mais restrito, evidenciam as limitações deste procedimento tradicional e indicam a necessidade da adoção de novas bases conceituais para o processo produtivo da edificação.

Procurando superar estas limitações foi desenvolvido o conceito de desempenho cujo objetivo é tornar explícitas as propriedades realmente necessárias de um produto de construção definindo também os métodos para se avaliar sua obtenção.

Como resultado da adoção deste novo conceito obtém-se uma nova estrutura de organização interna do processo produtivo da edificação a partir do estabelecimento de uma linguagem técnica comum a todos os seus participantes, simplificando assim a comunicação interna do processo e possibilitando seu desenvolvimento mais estável. Esta característica significa um importante avanço na evolução deste processo pois cria maior liberdade para se inovar em termos de materiais, formas, métodos de fabricação e montagem, permitindo a utilização plena das potencialidades dos participantes do processo produtivo da edificação em seu desenvolvimento.

A utilização do conceito de desempenho implica na clara definição do comportamento esperado de um produto de construção (seja ele um material, um componente ou uma edificação inteira) ou de um processo produtivo (pode ser uma atividade isolada ou um grupo coordenado de atividades) sem a descrição de como este produto ou processo deve ser.

O CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT - WORKING COMMISSION 60 - CIB/W60 (1982) descreve a utilização do conceito de desempenho como a prática de pensar e trabalhar em termos de fins antes que de meios, o que não significa que os meios são desprezados mas que sua consideração ocorre através dos fins alcançados. Segundo CAMOUS (1972) o conceito de desempenho é o elo de ligação entre a identificação de uma necessidade dos usuários da edificação e a proposição de uma solução física que satisfaz esta necessidade. A norma da INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO/DIS 7164 (1985) define o desempenho como o comportamento de uma edificação ou de um produto de construção em relação ao seu uso.

A difusão do conceito de desempenho em centros de estudo da edificação de diversos países criou no desenvolvimento do conceito uma dificuldade de uniformização do significado de cada termo empregado. Embora não existam definições contraditórias as variações em seus significados introduzem uma complicação adicional principalmente quando da tradução de informações em línguas diferentes.

Para se compreender melhor a utilização deste conceito é necessária, portanto, a unificação das definições utilizadas, a qual deve resultar da integração das diversas nomenclaturas empregadas. As definições apresentadas a seguir são baseadas na nomenclatura utilizada pelo CIB/W60,

que é um grupo internacional voltado para o desenvolvimento do conceito de desempenho.

- **Necessidades dos usuários** (user needs) são enunciados qualitativos que descrevem genericamente os objetivos que a edificação deve alcançar para a realização normal das atividades de seus usuários, considerados não apenas os ocupantes diretos da edificação mas também não ocupantes a ela relacionados.

- **Agentes ambientais relevantes** (relevants agents) são aquelas variáveis do ambiente físico e institucional influentes sobre a edificação e seus usuários, descritas a princípio apenas qualitativamente.

- **Requisitos dos usuários** (user requirements) são os níveis de desempenho que devem ser mantidos na edificação para a realização normal das atividades de seus usuários. O termo requisitos dos usuários inclui aspectos técnicos, fisiológicos, psicológicos e sociológicos definidos quantitativamente considerando a finalidade da edificação sem avaliar entretanto sua localização, ou seja, sem considerar suas condições de exposição.

- **Condições de exposição** (context) são descrições quantitativas do ambiente físico e institucional onde se localiza a edificação, as quais são específicas para cada caso estudado.

- **Requisitos de desempenho** (performance requirements) são definições quantitativas das características que a edificação deve apresentar para permitir um uso específico em um local em particular.

- **Requisitos essenciais** (performance criteria) são aqueles requisitos de desempenho mais importantes para a manutenção do nível de desempenho da edificação necessário para a realização normal das atividades de seus usuários.

- **Propriedades em uso** (properties) são as características apresentadas por um produto de construção quando submetido a um determinado conjunto de condições ambientais, as quais estão relacionadas com o comportamento em uso da edificação e não simplesmente com aspectos físicos de seus materiais constituintes.

- **Métodos de teste de desempenho** (performance test methods . PTM) são procedimentos desenvolvidos para simular o comportamento em uso de uma edificação cujo objetivo é traduzir seu comportamento real de uso em propriedades suficientemente simples para uma avaliação operacional de projeto, desenvolvimento e seleção de um produto de construção.

- **Atributos de desempenho** (performance attributes, performance characteristics) são a expressão do comportamento em uso de um produto de construção ou de uma edificação.

A utilização do conceito de desempenho pode ser observada sob dois aspectos principais:

- . a determinação dos requisitos essenciais de um produto de construção ou de uma edificação;
- . a avaliação e controle do comportamento em uso de um produto de construção ou de uma edificação.

A **determinação dos requisitos essenciais de um produto de construção ou de uma edificação** (figura I.1) é o primeiro aspecto da utilização do conceito de desempenho, onde se realiza um processo de tradução das necessidades dos usuários da edificação em expressões técnicas que permitem a produção e seleção de produtos de construção que combinados resultam em uma edificação que satisfaz estas necessidades. O esquema apresentado na figura I.1, baseado principalmente em publicações do CIB/W60, procura representar as etapas constituintes deste processo.

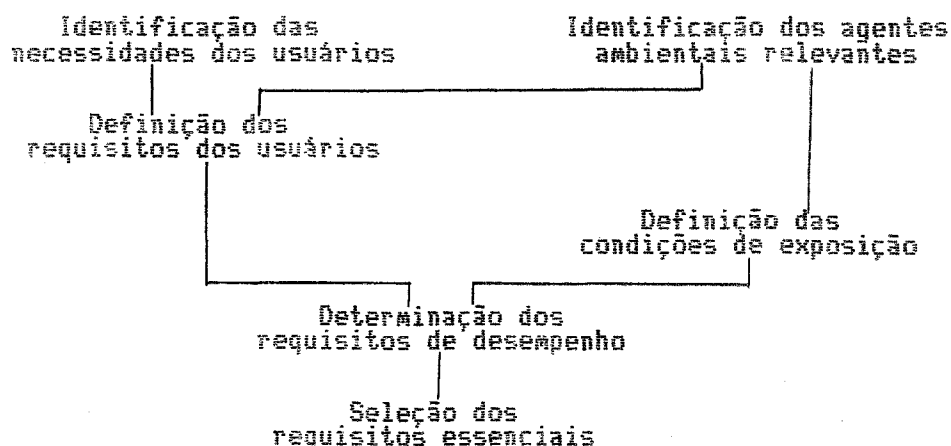


FIGURA I.1 - Primeiro aspecto da utilização do conceito de desempenho: a determinação dos requisitos essenciais de um produto de construção

A identificação das necessidades dos usuários é a etapa inicial do processo onde se enuncia em linhas gerais a edificação a ser produzida.

A ação inicial desta etapa é a definição de quem são os usuários da edificação a serem considerados. O CIB/W60 (1982) define os usuários não apenas como os ocupantes permanentes da edificação mas também os não ocupantes a ela ligados (pessoal de manutenção, por exemplo). Esta definição é bastante correta a medida que chama a atenção para a consideração de usuários normalmente esquecidos devido às características de seu uso ou intervenção na edificação.

CROMBERG (1975) propõe o estudo das atividades realizadas pelos usuários como base para a identificação de suas necessidades (figura 1.2) resultando na elaboração de listagens a partir da definição de um conjunto de atividades normais de um grupo de usuários tipificado (figura 1.3). O uso destas listagens serve de base para a avaliação de uma edificação inteira, mas principalmente quando da avaliação de um produto de construção isolado seu uso é bastante vantajoso pois elas expressam claramente aquelas características que este produto deve apresentar para atingir seus objetivos.

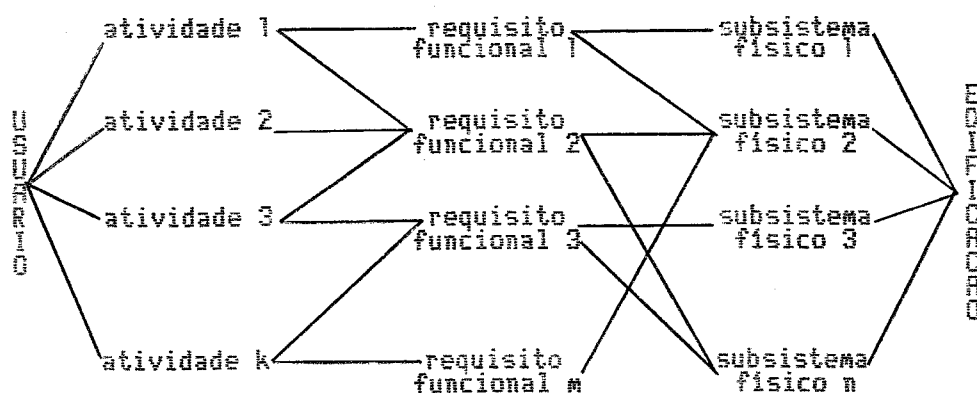


FIGURA 1.2 - Um modelo para relacionar as características dos subsistemas físicos constituintes da edificação com as atividades dos seus usuários (baseado em CROMBERG)

LISTA DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS DA EDIFICAÇÃO

- 01. Necessidades de estabilidade estrutural**
 - . resistência mecânica ações estáticas e dinâmicas
 - . efeitos cíclicos (fadiga)
- 02. Necessidades de segurança ao fogo**
 - . risco de propagação das chamas
 - . efeitos fisiológicos (controle de fumaça e ventilação)
 - . tempo de alarme, tempo de evacuação e tempo de sobrevivência
- 03. Necessidades de segurança ao uso**
 - . proteção contra explosões e queimaduras
 - . proteção contra movimentos mecânicos
 - . proteção contra choques elétricos
 - . proteção contra radioatividade
 - . segurança durante movimentos e circulação
 - . segurança contra intrusão humana ou animal
- 04. Necessidades de estanqueidade**
 - . estanqueidade à água
 - . estanqueidade ao ar
 - . controle da intrusão de poeira
- 05. Necessidades de conforto higrotérmico**
 - . controle da temperatura do ar e radiação térmica
 - . controle da velocidade e umidade do ar
 - . controle de condensação
- 06. Necessidades de pureza do ar**
 - . ventilação
 - . controle de odores
 - . controle de gases tóxicos
- 07. Necessidades de conforto acústico**
 - . controle de ruídos (contínuos e intermitentes)
 - . inteligibilidade do som
 - . tempo de reverberação
- 08. Necessidades de conforto visual**
 - . controle de iluminação natural e artificial
 - . insolação
 - . nível de iluminância e contrastes de luminâncias
 - . possibilidade de escurecimento
 - . aspectos de acabamentos (cor, textura, regularidade)
 - . contato visual, internamente e com o mundo exterior
- 09. Necessidades de conforto tátil**
 - . aspereza e flexibilidade das superfícies
 - . umidade e temperatura nas superfícies
 - . ausência de descargas de eletricidade estática
- 10. Necessidades de conforto antropodinâmico**
 - . limitação de acelerações e vibrações
 - . conforto do pedestre em áreas ventosas
 - . aspectos de resistência e manobrabilidade humana
- 11. Necessidades de higiene**
 - . instalações para o cuidado do corpo humano
 - . suprimento de água limpa
 - . evacuação de águas servidas, materiais e fumaça
- 12. Necessidades de adequabilidade a usos específicos**
 - . número, tamanho, geometria e inter-relações dos espaços
 - . provisão de serviços e equipamentos
 - . flexibilidade
- 13. Necessidade de durabilidade**
 - . conservação do desempenho durante toda a vida útil
 - . possibilidade de manutenção e reposição
- 14. Necessidades de economia**
 - . custos de implantação
 - . custos financeiros
 - . custos de operação e manutenção

FIGURA 1.3 - Lista das necessidades dos usuários da edificação

(baseada na lista proposta pela ISO/DP 6241)

condições de exposição anteriormente definidas.
estabelecimento de uma correlação entre os requisitos dos usuários e as
A determinação dos requisitos de desempenho é realizada através do

características do ambiente físico e institucional da edificação.
edificações diferentes, ou mesmo através da intervenção sobre as
edificação através da possibilidade de opção entre locais ou tipos de
variáveis relativamente manipuláveis dentro do processo produtivo da
É interessante salientar que as condições de exposição são

edificação em uso.
uma região ou de um tipo de projeto, sendo aplicadas sempre considerando a
As condições de exposição são, portanto, condicionantes características de
valores para os agentes ambientais relevantes anteriormente identificados.
A definição das condições de exposição consiste na determinação de

traduzidos em termos quantitativos.
seguir, conforme a disponibilidade tecnológica, estes enunciados são
descrevendo genericamente as condições que a edificação deve satisfazer. A
localização. Inicialmente estes requisitos são enunciados qualitativamente,
por uma edificação para um uso específico mas independente de sua
(1982) diz que os requisitos dos usuários definem condições e serem providas
Procurando estabelecer a amplitude do uso do termo, o CIB/M60

ao desempenho da edificação identificados anteriormente.
correlação das necessidades dos usuários e dos agentes ambientais relevantes
A definição dos requisitos dos usuários ocorre através da

forma genérica o cenário onde se localiza a edificação.
ambientais são observados apenas qualitativamente procurando se definir de
ambientais possíveis (figura 1.4). Nesta etapa do processo os agentes
sendo definidos normalmente a partir de listas exaustivas de agentes
Estes agentes podem ter origem interna ou externa à edificação,

edificação.
A identificação dos agentes ambientais relevantes ao desempenho da
Paralelamente à identificação das necessidades dos usuários ocorre

LISTA DOS AGENTES ATUANTES SOBRE A EDIFICAÇÃO

NATUREZA	Exterior à edificação		ORIGEM	
	atmosfera	solo	consequência do uso	Interior à edificação consequência de concepção
1. Agentes mecânicos				
1.1 Gravidade	Cargas de neve, gelo e chuva	pressão do solo, pressão de água	sobrecargas de uso	cargas permanentes
1.2 Forças e deformações impostas ou restritas	Pressão de gelo, dilatação térmica e higroscópica	escorregamentos, recalques	esforços de manobra	retrações, fluência, forças e deformações impostas
1.3 Energia cinética	Vento, granizo, impactos externos		abrasão, impactos internos	golpes hidráulicos
1.4 Vibrações e ruídos	Ruídos exteriores, rajadas de vento, trovões, explosões	sismos, tráfego, vibrações exteriores de maquinaria	ruídos internos, vibrações interiores de maquinaria	ruídos e vibrações da edificação
2. Agentes eletro-magnéticos				
2.1 Radiação	Radiação solar, radioatividade		equipamentos radioativos, lâmpadas	painel radiante
2.2 Eletricidade	Descargas atmosféricas	correntes parasitárias		eletricidade estática, instalações elétricas
2.3 Magnetismo			campos magnéticos	campos magnéticos
3. Agentes térmicos				
3.1 Temperatura	Aquecimento e esfriamento do ar, choque térmico	aquecimento e resfriamento do solo	calor emitido por cigarros ou objetos em chamas	aquecimento, incêndios devidos a superaquecimento, defeitos nas instalações elétricas
4. Agentes químicos				
4.1 Água e solventes	Umidade do ar, condensação, precipitação	águas superficiais, águas subterrâneas	águas de lavagem, alcoóis, detergentes	instalações hidráulicas e sanitárias, infiltrações
4.2 Oxidantes	Oxigênio, ozônio, óxidos de nitrogênio		alvejantes, água oxigenada	potenciais eletro-químicos positivos
4.3 Redutores		sulfatos	agentes de combustão, amônia	potenciais eletro-químicos negativos, agentes de combustão
4.4 Ácidos	Excrementos de pássaros, ácido sulfúrico, ácido carbônico	ácido carbônico, ácidos húmicos	vinagre, ácido cítrico, ácido carbônico	ácido sulfúrico, ácido carbônico
4.5 Bases		cales	hidróxidos de sódio, amônio e potássio	hidróxido de sódio, cales, cimentos
4.6 Sais	Névoa salina	nitratos, fosfatos, cloretos, sulfatos	cloreto de sódio	cloreto de cálcio, sulfatos, gesso
4.7 Matérias inertes	Poeira	calcário, sílica	gorduras, óleos, tintas, poeira	gorduras, óleos, poeiras, sujeira
5. Agentes biológicos				
5.1 Micro-organismos e vegetais	Bactérias, grãos	bactérias, cogumelos, fungos e raízes	plantas domésticas, bactérias	
5.2 Animais	Insetos, pássaros	roedores	animais domésticos, seres humanos	

na lista proposta pela ISO/DP (2411)

FIGURA 1.4 - Lista de agentes atuantes sobre a edificação (baseada

Segundo o CIB/M60 (1982) os requisitos de desempenho definem em

termos quantitativos as características a serem apresentadas pela

edificação, normalmente para um uso específico, em um lugar determinado e

refletindo algumas decisões de projeto particulares.

A expressão dos requisitos de desempenho é feita através de

descrições voltadas unicamente aos objetivos a serem atingidos e não aos

meios utilizados para isto, denominadas especificações de desempenho. A

proposição de especificações de desempenho puras, totalmente independentes

de qualquer solução física em particular, é um objetivo de difícil

realização devido à tradição de se descrever materiais e formas dos produtos

de construção antes das características funcionais que estes produtos

devem apresentar e também pelas limitações tecnológicas a uma avaliação

funcional destes produtos. Deve se ressaltar, entretanto, que as restrições

quanto aos meios de obtenção dos requisitos de desempenho determinados devem

ser introduzidas apenas quando justificadas.

A seleção dos requisitos essenciais é basicamente uma tentativa de

racionalizar o trabalho dispendido na utilização do conceito de desempenho.

A consideração de todos os aspectos potencialmente relevantes dos requisitos

de desempenho tornariam as listas de especificações muito grandes e de

difícil manuseio, exigindo ainda um gasto elevado de recursos na avaliação

da satisfação destes requisitos (GIBSON, 1981).

Quando do desenvolvimento de um novo produto de construção ou em

edificações altamente inovadoras é necessária a consideração de todos os

requisitos de desempenho anteriormente determinados devido ao

desconhecimento da importância relativa de cada requisito. Já em situações

comuns, como por exemplo a escolha de um elemento de construção entre

aquelas disponíveis no mercado, esta consideração abrangente é dispensável

podendo se concentrar a atenção sobre os requisitos de desempenho mais

importantes.

Não existe uma regra universal para a seleção dos requisitos

essenciais pois esta seleção depende de circunstâncias específicas de cada

situação de uso, podendo entretanto ser propostos alguns métodos para a

realização deste processo de seleção. CROMBERG (1977) relaciona os seguintes

métodos:

- . Seleção baseada em análises subjetivas:
 - por um indivíduo;
 - por um grupo;
- . Seleção baseada na disponibilidade de métodos de teste;
- . Seleção baseada em análise funcional;
- . Seleção baseada em informações sobre produtos em uso:
 - registros de falhas e reclamações;
 - inspeção de produtos em uso;
- . Seleção baseada no estudo dos requisitos dos usuários.

Embora o mecanismo de cada um destes métodos seja diferente seu objetivo principal é comum, ou seja, a correta avaliação das necessidades dos usuários da edificação. É importante salientar que estes métodos não são mutuamente excludentes, sendo comum o emprego de dois ou mais deles na seleção dos requisitos essenciais de um caso particular (CIB/W60,1982).

Independentemente do método adotado HARRISON (1981) relaciona diferentes enfoques para selecionar os requisitos essenciais:

- . A partir de uma relação exhaustiva dos requisitos de desempenho eliminando os requisitos considerados irrelevantes e produzindo listas abrangentes e completas dos requisitos essenciais, salientando-se entretanto a tendência destas listas serem demasiadamente grandes dificultando sua utilização;

- . A partir da agregação de requisitos considerando inicialmente apenas os requisitos de desempenho básicos e após acrescentando novos requisitos, aumentando gradualmente a precisão e a complexidade das especificações;

- . A partir da adaptação de especificações de produtos existentes, com as exclusões e adições apropriadas.

É interessante notar que para qualquer enfoque escolhido é importante que se correlacione a lista de requisitos essenciais obtida com uma lista de requisitos de desempenho completa, obrigando que de uma forma ou de outra o primeiro enfoque seja sempre utilizado.

A avaliação e controle do comportamento em uso de um produto de construção ou de uma edificação (figura 1.5) é o segundo aspecto da utilização do conceito de desempenho onde se realiza um processo de

proposição de uma solução física para uma necessidade dos usuários da edificação, consistindo na avaliação do nível de desempenho real dos produtos de construção disponíveis quando submetidos às situações de uso previstas e na análise da adequabilidade destes produtos para cada caso estudado.

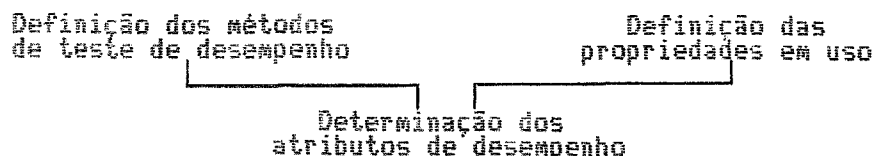


FIGURA 1.5 - Segundo aspecto da utilização do conceito de desempenho: a avaliação e controle do comportamento em uso de um produto de construção

Neste processo são obtidas informações que permitem a avaliação da eficiência da produção dos produtos de construção bem como a escolha ótima entre os diversos produtos disponíveis no mercado. O esquema apresentado na figura 1.4, baseado principalmente em publicações do CIB/W60, procura representar as etapas constituintes deste processo.

No processo de proposição de uma solução física que satisfaz as necessidades dos usuários da edificação a primeira etapa é a **definição das propriedades em uso** a serem avaliadas. Nesta etapa são estabelecidas as variáveis de controle da qualidade das soluções físicas propostas cuja quantificação determinará a aceitabilidade ou não de um produto de construção.

Deve ser evidenciada a distinção entre as propriedades em uso de um produto de construção, relacionadas com o seu comportamento em uso, e as propriedades físicas deste produto, relacionadas com características intrínsecas dos seus materiais constituintes. Isto não impede que uma propriedade física do produto seja utilizada como propriedade em uso mas isto só é válido quando claramente justificado. Uma lista das propriedades em uso de uma edificação, proposta pelo CIB/W60 (1983), é apresentada na figura 1.6.

LISTA DAS PROPRIEDADES EM USO

01. **Propriedades ativas**
 - . capacidade
 - . produção
 - . consumo
02. **Propriedades estruturais e mecânicas**
 - . resistência à compressão
 - . resistência à tração
 - . resistência ao corte
 - . módulo de elasticidade estático
 - . módulo de elasticidade dinâmico
 - . coeficiente de atrito
 - . esbeltez
03. **Propriedades relacionadas à resistência ao fogo**
 - . combustibilidade e inflamabilidade
 - . resistência à propagação superficial de chamas
 - . liberação de calor, fumaça e gases
 - . penetração de calor, fumaça e gases
 - . estabilidade e integridade estrutural
04. **Propriedades da matéria**
 - . estanqueidade a gases (ar) e líquidos (água)
 - . resistência ao vapor d'água
 - . viscosidade
 - . capilaridade e porosidade
 - . capacidade de absorção de gases e líquidos
 - . solubilidade
 - . resistência à ação de solventes, ácidos e álcalis
 - . resistência à corrosão
 - . resistência a efeitos foto-químicos
05. **Propriedades biológicas**
 - . resistência ao ataque de fungos e bactérias
 - . resistência ao ataque de vegetais e animais
06. **Propriedades térmicas**
 - . coeficiente de dilatação térmica
 - . calor específico
 - . temperaturas máxima e mínima de serviço
 - . condutividade e difusividade
 - . coeficiente de transmissão de calor (valor U)
 - . capacidade de calor
 - . admitância, absorvência e emissividade
07. **Propriedades óticas**
 - . transmitância
 - . absorvência
 - . refletância especular, difusa e total
 - . opacidade
 - . luminância
 - . intensidade de iluminação
08. **Propriedades acústicas**
 - . absorção e reflexão sonora
 - . tempo de reverberação
 - . resistência à ruídos aéreos
 - . resistência a ruídos de vibração
09. **Propriedades eletro-magnéticas**
 - . intensidade de campo elétrico
 - . potencial, resistência e capacitância
 - . reação a efeitos eletro-magnéticos e eletrostáticos
 - . reação à radioatividade
 - . ionização
10. **Propriedades de reação ao uso**
 - . vida útil
 - . durabilidade
 - . confiabilidade
 - . agressividade do uso

FIGURA 1.6 - Lista das propriedades em uso de um produto de construção (baseada na lista proposta pelo CIB/W60)

Simultaneamente à definição das propriedades em uso deve ocorrer também a **definição dos métodos de teste de desempenho**, que serão os procedimentos utilizados para medir os valores das variáveis de controle de qualidade das soluções físicas propostas.

CHRISTENSEN (1979) faz algumas considerações a respeito das características que os métodos de teste de desempenho devem apresentar:

- . E desejável que o método de teste de desempenho seja independente do produto de construção a ser testado;

- . Métodos mais simples devem ter preferência em relação a métodos mais complexos e precisos quando um elevado grau de precisão não é necessário;

- . Os métodos de teste de desempenho devem permitir, quando possível, o estabelecimento de uma classificação da qualidade de um produto de construção;

- . Os métodos de teste de desempenho devem possuir a precisão necessária ao objetivo que se destinam, apresentando as propriedades de repetibilidade e reprodutibilidade.

É importante o estabelecimento de uma correlação precisa entre os resultados obtidos para a amostra testada e o desempenho estimado para o produto de construção, sendo então necessária a utilização de métodos estatísticos para determinar esta correlação (CIB/W60,1982).

Os métodos de teste de desempenho podem ser complexos e onerosos, não sendo realístico esperar que eles possam ser utilizados na avaliação e controle de quaisquer produtos de construção. Para isto podem ser desenvolvidos métodos alternativos simplificados cujos resultados sejam indicadores críticos de desempenho. Para a utilização destes métodos alternativos é necessário, entretanto, o estabelecimento de uma correlação bem documentada entre os resultados obtidos no método de teste de desempenho e no método alternativo proposto.

Portanto, antes do desenvolvimento de um método de teste de desempenho é importante a análise das condições de uso para assegurar a relevância do método e a existência de conhecimento científico suficiente para seu desenvolvimento. A negligência na realização desta análise pode provocar o dispêndio desnecessário de recursos.

A determinação dos atributos de desempenho é realizada através da aplicação dos métodos de teste de desempenho a um produto de construção avaliando seu nível de desempenho através da quantificação de suas propriedades em uso.

BLACH (1979) propõe que os atributos de desempenho sejam expressos não apenas através da determinação de um valor isolado representativo do desempenho do produto de construção mas também posicionando o nível de desempenho obtido dentro de uma escala de intervalos onde ele é classificado, justificando sua proposta através da flexibilidade introduzida por esta forma de expressão que permite a avaliação da adequabilidade de um produto para diversas situações de uso.

Pensando em analisar apenas um atributo de desempenho esta proposta pode parecer desnecessária, mas considerando que na avaliação de um produto de construção diversos atributos de desempenho devem ser analisados conjuntamente as escalas de intervalos mostram-se bastante vantajosas.

BLACH (1979) salienta as características destas escalas de intervalos, expressas na figura 1.7:

- . Os níveis de desempenho expressos na escala devem refletir a precisão do método de teste de desempenho;
- . As escalas devem apresentar seus limites inferior e superior abertos, truncando-os apenas para o uso prático da escala;
- . Designações de valor para os intervalos, mesmo que subjetivas, devem ser evitadas permitindo a utilização da escala em diversas situações de uso.

CARACTERÍSTICAS DE UMA ESCALA DE INTERVALOS

<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">10</td> <td style="width: 25%;">8</td> <td style="width: 25%;">6</td> <td style="width: 25%;">4</td> </tr> <tr> <td colspan="4">deformação</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">mm</td> </tr> </table>	10	8	6	4	deformação				mm				Valores decrescentes									
10	8	6	4																			
deformação																						
mm																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">500</td> <td style="width: 25%;">700</td> <td style="width: 25%;">900</td> <td style="width: 25%;">1100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">diferença de pressão</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">Pa</td> </tr> </table>	500	700	900	1100	diferença de pressão				Pa				Valores crescentes									
500	700	900	1100																			
diferença de pressão																						
Pa																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">20</td> <td style="width: 25%;">35</td> <td style="width: 25%;">45</td> <td style="width: 25%;">50</td> </tr> <tr> <td colspan="4">índice de redução acústica</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">dB(A)</td> </tr> </table>	20	35	45	50	índice de redução acústica				dB(A)				O incremento dos intervalos não é obrigatoriamente regular									
20	35	45	50																			
índice de redução acústica																						
dB(A)																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">2,0</td> <td style="width: 12.5%;">1,8</td> <td style="width: 12.5%;">1,6</td> <td style="width: 12.5%;">1,4</td> <td style="width: 12.5%;">1,2</td> <td style="width: 12.5%;">1,0</td> <td style="width: 12.5%;">0,8</td> </tr> <tr> <td colspan="7">valor \bar{U}</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: right;">W/m²C</td> </tr> </table>	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	valor \bar{U}							W/m ² C							Os valores expressos como limites dos intervalos devem refletir a precisão do método de teste empregado
2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8																
valor \bar{U}																						
W/m ² C																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">20</td> <td style="width: 25%;">30</td> <td style="width: 25%;">40</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">isolamento acústico</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">dB(A)</td> </tr> </table>	20	30	40		isolamento acústico				dB(A)				Podem ser usadas escalas logarítmicas									
20	30	40																				
isolamento acústico																						
dB(A)																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">30</td> <td style="width: 25%;">60</td> <td style="width: 25%;">90</td> <td style="width: 25%;">120</td> </tr> <tr> <td colspan="4">resistência ao fogo</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">min</td> </tr> </table>	30	60	90	120	resistência ao fogo				min				As escalas podem conter valores absolutos nos limites de intervalos									
30	60	90	120																			
resistência ao fogo																						
min																						
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">K</td> <td style="width: 25%;">L</td> <td style="width: 25%;">M</td> <td style="width: 25%;">N</td> </tr> </table>	K	L	M	N	As escalas devem apresentar seus limites superior e inferior abertos, sem qualquer designação de valor para os intervalos mesmo que subjetiva																	
K	L	M	N																			

FIGURA 1.7 - As características das escalas de intervalos para a avaliação e controle do desempenho dos produtos de construção

Compreendidos estes dois enfoques da utilização do conceito de desempenho podem então ser avaliadas as alterações que eles provocam no processo produtivo da edificação, principalmente nos processos de elaboração e seleção dos produtos de construção constituintes de uma edificação.

Dentro do processo de elaboração de um produto de construção o conceito de desempenho permite a proposição de um controle mais preciso sobre a qualidade do processo através de uma constante comparação entre os requisitos de desempenho que orientam a fabricação do produto e os atributos

de desempenho obtidos em seu resultado final, possibilitando a identificação e correção de erros no processo (figura 1.8).

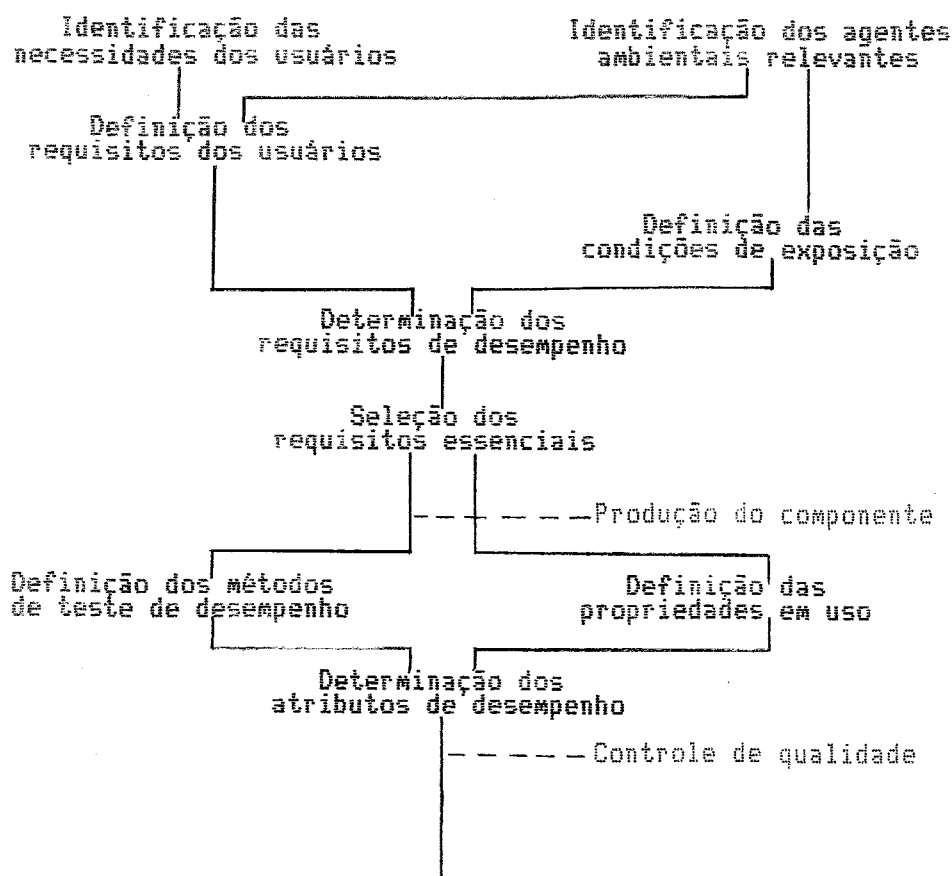


FIGURA 1.8 - Um modelo para a utilização do conceito de desempenho no processo de elaboração de um produto de construção

No processo de seleção de um produto de construção ocorre apenas uma inversão na sequência de desenvolvimento de algumas das etapas constituintes do processo de elaboração do produto, cabendo ao responsável pelo processo de seleção apenas a definição dos requisitos essenciais do produto e a comparação com os atributos de desempenho dos diversos produtos disponíveis no mercado (figura 1.9).

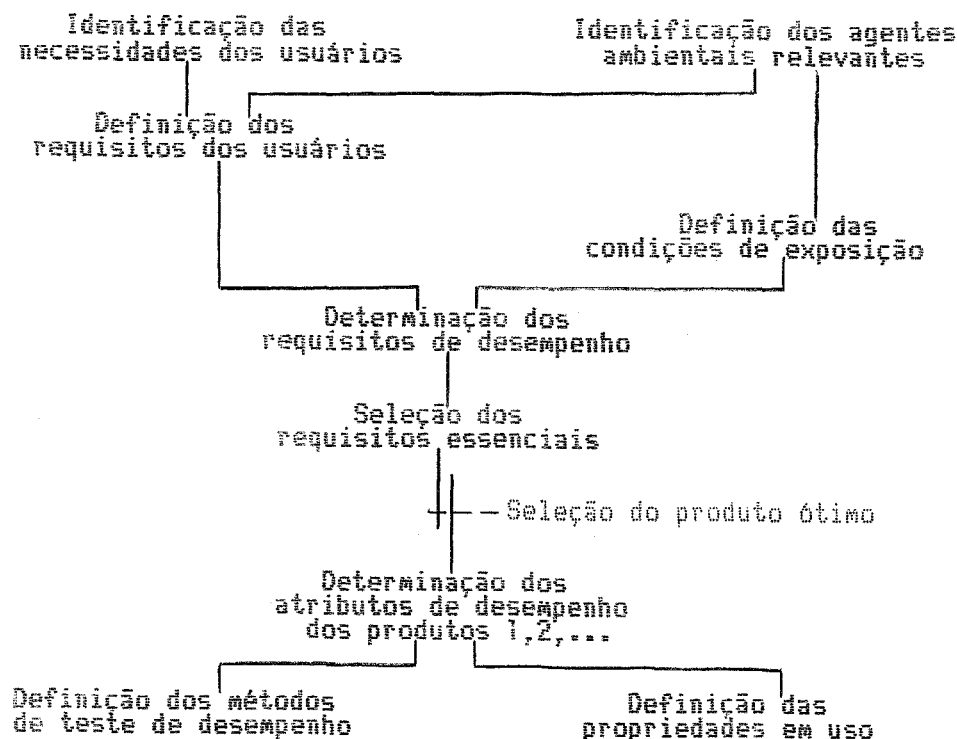


FIGURA 1.9 - Um modelo para a utilização do conceito de desempenho no processo de seleção de um produto de construção

A identidade das etapas constituintes dos processos de elaboração e seleção dos produtos de construção comprova a característica de unificação das linguagens empregadas pelos diversos participantes do processo produtivo da edificação, que é uma das propostas básicas do conceito de desempenho.

É necessário ainda que se estabeleça uma correlação entre os requisitos ou atributos de desempenho e as sub-divisões físicas da edificação uma vez que a forma como são classificados os requisitos e atributos de desempenho não corresponde com a forma convencional de divisão da edificação.

Para se realizar esta correlação é necessário que se tenha definido arbitrariamente o nível de divisão da edificação. A edificação pode ser dividida em diferentes níveis que refletem o grau de agrupamento das partes

da construção denominados níveis hierárquicos. Assim como diversos pesquisadores e centros de estudo da edificação BLACH (1981) propõe a seguinte escala de níveis hierárquicos da edificação:

- . Edificações ou sistemas construtivos
- . Subsistemas
- . Elementos ou montagens de componentes
- . Componentes
- . Produtos gerais
- . Materiais

HARRISON (1969) salienta a necessidade de se considerar o nível hierárquico na formulação das especificações de desempenho de forma coerente com o nível que se presume serão utilizadas estas especificações.

HARRISON e outros (1969) afirmam que os requisitos de desempenho são formulados primeiramente em níveis hierárquicos mais elevados, determinando sucessivamente por desagregação os requisitos de desempenho dos níveis inferiores. De forma inversa os atributos de desempenho são formulados inicialmente nos níveis hierárquicos mais inferiores, determinando sucessivamente por composição os atributos de desempenho dos níveis superiores. O nível hierárquico onde serão comparados os requisitos e atributos de desempenho é de escolha arbitrária, restringindo-se apenas a que tanto uns quanto outros estejam expressos no mesmo nível.

Uma das características da utilização do conceito de desempenho é sua independência em relação a um nível hierárquico específico (utilizou-se o termo genérico produto de construção para representar uma parte da edificação), de forma que se pode correlacionar tanto os atributos de desempenho de componentes quanto de subsistemas com os requisitos de desempenho de seu nível correspondente.