

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

**ESTUDO ERGONÔMICO DAS TAREFAS VISUAIS APLICADO  
À INSPEÇÃO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

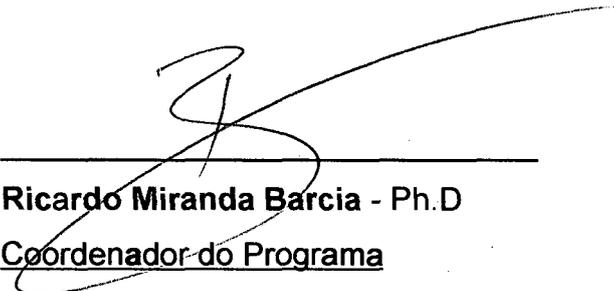
**MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO**

**FLORIANÓPOLIS-SC, MAIO DE 2000**

# **ESTUDO ERGONÔMICO DAS TAREFAS VISUAIS APLICADO À INSPEÇÃO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS**

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - M. Eng.

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia**, aprovada na sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.



---

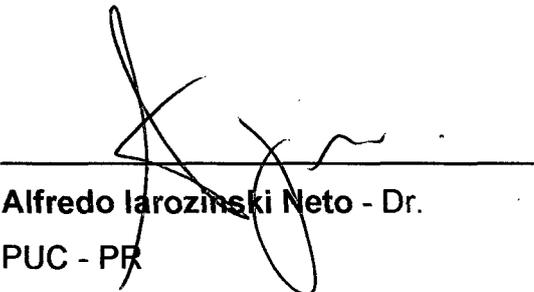
**Ricardo Miranda Barcia - Ph.D**  
**Coordenador do Programa**

**Banca Examinadora:**



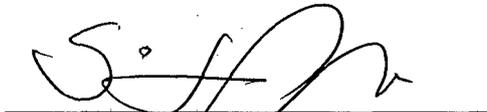
---

**Leila Amaral Gontijo - Dra. Erg.**  
**PPGEP - CTC - UFSC orientador**



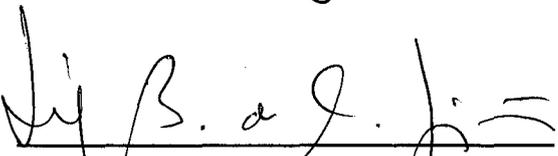
---

**Alfredo Iarozinski Neto - Dr.**  
**PUC - PR**



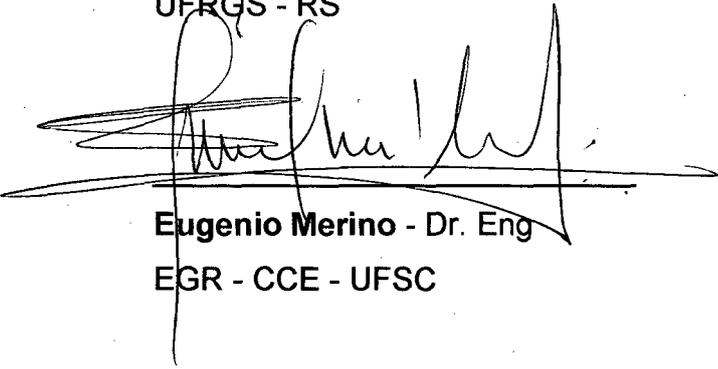
---

**Silvana B. Rosa - Dra**  
**UDESC - SC**



---

**Lia Buarque de Macedo Guimarães-PhD**  
**UFRGS - RS**



---

**Eugenio Merino - Dr. Eng**  
**EGR - CCE - UFSC**

## AGRADECIMENTOS PESSOAIS

À Deus que nos guia nesta nossa jornada terrestre, dando-nos através de sua fé a força e coragem necessária a perseguir nossos sonhos.

Ao meu querido esposo Paulo pelo companheirismo, amor, compreensão e incentivo em todos os momentos. E ao nosso filho Pedro, pela paciência e compreensão de ter de partilhar estes anos de estudo. Ao nosso segundo filho que se encontra no meu ventre o final desta tese.

Aos meus pais Décio e Edith, pela oportunidade dada a mim de vir a este mundo e conseguir tantas realizações. Ao meu pai Décio que durante sua jornada terrestre acompanhou nosso esforço e nos deu incentivo constante para prosseguir nos estudos, e que continua a nos conceder eternamente a sua benção. A minha mãe pelo carinho, afeto e preocupações dispensado nestes anos todos.

A minha orientadora, Leila Amaral Gontijo, pela orientação, confiança e pela amizade que fluíram nestes anos de convívio.

Aos meus irmãos pelo incentivo dado nesta jornada e também a mana Arlete pela valiosa correção deste documento. E a minha afilhada Bibiana pela transcrição do abstract.

A Inês pelo apoio nas atividades de nosso lar e carinho dispensado ao nosso filho.

## **AGRADECIMENTOS PARTICULARES**

Ao professor Dr. Dieter Heller, da RWTH-Aachen, pela oportunidade da realização de nossos estudos na Alemanha.

À Capes pelo apoio financeiro na bolsa modalidade PICD concedida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro na bolsa tipo doutorado sanduíche, passagens aéreas e no seguro saúde na Alemanha.

Ao DAAD pela concessão do curso de alemão no Goethe Institut em Göttingen (Alemanha).

Ao CEFET-Pr pela liberação das atividades docentes.

A todos que viabilizaram a conclusão deste trabalho, meu muito obrigado.

## **Dedicatória**

*Dedico este trabalho aos meus filhos **Pedro e Okimotinho**, que vieram ao mundo durante o doutorado, razão do nosso esforço.*

*Ao meu esposo **Paulo**, meu amado companheiro.*

*Aos meus pais, **Décio Nogueira Ribeiro** (im memória) e **Edith Leite Ribeiro**, pelo grande amor e carinho*

*A **Deus** e aos meus **espíritos protetores** que me forneceram a energia e a fé necessária.*

## RESUMO

O objetivo principal do “Estudo ergonômico das tarefas visuais aplicado à inspeção de produtos industriais” centrou-se no desenvolvimento de um estudo metodológico de análise das tarefas visuais, em controle de defeitos nas linhas de produção. Na sua elaboração procurou-se atender inicialmente os princípios ergonômicos possibilitando uma efetiva aplicação no setor industrial.

O estudo do movimento dos olhos foi um dos pontos de partida, pelo qual foram fornecidos dados de seqüência de cada momento do processo de aquisição da informação visual permitindo uma avaliação como, também, uma análise das estratégias cognitivas empregadas durante o exercício da tarefa visual.

Neste estudo propomos uma metodologia que além de avaliar a atividade de inspeção, também contribui para a formação de competências nessas atividades. Apresentamos a possibilidade de utilizar os conhecimentos desenvolvidos na análise da tarefa de inspeção num programa de treinamento. O programa de treinamento serviu de elo de ligação entre o conhecimento explícito e tácito, auxiliando tanto o analista quanto os indivíduos em treinamento, na externalização do conhecimento tácito durante a realização da tarefa de inspeção.

## **ABSTRACT**

The aim of the "Visual task ergonomics study applied to the inspection of industrial products" is centered in the development of a methodological study of the visual task analysis controlling imperfections in the mass production. Initially it was intended to attempt all the ergonomics principles allowing an effective appliance on the industrial sector.

One of the first studies used in this research was the eye movement, throughout it was obtained a sequence data of each moment of the visual information acquisition process, as well as an analysis of the cognitive strategies employed during the visual task exercise.

It is proposed in this study a methodology that, besides evaluating the inspection activity, also contributes for the formation of competence in those activities. Furthermore it is presented the possibility of using the knowledge developed on the task inspection analysis in a training program. That kind of program was used as a connection between the explicit and tacit knowledge, being as helpful to the supervisor as to the trainees in the tacit knowledge externalization while the inspection task is realized.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>CAPÍTULO 1 - AS DIMENSÕES DO ESTUDO</b>	
<b>1.1 Introdução</b> .....	1
<b>1.2 Proposta de estudo</b> .....	3
Tema .....	3
Hipóteses de trabalho .....	3
<b>1.3 Objetivos</b> .....	4
Objetivo geral .....	4
Objetivos específicos .....	4
<b>1.4 Justificativa</b> .....	5
<b>1.5 Limitações do estudo</b> .....	9
<b>1.6 Metodologia do estudo</b> .....	10
<b>1.7 Estrutura do Documento</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 2 – ABORDAGEM SISTÊMICA</b>	
<b>2.1 Introdução</b> .....	14
<b>2.2 Abordagem sistêmica na análise ergonômica das atividades</b> .....	15
2.2.1 A abordagem de sistemas complexos .....	17
2.2.2 A complexidade no sistema de inspeção visual .....	20
2.2.3 Organização do sistema de percepção visual .....	22
2.2.4 Estrutura reguladora no desenvolvimento das atividades .....	29
2.2.5 Conclusão sobre a aplicação dos conceitos sistêmicos .....	31
<b>2.3 Análise da atividade</b> .....	33
2.3.1 Componentes da atividade .....	34
2.3.2 Componentes do homem .....	35
2.3.2.1 Modelos de representação do processamento das atividades .....	36
2.3.2.2 Processamento da percepção visual .....	43
2.3.2.3 Aspectos físicos da visão .....	47
Áreas de visão .....	48
Acuidade visual .....	49
2.3.2.4 Movimentos dos olhos .....	54
Aspectos da sacada durante a leitura .....	56
Fases do escaneamento visual .....	58
<b>2.4 Análise da tarefa</b> .....	59
2.4.1 Introdução .....	59
2.4.2 O sistema homem/tarefa .....	62
2.4.3 Componentes do sistema homem/tarefa .....	64
Classificação da tarefa .....	64
2.4.4 Variáveis de detecção na tarefa de inspeção .....	66
2.4.4.1 Variáveis que dependem do contexto do sinal .....	66
2.4.4.2 Variáveis que dependem do contexto operacional .....	76

<b>2.5 Interações sistêmicas entre o operador e a tarefa de inspeção</b> .....	77
2.5.1 Saúde e trabalho .....	77
2.5.1.1 Sistema visual em relação às tarefas e o ambiente de trabalho .....	78
2.5.1.2 Comprometimento fisiológico da visão no trabalho .....	81
2.5.1.3 Ambiente e visão .....	83
2.5.1.4 Regulações e avaliação do sistema visual .....	84
2.5.2 Fatores ambientais .....	85
2.5.2.1 Iluminação .....	87
Condições ambientais de trabalho .....	88
<b>2.6. Conclusões</b> .....	89

### **CAPÍTULO 3 - REFERENCIAL TEÓRICO DAS METODOLOGIAS DE ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE INSPEÇÃO**

<b>3.1 Introdução</b> .....	91
<b>3.2 Revisão literária dos estudos das atividades visuais</b> .....	92
<b>3.3 Modelos de análise das atividades complexas</b> .....	95
3.3.1 Métodos de pesquisa para estudo das atividades complexas .....	98
3.3.2 Fundamentos teóricos das metodologias de Análise das Tarefas .....	100
Análise da Tarefa .....	102
Aplicações da Análise da Tarefa .....	104
Análise da Atividade – Visão Francofônica .....	106
Teoria da Atividade – Visão Anglo-saxônica .....	107
3.3.3 Implicações teóricas na Ergonômica do Trabalho .....	109
<b>3.4 Movimento dos olhos como técnica de análise das tarefas de inspeção</b> .....	112
<b>3.5 Formação da competência nas tarefas visuais</b> .....	118
3.5.1 Competência e habilidades .....	118
3.5.1.1 Aquisição da competência nas tarefas de inspeção .....	121
3.5.1.2 Modos de conversão do conhecimento .....	127
3.5.1.3 Gênese da competência .....	129
3.5.2 Mediadores da competência nas tarefas de inspeção .....	134
3.5.3 Treinamento das tarefas de inspeção visual .....	140
3.5.3.1 Metodologias para o treinamento da inspeção visual .....	140
3.5.3.2 Etapas dos métodos de treinamento para a inspeção visual .....	141
<b>3.6 Conclusões</b> .....	146

### **CAPÍTULO 4 - PROPOSTA DE UM MODELO PARA A ANÁLISE DE ATIVIDADES VISUAIS**

<b>4.1 Introdução</b> .....	148
<b>4.2 A ótica do analista</b> .....	149
4.2.1 Introdução .....	149
4.2.2 Definição dos objetivos .....	150
4.2.3 Formulação da base de conhecimento .....	150
<b>4.3 A intervenção</b> .....	153
4.3.1 Introdução .....	153
4.3.2 Regulação do sistema .....	154
4.3.3 Etapas de desenvolvimento do estudo de aquisição de competência das tarefas de inspeção .....	156

<b>4.4 Estrutura geral de análise</b> .....	157
<b>4.5 Instrumentos de ação reguladora da competência</b> .....	163
<b>4.6 Conclusões</b> .....	165

## **CAPÍTULO 5 - A APLICAÇÃO DO MODELO EM SISTEMA INDUSTRIAL**

<b>5.1 Introdução</b> .....	166
<b>5.2 Contexto de análise</b> .....	167
5.2.1 Introdução .....	167
5.2.2 Aspectos gerais de fabricação .....	168
5.2.3 As rotinas das etapas de inspeção de produto .....	168
5.2.4 Estrutura e organização das atividades de inspeção .....	170
5.2.4.1 Primeira fase Inspeção a quente .....	170
5.2.4.2 Segunda fase Inspeção a frio.....	173
<b>5.3 A ótica do analista</b> .....	176
5.3.1 Definição dos objetivos sob a ótica do analista .....	176
5.3.2 Objetivos de análise .....	177
5.3.3 Formulação da base de conhecimento do sistema .....	177
Singularidade do sistema .....	178
Competência e autonomia .....	179
<b>5.4 A Intervenção</b> .....	180
5.4.1 Introdução .....	180
5.4.2 Descrição das fases de desenvolvimento metodológico .....	180
<b>5.5 Regulação da atividade</b> .....	189
5.5.1 Os mecanismos de realimentação .....	189
5.5.2 Regulações da tarefa real .....	191
5.5.3 Interações sistêmicas e as realimentações do sistema .....	196
5.5.3.1 Fatores de influência do meio de apresentação da imagem .....	197
5.5.3.2 Elementos responsáveis pelos desvios de realimentação no reconheci- mento da imagem no meio simulado .....	200
<b>5.6 Simulação como ferramenta de explicitação de conhecimento tácito</b> .....	202
<b>5.7 Treinamento como instrumento de aquisição de conhecimento tácito</b> .....	209
5.7.1 Desenvolvimento do programa .....	209
5.7.2 Avaliação dos laços de regulação da competência no treinamento .....	216
<b>5.8 Conclusões</b> .....	218

## **CAPÍTULO 6 – DISCUSSÕES, CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

<b>6.1 Desenvolvimento do estudo</b> .....	219
<b>6.2 Avaliações do estudo</b> .....	220
<b>6.3 Conclusões</b> .....	225
<b>6.4 Sugestões para trabalhos futuros</b> .....	227

<b>ANEXO 1 definições das medidas de iluminação</b> .....	229
---	-----

<b>ANEXO 2 Seleção de iluminância</b> .....	231
---	-----

<b>ANEXO 3 Elementos de construção do “Sehtest”</b> .....	234
---	-----

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	237
---	-----

## Lista de Figuras

Índice de figuras	p.
Figura 1 – Modelo sistêmico de uma situação de trabalho: componentes e laços de regulação .....	16
Figura 2 - Adaptação da estrutura dos sistemas vivos de Maturana e Varela .....	25
Figura 3 - Aplicação dos elementos de unicidade da percepção do observador para análise das tarefas de inspeção.....	28
Figura 4 - Laço de Realimentação representando a atividade de andar de bicicleta ..	30
Figura 5 – Elos causais positivos e negativos no laço de realimentação .....	31
Figura 6 - Representação esquemática da proposta de estudo das componentes básicas nas atividades de trabalho e seu inter-relacionamento sistêmico.....	34
Figura 7 - Modelo de representação do processamento da informação .....	37
Figura 8 - Modelo do Processamento da Informação Humana .....	38
Figura 9 - Figura esquemática das etapas genéricas do processo da percepção visual .....	45
Figura 10 - Áreas de visão ótima e máxima .....	48
Figura 11 - Valores médios (em graus) de rotações da cabeça .....	49
Figura 12 - Teste de "acuidade de vernier" .....	50
Figura 13 - Ângulo visual $\beta$ .....	51
Figura 14 - Acuidade visual como uma função da iluminação .....	53
Figura 15 - Valores da acuidade visual em relação à distância do ponto central da fóvea .....	55
Figura 16 - Pontos de fixação dos movimentos dos olhos durante a observação da cena, $t = 3s$ .....	55
Figura 17 - Principais movimentos dos olhos durante a leitura.....	57
Figura 18 - Variáveis de influência no sistema Homem-Máquina .....	61
Figura 19 - Exigências de uma situação de trabalho .....	63
Figura 20 - Curva hipotética que ilustra a relação entre o número de sinais e a freqüência de detecção .....	68
Figura 21 - Eficácia dos inspetores colocados em série que utilizam o mesmo critério de inspeção .....	69
Figura 22 - Eficácia dos inspetores colocados em série que utilizam critério distinto ...	70
Figura 23 - Representação esquemática da tarefa prescrita .....	71
Figura 24 - Representação esquemática do fluxograma da tarefa prescrita para o 1º operador, na Seção A.....	72
Figura 25 - Representação esquemática do fluxograma da tarefa prescrita para o 2º operador, na Seção A .....	72

Figura 26 - Representação esquemática da tarefa prescrita para os operadores na seção B .....	73
Figura 27- Proporção de defeitos num lote, seção B. ....	73
Figura 28 - Representação esquemática do fluxograma da tarefa prescrita para os operadores , na Seção B .....	74
Figura 29 - Representação esquemática do processo decisório da seleção de defeitos de peças, entre dois tipos de organização da tarefa. ....	75
Figura 30 - Dependência da acuidade em função do grau de iluminação e da idade dos indivíduos. ....	85
Figura 31 - Níveis de contrastes de iluminâncias no campo visual. ....	86
Figura 32 - Estágios analíticos de análise da engenharia humana, NATO.....	95
Figura 33 - Porcentagem do uso de técnicas dos sistemas ergonômicos em empresas de grande porte no Canadá. ....	98
Figura 34 - Processo empregado na Análise da Tarefa.....	103
Figura 35 - Análise do Trabalho e laços regulatórios baseada na abordagem francofônica. ....	107
Figura 36 - A estrutura básica da atividade humana. ....	108
Figura 37 - Número de fixações do movimento dos olhos para três tarefas distintas .....	116
Figura 38 - Representação dos modos de conversão do conhecimento. ....	128
Figura 39 - Representação da espiral do conhecimento .....	130
Figura 40 - Movimentos da espiral da criação do conhecimento .....	131
Figura 41 - Estrutura metodológica da transposição didática de simulação .....	136
Figura 42 - Metodologia de treinamento para as atividades de inspeção .....	145
Figura 43 - Unicidade da definição de conceitos de análise resultando na convergência do atendimento ao objetivo .....	150
Figura 44 - Proposta estrutura amorfa para o estudo do sistema de inspeção e dos elementos de análise .....	152
Figura 45 - Representação esquemática das componentes básicas nas atividades de trabalho e seu inter-relacionamento sistêmico .....	152
Figura 46 - Proposta de intervenção ergonômica para explicitação do conhecimento tácito nas tarefas de inspeção.....	155
Figura 47 - Representação esquemática dos aspectos iniciais de estudo de regulação da competência nas tarefas de inspeção.....	156
Figura 48 - Estrutura metodológica geral proposta para o estudo das competências nas atividades de inspeção .....	158
Figura 49 - Componentes variáveis do sistema .....	158
Figura 50 - Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção .....	160
Figura 51 - Representação esquemática do posto de inspeção a quente, inspeção do material. (Philips-Aachen). ....	171
Figura 52 - Produto na mesa de inspeção, Philips-Aachen, .....	172

Figura 53 -	Layout esquemático da seção de inspeção a frio, Philips-Aachen. ....	174
Figura 54 -	Dimensões gerais da bancada de inspeção a frio. Philips-Aachen .....	175
Figura 55 -	Estrutura utilizada para a explicitação do tipo de decisão tomada pelo operador. ....	179
Figura 56 -	Estrutura metodológica geral aplicada no estudo das competências nas atividades de inspeção de telas de vídeo. ....	180
Figura 57 -	Estrutura metodológica e desdobramentos de fases, aplicado no estudo das competências nas atividades de inspeção de telas de vídeo. ....	181
Figura 58 -	Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção. ....	183
Figura 59 -	Esquema do programa de inspeção simulada .....	186
Figura 60 -	Laços de regulação da competência na atividade de inspeção. ....	190
Figura 61 -	Envolvimento das interações sistêmicas na fase 1, da estrutura metodológica proposta para o estudo das competências nas tarefas de inspeção. ....	190
Figura & Tabela 62	Divisão de áreas da tela para inspeção, para distintos tamanhos de tela, tomados a partir de sua diagonal. ....	192
Figura 63 -	Laço de realimentação na avaliação do desvio da tarefa de seleção de defeitos nas telas de vídeo. ....	193
Figura 64 -	Formulação da primeira hipótese de funcionamento dos desvios no laço de regulação da tarefa de inspeção. ....	194
Figura 65 -	Formulação da segunda hipótese de funcionamento dos desvios no laço de regulação da tarefa de inspeção. ....	195
Figura 66 -	Formulação da terceira hipótese de funcionamento da equilibração de auto-reforço no laço de regulação da tarefa de inspeção. ....	195
Figura 67 -	Representação das imagens geradas para o "Sehtest". ....	197
Figura 68 -	Representações das composições elaboradas para a construção das imagens do "Sehtest". ....	200
Figura 69 -	Localização das regiões de maior reconhecimento de falhas.....	204
Figura 70 -	Porcentagem de erros obtidos pelos indivíduos A, B e C.....	205
Figura 71 -	Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada .....	206
Figura 72 -	Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada. ....	207
Figura 73 -	Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada. ....	207
Figura 74 -	Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada. ....	208
Figura 75 -	Representação do movimento dos olhos no programa de treinamento da tarefa de inspeção .....	211
Figura 76 -	Quadro ilustrativo das distâncias relativas de identificação de diferentes tamanhos de falhas. ....	212
Figura 77 -	Demonstração de fixação dos movimentos dos olhos e na identificação dos defeitos .....	212
Figura 78 -	Divisão dos pontos de fixação do movimento dos olhos garantindo uma completa varredura da superfície de inspeção. ....	213

Figura 79 - Representação da tela no treinamento oculomotor da tarefa de inspeção..	214
Figura 80 - Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção .....	216
Figura 81 - Ângulo de refletância da luz .....	229
Figura 82 – Medições de iluminância e luminância .....	230
Figura 83 - Ângulo de visão de 1 minuto, para testes de visão .....	234
Figura 84 - Disposição das composições para o Sehtest .....	235
Figura 85 - Dimensões da imagem para o "C" Test. ....	236

## Lista de Tabelas

	p.
Tabela 1 Haase, W., Hohmann, A. Ein Neuer Test ( C-Test) .....	52
Tabela 2 Classificação das tarefas visuais de vigilância.....	65
Tabela 3 Listagem de alguns trabalhos com comprometimento visual elevado nos diversos setores produtivos .....	79
Tabela 4 Iluminância por classe de tarefas visuais- NB-57/1991 .....	88
Tabela 5 Aspectos gerais da Análise da Tarefa .....	104
Tabela 6 Aspectos da Análise da Atividade (Visão Francofônica).....	105
Tabela 7 Aplicações de programas de treinamento de inspeção .....	144
Tabela 8 Valores médios de iluminância na mesa de inspeção cd/m <sup>2</sup> (inspeção a quente) .....	173
Tabela 9 Valores médios de iluminância na mesa de inspeção cd/m <sup>2</sup> (inspeção a frio) .....	176
Tabela 10 Representação da imagem dos defeitos na transposição.....	186
Tabela 11 Critérios padronizados de defeitos de bolhas e pedras .....	192
Tabela 12 Correlação entre os dois meios com o "Titmus test" e "Sehtest", com visão binocular, para distância de 70 cm para cada um dos indivíduos testados..	199
Tabela 13 Sehtest" - Valores de acuidade visual, visão binocular, de seis indivíduos que apresentavam valores de visão normal, a 70 cm, considerando dois tipos de fundos diferentes de apresentação das imagens, branco e cinza sobre imagem preta .....	199
Tabela 14 Valores médios obtidos no reconhecimento de cada quadro no "Sehtest", para diferentes distâncias (0,70 m ; 1,0 m ; 1,3 m) .....	201
Tabela 15 Rendimento e tempo de reconhecimento de falhas na simulação .....	203
Tabela 16 Reconhecimento de falhas, tempo médio de acertos de cada indivíduo.....	204
Tabela 17 Principais causas responsáveis pela redução da "performance" na inspeção Simulada .....	208
Tabela 18 Performance na inspeção livre e na inspeção com treinamento .....	214
Tabela 19 Rendimento de trabalho (posto real x posto inspeção) .....	215
Tabela 20 Valores de Refletância .....	230
Tabela 21 Fatores determinantes da iluminância .....	231
Tabela 22 Valores dos ângulos de acuidade visual para uma distância de 70 cm .....	235

# **CAPÍTULO 1**

## **AS DIMENSÕES DO ESTUDO**

### **1.1 Introdução**

As modernas demandas industriais requerem níveis extremamente baixos de defeitos, pois o padrão de exigência dos clientes em relação à qualidade dos produtos é muito maior, principalmente com a ameaça da responsabilidade civil daquele que produz. Esse fato tem levado as indústrias a intensificarem os processos de inspeção dos produtos, tornando a inspeção uma etapa de importância cada vez maior no processo de produção. Essa situação também tem levado os diversos setores industriais a buscar um melhor preparo para as atividades de treinamento dos operadores. Mas pouco se tem feito no setor industrial, na tentativa de se aliar os estudos sistemáticos de treinamento à realidade das tarefas de inspeção.

A respeito do tema "inspeção de produtos industriais" muitos estudos desenvolvidos são, na grande maioria dos casos, direcionados à automatização desta atividade, com o objetivo centrado apenas, no processo industrial, sendo relegados a um segundo plano os aspectos humanos envolvidos na realização da atividade de inspeção. Deparando nos com este

cenário, procuramos ampliar o enfoque para o estudo das tarefas de inspeção, propondo uma abordagem sob o ponto de vista ergonômico.

Consideramos o enfoque ergonômico altamente inovador, uma vez que o ponto de partida envolve os aspectos físicos e psicológicos do operador, procurando-se, também, desenvolver uma metodologia de análise que atenda aos princípios de humanização do trabalho.

Os fundamentos do início deste estudo são as recentes pesquisas na área da percepção visual e dos aspectos cognitivos nas atividades de trabalho. Já no seu desenvolvimento, buscamos em outras áreas de conhecimento o suporte para a compreensão dos mecanismos do processamento informacional e visual humano, bem como os aspectos relacionados à aquisição de conhecimento e de formação da competência nas atividades de trabalho. O campo da Psicologia também nos forneceu valiosa contribuição por meio do estudo das pesquisas visuais e das técnicas de registro dos movimentos dos olhos, por meio das quais, podem-se aplicar, na prática, as teorias da percepção visual desenvolvidas no começo do século XX.

Mas, mesmo no nível internacional são recentes os trabalhos sobre "inspeção industrial", buscando um enfoque sob o ponto de vista da percepção do operador. Sobressaem-se no âmbito da engenharia industrial, os trabalhos de NEBOIT e RICHARDSON (1987), empregando técnicas de registro dos movimentos dos olhos, no qual associam-se conceitos da engenharia industrial e da Psicologia, inicialmente, em estudos laboratoriais e a posteriori com aplicação no ambiente industrial. Dos resultados obtidos da utilização destas técnicas, durante a execução de uma tarefa visual, pode-se concluir que ela pode permitir a explicitação das estratégias visuais utilizadas pelo operador na percepção das informações.

Alguns estudos realizados por KUNDI E NODINE (1978, p. 17-181); NEBOIT E RICHARDSON (1987), mostram os resultados do tempo de reconhecimento da informação e dos distintos graus de interpretação, para uma mesma tarefa prescrita e em mesma condições. Estes resultados são

bastante significativos e nos conduziram a algumas considerações durante o levantamento das hipóteses de trabalho. Consideramos, então, que numa avaliação ergonômica para atividades visuais, as estratégias visuais e o modo pelo qual o processamento visual é realizado durante a execução da tarefa, são elementos de grande valia ao analista na formulação de um diagnóstico mais preciso.

Além das tarefas de inspeção de produtos, as tarefas realizadas nos terminais de vídeo e em painéis de controle de operações, são algumas, entre as inúmeras aplicações possíveis das atividades que exigem a máxima atenção e a uma extrema percepção visual do operador, nas quais se tem também, um alto grau de responsabilidade durante a sua execução, as quais necessitam de uma abordagem metodológica adequada para a análise da tarefa.

Nas fases iniciais de estudo procuramos abordar o aspecto do processamento visual e perceptivo nas atividades de trabalho, no seu desenvolvimento verificamos a necessidade de aprofundar vários elementos; com respeito aos aspectos das condicionantes internas e externas do ambiente e que nela interagem e das regulações da atividade.

## 1.2 Proposta de estudo

### Tema

O tema proposto "**Estudo ergonômico das tarefas visuais aplicado à inspeção de produtos industriais**" procura, através de uma visão humanista, contribuir para a melhoria da qualidade desta atividade.

### Hipóteses de trabalho

Nosso estudo sobre as atividades nas tarefas de inspeção de produtos industriais fundamenta-se nas seguintes hipóteses de trabalho:

- 1° ) A percepção visual é distinta para os diferentes indivíduos, com relativa independência do grau de acuidade visual, induzindo-o a diferentes rendimentos perceptivos de acordo com o tipo de estratégia visual praticada.
- 2° ) Na formação da competência para uma atividade visual, há a aplicação instintiva de regras de domínio consciente e inconsciente. O conhecimento dessas regras poderá ser transportado para os instrumentos didáticos, a fim de produzir significativas alterações na "performance" do operador.
- 3° ) Um indivíduo pode obter uma melhora significativa na "performance" da percepção visual, através do aprendizado orientado de determinadas estratégias visuais que contêm as regras de domínio consciente e inconsciente, auxiliares do processo perceptivo.

## **1.3 Objetivos**

### **Objetivo geral**

O presente projeto tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma metodologia de análise das tarefas visuais em controle de defeitos nas linhas de produção, que atenda inicialmente aos princípios ergonômicos e que seja aplicável às atividades visuais de trabalho. Procuramos com a sua aplicação, no setor industrial, consolidar os aspetos de avaliação da metodologia proposta. Pretende-se, a partir do conhecimento das variáveis da tarefa, desenvolver um modelo de treinamento visual que possa otimizá-las, a fim de gerar o desenvolvimento de competências para tais atividades.

### **Objetivos específicos**

Para o desenvolvimento do projeto proposto temos os seguintes objetivos específicos a serem atendidos:

- identificação e análise das variáveis envolvidas no processo de percepção visual durante o desenvolvimento de tarefas de inspeção de defeitos;
- identificação das estratégias realizadas pelos operadores durante o processo de seleção de defeitos de produção;
- análise e desenvolvimento de metodologias que permitam o treinamento das atividades visuais e possam contribuir para a melhoria da "performance" dos operadores.

#### **1.4 Justificativa**

O setor industrial enfrenta um mercado cada vez mais competitivo, onde a qualidade dos produtos passa a ser um fator fundamental para a manutenção das empresas na liderança do seu setor. Assim, a inspeção final do produto, uma parte da atividade do controle de qualidade, ganha hoje nova ênfase dentro do papel do controle de qualidade total, na busca do "defeito-zero de produção". Procurando atingir o defeito-zero, muitos processos e etapas industriais puderam ser totalmente automatizadas. Em alguns casos, a inspeção do produto final pode ser controlada por sensores óticos, obedecendo a padrões pré-estabelecidos, mas em muitos outros casos há ainda a necessidade da inspeção visual pelo operador, ou porque as suas habilidades de percepção são indispensáveis e insubstituíveis na seleção do produto, ou por haver dificuldades na automatização do controle visual do produto pelo seu alto custo, ou por serem ainda tarefas extremamente complexas.

Na tentativa de minimizar a devolução de produto com defeito, após a sua venda, o que, na maioria das vezes, compromete a imagem e a credibilidade já adquirida no mercado pela empresa. Como estratégia, a empresa procura intensificar o processo de inspeção na fabricação do produto, principalmente nas etapas finais de produção. Vários estudos têm sido

desenvolvidos procurando-se a melhoria da "performance" dos operadores nesses postos de trabalho, por meio da análise de diversos fatores, tais como: ambiente, condições de trabalho, condições físicas e psicológicas dos trabalhadores, grau de dificuldade da tarefa, etc.

Outro fator fundamental e crítico em um posto de trabalho de inspeção visual é o tempo de que o operador dispõe para avaliar e selecionar produtos com falhas. Nos sistemas de alta escala industrial, tempo e velocidade de inspeção são fatores fundamentais para o bom desempenho do ciclo produtivo. O ritmo de trabalho é caracterizado por um curto espaço de tempo, em torno de 18 segundos, no caso da seleção de telas de televisores (Heller, 1995).

A tarefa de inspeção é caracterizada como uma cuidadosa pesquisa de não conformidade de itens, no qual encontram-se duas funções principais: "a pesquisa visual" e a "tomada de decisão". (Drury, 1978) Essas funções têm sido mostradas por Sinclair (1984) e Drury (1982) como pontos determinantes da "performance" visual. Sob este ponto de vista, uma inspeção bem sucedida, deve-se ao fato de que estas duas funções atingiram o índice máximo de "performance".

A tarefa de inspeção desenvolvida pelos operadores é considerada sempre abaixo de 100% de conformidade, GRAMOPADHYE (1998, p.361-375). Em consequência deste fato, muitas indústrias têm procurado automatizar o processo de inspeção, na tentativa de aumentar o grau de conformidade. Para alguns casos, a automatização do processo é a solução, mas em outros, ela pode não se aplicar, principalmente naqueles que envolvem processos decisórios. As habilidades humanas no processo decisório são superiores e não podem ser substituídas ainda por máquinas. A superioridade da inspeção humana é mais pronunciada quando estão envolvidos na tarefa prescrita processos decisórios complexos, DRURY E SINCLAIR (1983). Assim, a inspeção humana é ainda muito desejável, principalmente nas tarefas em que o operador tem que pesquisar e em seguida decidir se o item é aceitável ou não, baseado em simples ou múltiplos argumentos.

A proposta de uma metodologia para a análise ergonômica de tarefas de inspeção visual surgiu da necessidade de se encontrar uma forma sistemática de avaliação ergonômica para tais atividades, apropriada à aplicação no setor industrial e que possa abordar de forma específica todos os aspectos relevantes da atividade visual que contribuem para a melhoria da competência dos operadores.

A literatura mostra que o treinamento pode ter um poderoso efeito no aumento da "performance" de inspeção, GRAMOPADHYE (1998). Mas, no setor industrial, muito pouco tem sido feito na tentativa de se aliar os estudos sistemáticos de treinamento à realidade das tarefas de inspeção como pudemos constatar na revisão bibliográfica. Verificou-se que a falta de estudos extensivos na aplicação do treinamento em tarefas de inspeção, deve-se ao fato de que o treinamento e a inspeção são normalmente vistos como um mal necessário, consideradas atividades não produtivas, as quais não agregam valor ao produto. Há muitos estudos sobre a questão treinamento e aprendizagem, mas a sua aplicação de forma sistêmica na indústria é ainda incipiente. Técnicas analíticas de treinamento têm normalmente seu uso confinado às aplicações militares, cujo êxito tem conseguido provar serem de fato efetivas no acréscimo da "performance".

DRURY E GRAMOPADHYE (1990) observaram a lacuna da aplicação analítica de técnicas de treinamento na inspeção industrial, apesar de todo o desenvolvimento tecnológico que permite aplicações menos onerosas do que há dez anos atrás. Entre estas podem ser citadas: computador baseado na simulação, JOHNSON (1990), vídeos interativos, CD-ROM e DVI, estes dois últimos, segundo GRAMOPADHYE, serão componentes dos multimeios para o treinamento num futuro muito próximo.

Os sistemas de equipamentos de treinamento hoje aplicados podem ser assim especificados, "Computer-aided Instruction", FLETCHER (1988), Computer-based Multi-media Training, WILCOCKS and SANDERS (1994) e o Intelligent Tutoring Systems (PSOTKA et al ,1992). As grandes aplicações

dessas técnicas são advindas das áreas militares. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos lidera a aplicação desses avanços tecnológicos no treinamento e tem obtido sempre grandes vantagens. Entre elas, pode ser citada a utilização do "Computer Aided Instruction" com o qual obtiveram um acréscimo de 34% performance e uma redução de 55% no tempo de aprendizagem de seu contingente.

No domínio da inspeção visual, os primeiros esforços para usar o computador no treinamento de forma sistemática, foram reportados por CZAJA and DRURY (1981) que utilizaram caracteres do teclado para simular a tarefa de inspeção. Simulações similares foram desenvolvidas em laboratório por, MCKERNAN (1989). Mais recentemente, BLACKMON e GRAMOPADHYE (1996) utilizaram um simulador usando imagens escaneadas de estruturas para o treinamento de inspeção de aeronaves. Também é bastante relevante os esforços de KUNDEL em 1990, com a aplicação de técnicas de captação dos movimentos dos olhos na inspeção de Raio-X em diagnóstico médico na detecção de tumores malignos.

Muitos autores, entre eles DRURY e GRAMOPADHYE, consideram que, apesar dos esforços empregados, mesmo muitas vezes utilizando avançada tecnologia aplicada para o treinamento de inspeção, ainda há falhas no sentido de não se reproduzir com extrema fidelidade a imagem real. Consideramos pertinente ainda, apresentar a observação dos autores de que as principais aplicações existentes não ocorrem nos processos industriais de produção.

Sem uma metodologia apropriada, uma avaliação ergonômica nas atividades de controle visual pode ser relegada a um segundo plano no momento de seu estudo, considerando-se nesta avaliação apenas os critérios ergonômicos gerais. A maioria dos estudos desenvolvidos sobre pesquisa visual provêm de departamentos de Psicologia que abordam pontualmente determinados aspectos. Dentre eles, podemos destacar os trabalhos apresentados para o setor industrial propostos por RICHARDSON, KUNDI & NODINE e DRURY (1987), cujos métodos experimentais fornecem diretrizes de

técnicas a serem utilizadas em determinadas análises visuais. No entanto, nota-se dentro da revisão bibliográfica a ausência de metodologias e técnicas que proporcione uma aplicação sistêmica no setor industrial.

Na abordagem metodológica, através da pesquisa aplicada, pretendemos envolver a análise da situação em estudo, a fim de determinar as fontes de informações que norteiam a operação e as respostas produzidas durante as tarefas. O objetivo principal desta análise é a observação das interações entre o observador e a tarefa no ambiente natural de trabalho, onde interagem inúmeras variáveis relacionadas com o meio e as condicionantes psicológicas que, muitas vezes, não podem ser controladas durante a sua realização. O estudo do movimento dos olhos foi um dos pontos de partida do nosso estudo, por meio do qual foram fornecidos dados de seqüência de cada momento do processo de aquisição das informações em uma determinada atividade, permitindo a sua avaliação, como também, uma análise das estratégias cognitivas empregadas.

Neste estudo propomos uma metodologia que, além de avaliar a atividade de inspeção, possa contribuir para a formação de competências nesta atividade.

## **1.5 Limitações do estudo**

O presente estudo visa o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação ergonômica aplicável as tarefas visuais. Pela disponibilidade técnica de levantamento de dados na Philips Glasfabrik em Aachen na Alemanha, durante o período de 12 meses do programa de doutorado com estágio no exterior, no período de junho de 1995 a junho de 1996, limitamos nossos estudos e a sua respectiva aplicação aos recursos oferecidos pela empresa. Respeitamos também os interesses da empresa no presente estudo, limitando-nos a publicar apenas os resultados globais obtidos, que não ferem o

acordo de sigilo industrial estabelecido entre a empresa e o Institut für Psychologie da RWTH-Aachen.

Desta forma o presente estudo centralizar-se-á muito mais nos aspectos da construção da metodologia e em sua aplicação no sistema industrial. Resultados de rendimento dos operadores posteriores a aplicação dos mecanismos de treinamento também não puderam ser acompanhados neste estudo, mas fazem parte da continuidade das pesquisas do Institut für Psychologie da RWTH-Aachen por outros grupos de trabalho.

## **1.6 Metodologia de estudo**

De modo a atingir os objetivos pretendidos utilizou-se para o desenvolvimento deste estudo uma metodologia que pode ser, dividida em quatro etapas; etapa de prospecção teórica das informações, etapa de prospecção de técnicas e métodos de análise das atividades visuais, etapa de formulação da metodologia de avaliação e etapa de formulação do documento escrito, sendo assim descritas :

**1) Etapa de prospecção teórica das informações.** Etapa na qual consolidou os seguintes fundamentos teóricos:

- A percepção no sistema visual
  - Processamento
  - Aspectos físicos
  - Movimentos dos olhos
- Processamento da informação das atividades visuais
- O estado de arte da pesquisa visual nas aplicações industriais
- Sistemas, abordagens tradicionais e de sistemas complexos
- Sistema de informação
- Sistema homem/tarefa
- Metodologias de análise do trabalho
- Aquisição do conhecimento

**2) Etapa de prospecção de técnicas e métodos de avaliação das atividades visuais.** Esta etapa constitui-se do conhecimento de uma situação problema, que pode ser compartilhada do conhecimento prático de várias técnicas junto ao Institut für Psychologie na Rheinisch Westphalische Hochschule Aachen, RWTH, Alemanha. Nossa participação no grupo de pesquisas da "Percepção nas Atividades de Trabalho" auxiliou e sedimentou os conhecimentos de vários aspectos da primeira etapa, permitindo também, nosso contato com várias pesquisas experimentais de captação dos movimentos dos olhos e de simulações das atividades nos laboratórios do referido Instituto. Essa etapa constitui-se de um grande aprendizado com a formulação, execução e aferição de vários resultados práticos e as devidas associações do processamento cognitivo das informações. Nessa etapa surgiu a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia de avaliação das atividades visuais, uma vez que o estudo desenvolvia-se numa equipe multidisciplinar, na qual faziam parte psicólogos, engenheiros de produção, inspetores, chefes de produção e gerentes de fábrica, com visões diferentes do problema e distintos interesses, o que gerava alguns conflitos na interpretação dos objetivos finais pretendidos. Desta forma, o desenvolvimento da metodologia de avaliação das atividades visuais foi proveniente dos estudos práticos da pesquisa visual desenvolvidas na RWTH.

**3) Etapa de formulação da metodologia de avaliação.** Na terceira etapa, procurou-se formatar os parâmetros de referencia para o analista, de forma a fornecer os subsídios necessários em todas as fases de avaliação e estudo de uma atividade visual, a partir do objetivo principal, o de promoção de melhorias no rendimento visual.

**4) Etapa de formalização do presente documento.** Esta etapa, constitui-se da elaboração do presente documento com a descrição detalhada das etapas anteriores, elucidação do contexto em estudo, aplicações da análise e resultados apresentados.

## 1.7 Estrutura do documento

A abordagem do problema proposto teve início nos estudos junto ao Institut für Psychologie da Rheinisch Westphalische Hochschule Aachen, na Alemanha. A proposta "Estudo ergonômico das tarefas visuais aplicado à inspeção de produtos industriais" apresenta, neste documento, a seguinte estrutura formal:

No capítulo 1, encontram-se as informações gerais a respeito do projeto, o levantamento das hipóteses de trabalho, os objetivos gerais e específicos a serem alcançados e as justificativas a que atendem o nosso trabalho.

No capítulo 2, apresentamos os principais conceitos sistêmicos de análise das atividades de trabalho e da ciência da complexidade. Procuramos elucidar alguns aspectos da complexidade do sistema de inspeção visual e os mecanismos de reguladores no desenvolvimento das atividades. A seguir, descrevemos as componentes humanas responsáveis pelo desenvolvimento da atividade de inspeção. Propomos então, a partir de cada um dos principais elementos do sistema, homem, meio e tarefa, um estudo detalhado dos seus aspectos de inter-relacionamento.

No desenvolvimento deste trabalho apresentamos, no capítulo 3, um referencial teórico das metodologias de análise das atividades de inspeção. Procuramos nesta etapa descrever as metodologias de aquisição e formação de competências, os elementos de aquisição e os modos de conversão do conhecimento tácito para explícito. Apresentamos também, o treinamento como um meio de avaliação e de aquisição de competência para uma tarefa de inspeção.

As teorias analisadas nos permitiram, formular no capítulo 4, uma proposta metodológica para o estudo da competência visual em ambientes industriais, utilizando como principal ferramenta, a transposição da situação real para uma situação simulada. Como a simulação pode ser controlada,

fornece um feed-back, passando a ser uma ferramenta que permite o seu uso tanto como instrumento de avaliação quanto o de aprendizado. A utilização deste meio possibilitou, também, o estudo de técnicas oculomotoras, pelo escaneamento dos movimentos dos olhos.

No capítulo 5, descrevemos um estudo de caso, com as etapas experimentais na Philips Glasfabrik Aachen, na Alemanha, no setor de inspeção industrial. Apresentamos os principais resultados obtidos, que contribuíram para a identificação de importantes variáveis, responsáveis pelo desvios de funcionamento dos laços de regulação da atividade. A estrutura metodológica proposta pode ser facilmente aplicada num sistema industrial, e de certa forma bastante acessível aos analistas. Os dados obtidos a partir destes experimentos nos permitiram avaliar o modelo proposto e responder aos objetivos e hipóteses que foram levantadas no capítulo inicial.

No capítulo 6, apresentamos as conclusões e discussões decorrentes de todo o estudo proposto e apresentamos algumas sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2**

### **ABORDAGEM SISTÊMICA**

#### **2.1 Introdução**

Tem-se por objetivo neste trabalho de pesquisa desenvolver um estudo analítico das tarefas de Inspeção Visual, a fim de promover uma melhoria na capacidade de percepção da informação que, neste caso, reflete-se na identificação de defeitos e falhas do produto.

Para que possamos desenvolver este estudo, parece nos razoável e coerente estabelecer, inicialmente, as ações do sistema sobre a tarefa. Consideramos as tarefas de inspeção visual dentro do sistema do processo produtivo como um subsistema. O conhecimento das ações, como as delimitações e características próprias do sistema, poderá nos fornecer um perfil da estrutura na qual as tarefas estão compreendidas. Mas, desenvolver uma ação sobre uma tarefa exige a aplicação de métodos adequados que possam ser sobretudo, reproduzíveis, no meio industrial.

Buscamos na literatura, os argumentos de MONTEMOLLIN (1978), que enfatiza a importância dos métodos dentro do âmbito da ergonomia. O autor salienta que as soluções adotadas para um caso particular não podem, salvo em raras exceções, adotar-se para outro caso. Segundo essa mesma ótica de

MONTEMOLLIN é a qualidade dos métodos de estudo e a solução de cada problema, que constitui a única garantia da eficiência dos resultados dentro de uma análise ergonômica. E no caso em estudo, inspeção visual de produtos, estamos diante de uma situação de trabalho que apresenta, na maioria das vezes, problemas de diferentes níveis de complexidade e singularidade.

Podemos, portanto, afirmar que o estudo das atividades de inspeção visual encontra-se diante de uma complexa situação de trabalho. Seu grau de complexidade é marcado pelas lacunas deixadas por inúmeras questões formuladas na análise da atividade. Podemos expor algumas de maior inquietação:

- Como podemos inferir informações sobre o grau de percepção do operador?
- Quais os critérios adotados para avaliar o seu desempenho?
- Como podemos treinar novos operadores se não podemos, com certeza, responder as perguntas anteriores?

O ponto de partida deste capítulo é buscar os conceitos que nos auxiliem no entendimento da atividade de inspeção como um sistema complexo, definindo os pontos que caracterizam a sua complexidade, de forma a compreendê-la, a fim de que tenhamos um suporte para uma avaliação ergonômica apropriada às tarefas de inspeção.

## **2. 2 Abordagem sistêmica da análise ergonômica**

A análise sistêmica se encontra fundamentada na teoria geral dos sistemas apresentada por L. BERTALANFFY (1973), e publicada com o título de "General System Theory". Essa teoria fundamenta as metodologias científicas de análise das atividades laborativas na ergonomia. Mas a singularidade dos problemas encontrados na análise ergonômica das tarefas de inspeção nos leva a apresentar algumas considerações a respeito da abordagem sistêmica tradicional encontrada na literatura.

Do ponto de vista ergonômico, a tarefa de inspeção de produtos é uma situação de trabalho pertencente a um sistema complexo e dinâmico, cujas entradas (as exigências sócio-técnicas e organizacionais de trabalho, caracterizadas na tarefa de inspeção) e, cujas saídas (os resultados do trabalho caracterizados em termos de produção, defeitos detectados e pela saúde do operador) são resultantes destas atividades conforme o diagrama da figura 1. Na fase do tratamento das informações, o alto grau de complexidade das variáveis envolvidas na tarefa de inspeção nos impede, muitas vezes, durante uma análise, de que seja efetuada a decomposição das partes do sistema, na tentativa de se distinguir os elementos componentes dos subsistemas.

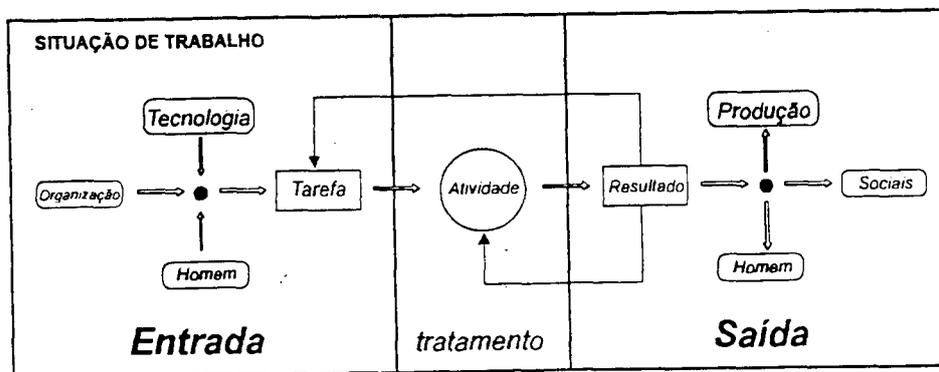


Figura 1- Modelo Sistêmico de uma situação de trabalho: componentes e laços de regulação- SANTOS, N. *Manual de Análise Ergonômica do trabalho*, 1997, p. 91.

O tratamento das informações merece a atenção especial neste estudo, através do entendimento da complexidade no sistema de percepção visual. Buscamos, então um referencial teórico que contemplasse também os aspectos de sua complexidade. Procuramos, assim, aprofundar os aspectos relacionados ao estudo de sistemas complexos.

É fato que a complexidade encontra-se nos mecanismos físicos e psicológicos relativos à execução da tarefa de inspeção, os quais, sobretudo, envolvem os aspectos de percepção do observador associados ao tipo de informação que deva ser detectada.

Fundamentados pelos conceitos provenientes da engenharia de sistemas, apresentados por BERTALANFFY (1973), na qual um sistema é sempre um subsistema de um sistema mais complexo, podemos definir o sistema de inspeção de produtos, objeto deste estudo, sob o ponto de vista da tarefa como parte de um sistema mais complexo do sistema de produção industrial, que envolve as variáveis organizacionais, culturais, sociais e tecnológicas do setor industrial. E do ponto de vista da atividade a ser executada, inspeção de produto, como um sistema complexo que envolve variáveis do homem (psicológicas, físicas), da tarefa (informacionais, organizacionais) e ambientais.

Nos conceitos da dinâmica de funcionamento dos sistemas e subsistemas de trabalho, apresentados por BERTALANFFY (1973), sistemas e subsistemas passam a constituir-se como um todo em relação ao meio ambiente de trabalho, não se conseguindo delimitar as partes, pois todas interagem.

*“ os elementos de um sistema constituem um todo, que não se reduz à soma das partes. Esta totalidade adquire uma certa identidade em relação ao meio ambiente de trabalho, estabelecendo com este meio trocas, através das entradas e saídas”. (Bertalanffy, 1973 p.37)*

### **2.2.1 A abordagem de sistemas complexos**

Procuramos neste estudo uma abordagem que contemple os diversos fatores envolvidos nas tarefas de inspeção visual, que considere tanto os aspectos da diversidade como os da complexidade da tarefa. Assim, buscamos nos estudos da ciência da complexidade, um suporte científico a fim de compreender o comportamento de um sistema complexo.

A ciência da complexidade busca conhecimentos interdisciplinares procurando aproximar conceitos e métodos das ciências da natureza aos problemas da humanidade. Assim buscamos na compreensão da organização e das estruturas dos sistemas complexos uma orientação na formulação dos

principais conceitos a serem aplicados nos métodos da ação ergonômica das tarefas de inspeção visual, que serão descritos a seguir. Inicialmente apresentaremos alguns conceitos fundamentais da ciência da complexidade para melhor compreender a estrutura e a organização dos sistemas complexos.

Segundo E. MORIN (1997, p.16-24) um sistema é o conjunto de partes diferentes, unidas e organizadas. Morin, considera que a complexidade é o *estado de ser de todos os sistemas abertos, quer dizer auto-eco-organizadores*. E sob o ponto de vista de MORIN, é a organização das informações no sistema que fornece a dinâmica de sua complexificação, e nesta dinâmica, as trocas acontecem de forma simultânea, intra e inter-sistemas. E, ao contrário das abordagens tradicionais, a abordagem sistêmica vê a empresa como um sistema aberto, e BERTALANFY (1973) considera a diversidade dos ambientes e a da natureza organizacional como fatores determinantes de um sistema aberto.

Para nossa melhor compreensão da abordagem da ciência da complexidade, apresentamos algumas noções de complexidade:

Para FOGIERINI-CARNEIRO (1992) o conceito de complexidade já está definido dentro do próprio conceito de sistema. Para o autor um sistema é *“um todo organizado ou complexo, uma união ou uma combinação de coisas ou de partes formando um todo complexo ou unitário”*. Assim o sistema se caracteriza pelos elementos que o compõem, pelas relações entre seus elementos, com as fronteiras do meio ambiente, o seu objetivo e pelo sistema de regulação.

As novas abordagens sistêmicas enfatizam a importância de se compreender os fatores de influência de um dado sistema e a evolução histórica destes fatores, que podem de certa forma fornecer um diagnóstico mais preciso. As novas abordagens sistêmicas enfatizam a importância de se compreender os fatores de influência de um dado sistema e a evolução histórica destes fatores, que podem de certa forma fornecer um diagnóstico

mais preciso. Na visão sistêmica apresentada por FOGLIERINI-CARNEIRO, o sistema é influenciado pelo meio ambiente, que por sua vez influencia todas as partes, de forma a atender a um estado de equilíbrio dinâmico. E até nos sistemas caóticos onde o fator de desordem ou de entropia é alto, há equilíbrio dinâmico dentro da própria desordem, base que formula os conceitos da “Teoria do Caos” que procura explicar o equilíbrio de um sistema altamente complexo.

Outro aspecto relevante e gerador do equilíbrio dinâmico de um sistema refere-se ao comportamento adotado na sua evolução perante as mudanças tecnológicas, sociais e culturais que alteram o perfil do sistema muito rapidamente. Foglierini-Carneiro considera que o próprio equilíbrio dinâmico interno já é de certa forma uma adaptação da evolução do sistema, que segundo o autor é obtida através de uma observação antecipativa.

Mas, antes de nos atermos à questão da evolução do sistemas e dos seus mecanismos reguladores, que serão descritos na questão da complexidade do sistema de inspeção visual, gostaríamos de apresentar mais algumas noções para o entendimento da visão sistêmica como, por exemplo, a questão de sua flexibilidade. Quando pensamos em sistema humano, no qual esta inserido o sistema de percepção, o próprio esforço permanente de adaptação do indivíduo exige que o sistema seja flexível, a flexibilidade do sistema passa então a ser importante para a sua manutenção, equilíbrio e sobrevivência.

Na própria natureza pudemos observar exemplos de sistemas que perderam o componente “ flexibilidade” e tenderam ao desaparecimento. A biologia nos apresenta exemplos de animais hoje extintos, que viveram há milhões de anos atrás, mas num determinado momento não conseguiram mais se adaptar às mudanças do meio ambiente. Por não possuírem mecanismos flexíveis de adaptação, a espécie não sobreviveu e houve a sua extinção na Terra.

As mudanças tecnológicas, com a introdução de equipamentos que reproduzem com melhor fidelidade as imagens reais por meio de novos materiais, novos equipamentos de controle e do aumento da velocidade do processamento das imagens, produzem um novo cenário de imagens a serem percebidos pelos indivíduos, modificando assim as várias atividades de trabalho, que cada vez mais estão associados a terminais de vídeo. Esse novo contexto faz parte da evolução do sistema de tratamento e transmissão de imagens.

Na aplicação do conceito sistêmico às atividades visuais, podemos também, de certa forma, compreender a relação "influência do ambiente-equilíbrio dinâmico-adaptação a evolução" dentro de uma relação de interdependência da sua própria organização como atividade. Sendo importante também ressaltar as considerações dadas por FOGIERINI-CARNEIRO, *de que os sistemas são orientados para a realização de um objetivo*. Nesse sentido cabe a colocação dada por C. PERROW, apresentada por FOGIERINI-CARNEIRO, *de que a organização enquanto um sistema possui os objetivos de sobrevivência, de crescimento e de segurança*.

### **2.2.2 A complexidade no sistema de inspeção visual**

A palavra chave para o início do entendimento do estudo de um sistema complexo está no "estudo da organização do sistema". Se queremos conhecer um pouco sobre a inspeção visual, o número de peças rejeitadas pelo operador, talvez nos forneça algumas noções sobre a "performance" do operador na sua jornada de trabalho, o grau de experiência do operador, etc. Mas, se estudarmos a inspeção visual dentro do sistema mais amplo, do seu sistema de organização, das interconexões com o meio ambiente, dos mecanismos de flexibilidade, o equilíbrio dinâmico do meio ambiente, poderemos saber muito mais sobre a inspeção visual, pois todas as funções que ela possui na sua estrutura organizacional são provenientes de sua auto-regulação.

A idéia geral de sistemas complexos é abordada por CAPRA (1996) a partir da organização dos sistemas como redes interligadas. Fisicamente ela poderia ser representada como uma teia, em que os subsistemas se interligam através dos nós. Ressalta-se, inicialmente, para a compreensão da organização dos sistemas, o levantamento de suas características como rede. Uma das características mais importantes apontadas por CAPRA, refere-se à "não-linearidade" de uma rede, que reside no fato de uma rede poder estender-se em todas as direções. Se falássemos em termos de relações internas de uma determinada rede, poderíamos falar em relações circulares, que também são não-lineares.

Outro conceito importante da ciência da complexidade é o das "totalidades complexas" ou "totalidades irreduzíveis", levantadas por BERTALANFFY (1973), um sistema existe porque é um todo, se extrairmos uma parte desse todo, passa-se a ter outro todo diferente do anterior, que buscará uma nova auto-organização interna, afim de compensar-se como uma nova organização dentro de um equilíbrio.

Pelo alto grau de complexidade envolvido nas tarefas de inspeção, concluímos que a organização deste sistema segue um "padrão não-linear". E, tomando-se o conceito de "padrão de organização", como o modo pelo qual o ciclo se forma a fim de manter o sistema em equilíbrio, associamos também ao conceito de organização a idéia de realimentação. Considerando que as redes podem gerar laços de realimentação, adquirindo a capacidade de regularem-se a si próprias, sugerimos então, o uso destes conceitos em nosso estudo, podendo-se assim, estabelecer o conceito de auto-regulação do sistema de inspeção visual. Mas, para o estabelecimento destes conceitos, faz-se necessário o conhecimento dos mecanismos que promovem a organização do sistema de percepção visual e de auto-regulação da atividade, que procuramos descrever a seguir.

### 2.2.3 Organização do sistema de percepção visual

Segundo BERTALANFFY (1973) no início do século XX os filósofos da Gestalt deram a contribuição inicial para o início do pensamento sistêmico da percepção, sendo C. EHRENFELDS um dos primeiros filósofos a postular dentro da teoria da Gestalt, de que o todo é maior do que a soma das partes. Sendo esse postulado uma palavra-chave dos pensadores sistêmicos, somando-se ainda as contribuições de M. WERTHEIMER (1943) e W. KÖHLER que reconheceram a existência de totalidades irreduzíveis como o aspecto-chave da percepção, afirmando que os organismos vivos percebem coisas não em termos de elementos isolados, mas como padrões perceptuais integrados, totalidades significativamente organizadas que exibem qualidades ausentes em suas partes. Assim, a ciência da complexidade, no final do século, vem novamente confirmar o postulado da "totalidade complexa" ou "totalidades irreduzíveis" dos sistemas complexos.

No estudo da percepção visual, consideramos que cada indivíduo possui um sistema de percepção visual diferente, que o faz único na natureza. Com esta afirmativa podemos perceber o alto grau de complexidade do sistema em questão. Aplicando-se no estudo desse sistema, a idéia de uma "totalidade complexa da percepção", consideramos, sob este ponto de vista, o sistema de percepção visual humano como um sistema complexo, que deve ser analisado na sua totalidade complexa, pois nele agregam-se vários fatores: psicológicos, ambientais, fisiológicos e cognitivos, de ordem muitas vezes não muito bem definidos no momento de uma avaliação. Em uma análise de cunho cartesiano, esses fatores são, na maioria das vezes, desconsiderados, por não estarem normalmente expostos na espinha dorsal do sistema e, sim, dentro do emaranhado da rede.

O sistema de percepção humano engloba vários sentidos: o tátil, o olfativo, o auditivo e o visual. Todos de certa forma estão entrelaçados e interligados ao sistema nervoso central, pertencentes à estrutura organizacional do cérebro. CAPRA (1996, p.78) descreve a estrutura

organizacional do cérebro como um sistema de redes onde são utilizados os argumentos da não-linearidade dos organismos vivos:

*“A estrutura do cérebro humano é imensamente complexa. Contém cerca de 10 bilhões de células nervosas (neurônios), que estão interligadas numa enorme rede de milhões de junções, (sinapses). Todo o cérebro pode ser dividido em subseções ou sub-redes, que se comunicam umas com as outras à maneira de rede. Tudo isto resulta em intrincados padrões de teias entrelaçadas, teias aninhadas dentro de teias maiores”.* (CAPRA (1996, p.78)

Mas nossa dúvida paira no método a ser utilizado. Buscamos o conhecimento do sistema de percepção visual, mas como encontrá-lo dentro de um sistema tão complexo?

MATURANA e VARELA (1997), apresentam pontos importantes que podem nos orientar no estudo dos sistemas complexos. Os autores, na preocupação com o estudo da organização do sistema vivo, fornecem uma grande contribuição ao entendimento dos sistemas biológicos e da percepção. MATURANA (1960), citado em MATURANA e VARELA (1997), preocupa-se com duas questões básicas: *Como é a organização da vida? O quê e como ocorre o fenômeno da percepção?*

Após um longo período de estudos, para tentar resolver essas questões, Maturana postulou que:

*“O sistema não é somente auto-organizador mas também continuamente auto-referente, de modo que a percepção não pode ser vista como a representação de uma realidade externa, mas deve ser entendida como a criação contínua de novas relações dentro da rede neural”.* (MATURANA e VARELA, 1997, p.88)

Os estudos de MATURANA E VARELA (1997) nos apontam três critérios para o estudo da organização do sistema vivo: o estudo do padrão, da estrutura e do processo. Esses critérios são interdependentes, pois só podem ser analisados conjuntamente. Para os autores, o padrão de organização de

qualquer sistema, vivo ou não vivo, é a configuração de relações entre os componentes do sistema. São elas que determinam as características essenciais desse sistema e de sua estrutura, ou seja, a incorporação física de seu padrão de organização.

Nesse sentido, podemos dizer que a descrição do padrão de organização da percepção visual numa tarefa de inspeção visual envolve um mapeamento abstrato de relações e a descrição da estrutura envolve a descrição de componentes físicos efetivos do sistema de percepção do operador (acuidade visual, movimento dos olhos, etc). Como o sistema de percepção visual é um sistema de um organismo vivo, Capra considera que, nesses casos, o padrão de organização está incorporado na estrutura do organismo e a ligação entre padrão e estrutura reside no processo de incorporação contínua.

### **Aplicação do conceito de complexidade**

Aplicamos os conceitos formulados por Maturana e Varela (1997), aos critérios fundamentais do sistema de percepção visual (padrão de organização, estrutura e processamento) em tarefas de inspeção, apresentados esquematicamente conforme figura 2. Esses critérios são considerados por Maturana e Varela como os critérios-chave para o estudo do sistema de percepção visual, sendo descritos a seguir:

- **padrão de organização da percepção visual** - Do ponto de vista da "Autopoiesis" proposta por Maturana e Varela, o entendimento da vida começa com o entendimento do padrão, assim o entendimento de qualquer sistema começa pelo entendimento do seu padrão de organização. E sob essa ótica, é justamente o padrão de organização que determina as características essenciais de um sistema.

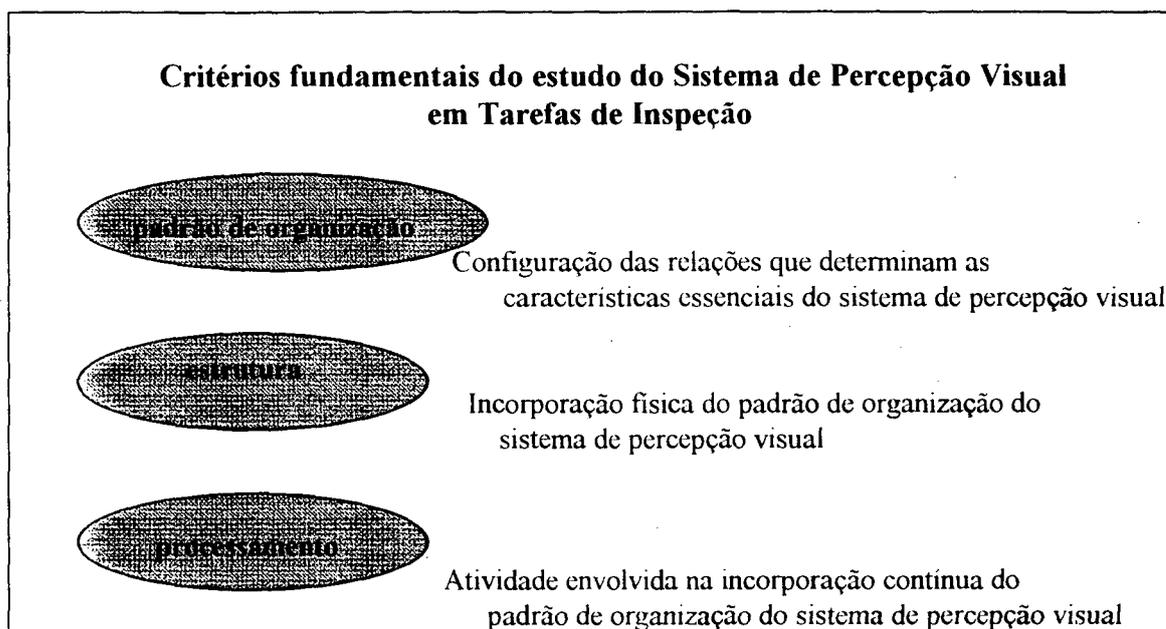


Figura 2 - Adaptação da estrutura dos sistemas vivos de Maturana e Varela (1997)

Considerando-se a percepção visual como um sistema vivo, biológico, o padrão de organização é um padrão de rede, que se produz continuamente. Capra apresenta a idéia de que "o ser e o fazer dos sistemas vivos são inseparáveis" e esse é o seu ponto específico de organização. Podemos considerar o sistema de percepção visual como um padrão de rede no qual a função de cada componente consiste em participar da produção ou da transformação dos outros componentes da rede.

Dessa maneira, a rede da percepção visual cria continuamente a si mesma, ela é produzida pelos componentes que captam os estímulos visuais do ambiente físico e que, por sua vez, produz os estímulos da percepção, dentro de uma rede fechada. Como o sistema de percepção é um sistema biológico, ressaltamos as considerações de MATURANA e VARELA (1997), a respeito dos sistemas biológicos. Esses autores consideram os sistemas biológicos como sistemas fechados, e este fechamento pode ser interpretado no caso do sistema de percepção visual como um fechamento organizacional do seu próprio padrão.

Também devemos considerar, dentro da organização do sistema, os objetivos gerais do próprio sistema. Nesse sentido, a organização da percepção visual dentro da visão sistêmica, encontra-se orientada pelos objetivos gerais do sistema. CAPRA (1996) apresenta as idéias de PERROW sobre os objetivos de um sistema, nos seguintes pontos: sobrevivência do sistema, seu crescimento e sua segurança. Além disso, como parte de um sistema mais complexo do processo de produção, os subsistemas também se organizam dentro desses mesmos princípios, de forma que haja interação com os demais subsistemas para atingir os objetivos gerais.

- **estrutura da percepção visual** - Ao contrário da organização do padrão, que é caracterizada como um sistema fechado, a estrutura do sistema de percepção visual é considerada estruturalmente aberta. Essa conotação da estrutura como sistema aberto foi denominado por BERTALANFFY (1973), pelo fato de que as estruturas vivas dependem de contínuos fluxos de energia e de recursos, havendo um equilíbrio e fluxo denominado pelo autor de "equilíbrio fluente".

E através do estudo de I. PRIGOGINE, citado por por CAPRA (1996), a respeito das estruturas dissipativas, o próprio conceito de equilíbrio está associado à previsibilidade de comportamento. Assim, a previsibilidade do comportamento da percepção visual em tarefas de inspeção está associado a um estado de entropia mínima do sistema. Mas a imprevisibilidade do sistema de percepção visual é uma característica muito marcante, o que poderíamos afirmar, é que o sistema de percepção visual trabalha dentro de uma variedade entrópica e, em muitos casos, ele se adapta a estas novas condições, criando a sua própria leitura e interpretação de uma dada situação. A adaptação às novas condições, provenientes da abertura do sistemas, pode emergir espontaneamente novas estruturas de maior complexidade. O aumento do nível de percepção produz então novos níveis, diferenciando-se dos níveis básicos anteriores.

Nesse sentido a percepção visual se organiza, porque ela tem sua própria razão, hierarquia e heterarquia entre os níveis de percepção. As estruturas, por menores que sejam, têm sua própria autonomia. Assim, a estrutura do sistema de percepção visual deve ser analisada como um sistema aberto pela sua grande imprevisibilidade, pela sua alta sensibilidade ao mundo circunvizinho e pela sua grande influência às pequenas alterações do ambiente físico.

Dentro de uma estrutura aberta, o fator equilíbrio do sistema da percepção visual apresenta pontos de equilíbrios variáveis, conforme a variabilidade da situação apresentada, variação proveniente de sua própria auto-regulação. Podemos concluir que a variabilidade de equilíbrio da estrutura da percepção está sujeita ao grau de sensibilidade em relação ao meio no qual ela se processa.

Para MORIN (1996, p. 253), a estrutura possui: "*a sensibilidade às pequenas mudanças do meio ambiente, à relevância da história anterior em pontos críticos de escolha, à incerteza e à imprevisibilidade*". O autor associa ainda a variabilidade de equilíbrio da estrutura a outros dois fatores : o da unicidade e o da singularidade da percepção. Sendo os fatores contributivos da unicidade da percepção do observador : a variedade, a incerteza e a imprevisibilidade das informações.

Podemos observar na representação esquemática da figura 3, os três elementos acima considerados por Morin, que se constituem dos principais aspectos da unicidade da percepção e da sua singularidade. Dentro dessa concepção, podemos considerar a percepção como parte das próprias emoções, das particularidades, do interior dos indivíduos, pois concentra-se em si o principal aspecto, o da singularidade.

### Percepção do observador em tarefas de inspeção

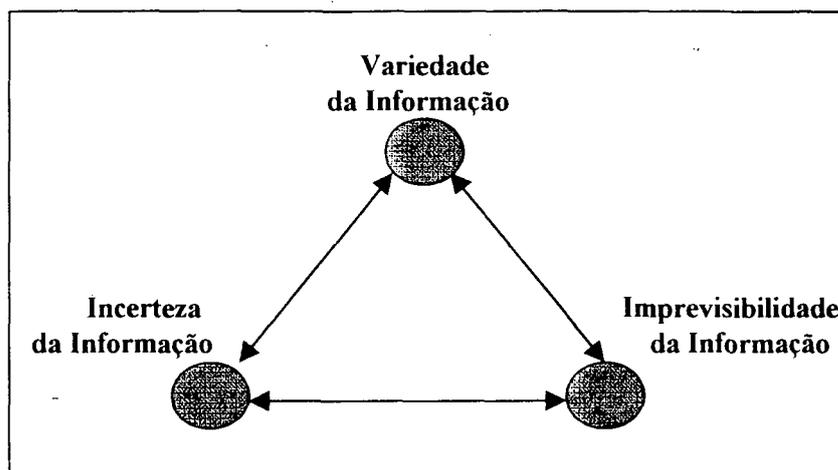


Figura 3- Aplicação dos elementos de unicidade da percepção do observador para análise das tarefas de inspeção. MORIN (1996).

Consideramos nesse aspecto da ciência da complexidade que a singularidade da percepção dos indivíduos é o grande potencial de adaptação dos sistemas humanos ao meio, é a comprovação da grande flexibilidade do sistema de percepção que, mesmo sendo constituída pelos mesmos mecanismos físicos e químicos, iguais a todos os seres humanos, não pode ser facilmente explicada, porque cada ser humano possui um sistema único, um sistema de percepção próprio.

- **processamento da percepção visual** - Pode ser definida como a atividade envolvida na incorporação contínua do padrão de organização do sistema de percepção visual. Podemos considerar também de modo mais genérico, para um melhor entendimento, que o processamento é a parte dinâmica do sistema, a qual mantém em movimento o sistema, gerando o fluxo, captando a informação e remetendo a resposta.

O processamento é algo intrínscico e dentro da idéia da autopoiesis de MATURANA e VARELA (1997), os autores falam da autoprodução da vida, podemos, no nosso caso, falar em autoprodução da percepção visual (autopoiesis). E torna-se difícil dissociar a autoprodução da percepção do processamento da percepção, bem como da organização do sistema de

percepção. Como mecanismo biológico a percepção visual tem a capacidade de auto-regulação, pois a estrutura está intimamente relacionada com o processamento. Estes fatos evidenciam o entrelaçamento da rede no sistema de percepção visual, uma vez que o processamento só realmente faz sentido quando associado a outros elementos.

O funcionamento, por sua vez, só pode ser explicado a partir da inteligência do sistema de percepção. O conceito de inteligência dos sistemas vivos, usado por MATURANA e VARELA (1997), permite-nos associar a inteligência do sistema da percepção visual como responsável pela realimentação do sistema e pela sua manutenção.

#### **2.2.4 Estrutura reguladora no desenvolvimento das atividades**

O laço de regulação, estrutura pela qual se promove o equilíbrio, passou a ter um importante significado dentro da teoria sistêmica. O conceito de laço de regulação é proveniente dos estudos de N. WIENER (1943), citado por CAPRA (1997, p.61), no campo da cibernética. Na proposta de WIENER, surge inicialmente o termo "laço de realimentação", definido como "*um arranjo circular de elementos ligados por vínculos causais, no qual uma causa inicial se propaga ao redor das articulações do laço, de modo que cada elemento tenha um efeito sobre o seguinte, até que o último "realimenta" o efeito do primeiro elemento do ciclo.*" Estes conceitos foram posteriormente incorporados na Teoria Geral dos Sistemas por BERTALANFFY, e nos conceitos da ciência da complexidade por E. MORIN, I. PRIGOGINE, CAPRA et al, passando a ser usado o termo "laço de regulação".

O conceito de laço de realimentação originalmente proposto por Wiener fornece ao sistema a regulação e a manutenção do equilíbrio com base no desempenho efetivo e não no desempenho previsto. Assim, num sentido mais amplo, a realimentação é responsável pelo transporte das informações, que se encontram, presentes, próximas do resultado final de um processo, ou atividade, para as fontes de origem do processo.

A estrutura do laço de realimentação apresentada por WIENER pode ser representada, conforme a figura 4, que ilustra o laço de realimentação na atividade de andar de bicicleta.



Figura 4. Laço de realimentação representando a atividade de andar de bicicleta. WIENER (1943), citado por CAPRA (1997, p.62).

Quando da aprendizagem de andar de bicicleta, existe uma certa dificuldade no monitoramento da realimentação a partir de contínuas mudanças de equilíbrio e dirigibilidade da bicicleta de acordo com estas mudanças. A roda dianteira do principiante tende a oscilar muito. Mas, à medida que a habilidade do aprendiz aumenta, o cérebro monitora, avalia e responde automaticamente à realimentação, as oscilações da roda dianteira se suavizam até cessar num movimento em linha reta, WIENER (1943), citado por CAPRA (1997, p.62). O exemplo da atividade andar de bicicleta é um exemplo simples, mas serve para mostrar o funcionamento dos principais aspectos dos laços de realimentação.

A realimentação é distinguida em dois tipos por WIENER, a realimentação de *auto-equilibração* (denominada negativa) e de *auto-reforço* (ou positiva). Os significados dos símbolos "+" ou "-" representam apenas o sentido de mudança relativa dos elementos que estão sendo relacionados. Como por exemplo entre os elementos A e B; uma influência causal de A para B é definida como positiva se uma mudança em A produz uma mudança em B no mesmo sentido. Se ocorre um aumento de B, e A também aumenta, o elo causal é dito positivo. O elo é considerado negativo, se um dos elementos muda no sentido oposto, quando um aumenta o outro diminui ou vice-versa.

Os símbolos possuem a função de determinar o caráter global do laço de realimentação, identificando-os como de *auto-equilibração* quando contém um número ímpar de elos “-”, e de *auto-reforço* se contiver um número par de elos “-“. As relações causais do elo de realimentação para a atividade de pilotagem de um barco é representada na figura 5.



Figura 5. Elos causais positivos e negativos no laço de realimentação. CAPRA, p. 62.

Os conceitos de sistemas complexos apresentados, devidamente transportados para o sistema de inspeção visual, pode nos ajudar a construir um conhecimento mais amplo das dimensões da percepção humana. E nesse sentido, consideramos pertinente a aplicação dos conceitos da ciência da complexidade no estudo da inspeção visual. É fato que tais conceitos têm-se expandido para os mais diversos ramos da ciência. ROBERT ASHBY um dos primeiros a utilizá-los no campo das ciências humanas, conforme descrito por CAPRA (1997), foi sem dúvida, o primeiro a descrever o sistema nervoso como auto-organizador.

### 2.2.5 Conclusão sobre a aplicação dos conceitos sistêmicos

No tradicional paradigma científico cartesiano acredita-se que as descrições são objetivas, isto é independentes do observador humano e do processo de conhecimento; no novo paradigma, a compreensão do processo de conhecimento e do observador precisa ser explicitamente incluída na descrição dos fenômenos naturais, tornando-se um estudo muito mais amplo. Mesmo que tenhamos que admitir a incompletude do nosso conhecimento sobre o sistema, devido a sua alta complexidade, tal fato não deve ser o limite para o fechamento do estudo. Considerar que ainda estamos aquém do

conhecimento e não, ao contrário, tentar explicar o fato dentro das nossas limitações momentâneas. Admitir a incompreensão completa do sistema complexo é um fator de inteligência, pois ativará a busca da construção de novas idéias.

Estudar redes é fazer associações, não é isolar fatos, mas sim conhecer quais os agentes que se entrelaçam. Como um sistema altamente complexo e pelo enorme emaranhado de conexões na rede, muitos elementos do sistema não podem ser denominados tão facilmente como pertencentes à estrutura, à organização ou ao processamento. Em muitos casos, também, há verdadeira interação entre esses elementos, não se permitindo mais a sua dissociação entre estrutura, organização ou processamento.

A percepção visual, como rede, também terá a hierarquia e a heterarquia dos diversos níveis da percepção, que podem ser exemplificados pela teoria da gestalt de forma e fundo. Nos primeiros níveis, onde as ligações da rede são claras, encontram-se os princípios de boa forma, de alto contraste, de boa iluminação, de boa acuidade visual, dentro das leis já formuladas pela gestalt. Em outros níveis mais difusos, em que o emaranhado torna-se maior, e as variáveis de constraste, cor, acuidade, iluminação, stress, saúde do indivíduo, ruído se misturam com outros aspectos do ambiente e da organização do trabalho, não se consegue mais separar os elementos que contribuem para a redução da percepção do operador nas tarefas de inspeção.

Por isso podemos concluir que a aplicação do conceito apresentado pela ciência da complexidade às atividades de percepção visual só poderá ser compreendida através do entendimento de suas relações. CAPRA (1996, p.89) aponta a relação "*influência do ambiente, equilíbrio dinâmico e adaptação a evolução*", como uma relação existente nos sistemas complexos, e somente sendo possível o seu entendimento dentro de uma relação de interdependência da sua própria organização como atividade. Fatores que mantêm o sistema em funcionamento, através de sua auto-regulação e auto-produção.

A idéia de auto-produção nós podemos associá-la ao sistema de percepção visual, com a da criação da percepção, ou melhor com a construção da percepção, e conseqüentemente com o aumento da performance visual do indivíduo. Esse incremento na percepção visual poderá ser efetivado se aplicarmos técnicas adequadas de aprendizagem, como o construtivismo de Piaget.

Podemos concluir que a percepção visual como sistema complexo, auto-regulador, auto-produtor pode encontrar mecanismos que contribuam para a melhoria da performance visual. A aplicação dos critérios fundamentais dos sistemas complexos ao sistema de percepção visual, por meio do estudo do padrão de organização, da estrutura e do processamento, poderá ampliar o campo de estudo dentro de uma visão muito mais abrangente. O estudo dos sistemas complexos poderá ser aplicado em várias áreas de análise do trabalho, e poderá ser um novo marco dentre as várias disciplinas, entre elas em especial, a análise de tarefas visuais.

## 2.3 Análise da atividade

### Introdução

Para A. WISNER (1994) a análise da atividade é o elemento central da análise ergonômica do trabalho. Devemos inicialmente fazer uma distinção entre **atividade e tarefa**, utilizamos como referência LEPLAT et HOC (1983). A tarefa concentra o objetivo a ser obtido, e a atividade concentra as várias atitudes e ações necessárias para realizar os objetivos pretendidos.

Também devemos ressaltar que, com relação à tarefa, ela deverá ser segmentada na análise sob dois pontos de vista distintos. Do ponto de vista da produção, temos a **tarefa prescrita**, que corresponde a tarefa designada ao operador. E do ponto de vista da atividade desenvolvida pelo operador, tem-se à **tarefa efetiva**, que corresponde a tarefa que o operador desenvolveu. O

“gap” formado entre a tarefa prescrita e a tarefa efetiva tem sido utilizado como uma forma de avaliação para muitas atividades. Mas como avaliar o “gap” formado entre a tarefa prescrita e a tarefa efetiva da detecção de defeitos? Pelo número de peças rejeitadas? Pelo número de peças devolvidas pelo cliente? E, como analisar a tarefa efetiva realizada por vários indivíduos?

Diante destes questionamentos, consideramos necessário aprofundar os conhecimentos nas relações existentes entre a tarefa prescrita e a tarefa efetiva da inspeção visual. Com essas mesmas preocupações, BARTHET (1988) posiciona-se afirmando que para se conhecer melhor essas interfaces, faz-se necessário conhecer as características do operador dentro do contexto no qual a tarefa é realizada, através dos estudos das interfaces entre o homem/ tarefa.

### 2.3.1 Componentes da atividade

Toda atividade desenvolvida pelo ser humano é constituída em sua essência pelos esforços despendidos pelo homem para atingir um determinado objetivo em uma determinada situação. Buscamos nessa essência as componentes básicas da atividade de inspeção, propondo um estudo sistêmico a partir dessas bases. Sob este nosso ponto de vista, as componentes da atividade segmentam-se entre os aspectos do homem, da tarefa e do meio, conforme representamos na figura 6, na qual propomos esta estrutura para o desenvolvimento da nossa análise.

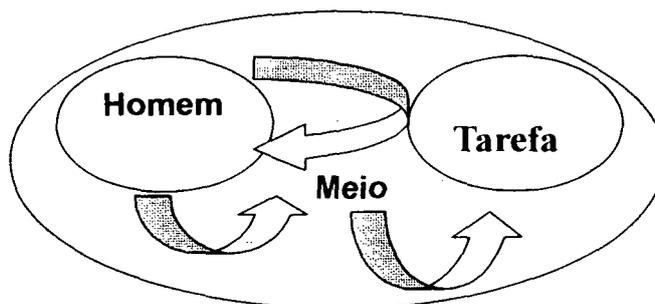
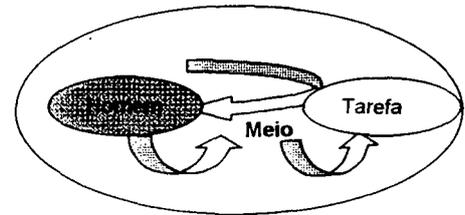


Figura 6. Representação esquemática da proposta de estudo das componentes básicas nas atividades de trabalho e seu inter-relacionamento sistêmico.

Estes três elementos, **homem-tarefa-meio** encontram-se generalizados para qualquer tarefa, tornando-se necessário elucidar as componentes de cada elemento. Neste primeiro momento trataremos das componentes humanas da atividade de inspeção. No item 2.4 serão tratadas as componentes da tarefa e no item 2.5 as componentes do meio ambiente.

### 2.3.2 Componentes do Homem



#### Introdução

As cinco componentes aplicadas na análise das atividades dos operadores são: as gestuais, as sensoriais, as perceptivas, as cognitivas e as regulatórias. A divisão é proposta pela classe de problema apresentado na situação de trabalho, e SANTOS(1997) salienta os quatro métodos mais utilizados para essas classes de problemas:

1. Método de análise das atividades em termos gestuais;
  2. Método de análise das atividades em termos de informação;
  3. Método de análise das atividades em termos de regulação;
  4. Método de análise das atividades em termos de processos cognitivos.
- **método de análise das atividades em termos gestuais** – É recomendado para situações onde há preponderância das atividades motoras e há, de certa forma, um maior negligenciamento das atividades sensoriais, perceptivas e cognitivas. Indicada para o caso das tarefas repetitivas, cíclicas, parcializadas, nas quais os problemas de aquisição da informação, de diagnóstico, de resolução de problemas e de tomada de decisão praticamente desaparecem após o período de aprendizagem.

- **método de análise das atividades em termos de informação** – É recomendado para analisar as atividades em termos de percepção e de tratamento da informação e das ações realizadas. Procuram-se identificar as atividades ligadas à percepção visual, buscando os conhecimentos da fisiologia da visão, acomodação, acuidade, luminâncias, visão periférica, visão foveal, movimentos dos olhos, etc. Aspectos relacionados às percepções auditivas e táteis.
- **método de análise das atividades em termos de regulação** - Procuram-se confrontar os resultados da ação do trabalhador com os objetivos pré-estabelecidos, para ajustar às suas novas ações. É indicada quando se deseja alcançar e manter um equilíbrio de um processo contínuo a fim de mantê-lo em funcionamento dentro de certos limites.
- **método de análise das atividades em termos de processos cognitivos** - Procuram-se abordar o trabalho humano do ponto de vista dos processos cognitivos de detecção da informação, de discriminação da informação, de tratamento da informação, da tomada de decisão e da ação sobre comandos e controles, através das representações mentais do trabalho, dos raciocínios heurísticos do homem no trabalho e nas planificações pessoais do trabalho.

As interrelações das componentes são frutos das atividades sistêmicas de trabalho e acontecem espontaneamente entre o homem e a sua atividade de trabalho e o seu meio ambiente, outras relações são construídas pela evolução histórica do sistema, como a aprendizagem da tarefa e o aumento das habilidades dos operadores.

### **2.3.2.1 Modelos de representação do processamento das atividades**

Em uma atividade complexa, procura-se conhecer o tratamento dado a uma determinada informação, a fim de que o observador possa explorar as

possibilidades ofertadas pelo sistema, utilizando todas as ferramentas disponíveis (cognitivas, verbais, visuais, etc), podendo assim desenvolver uma representação do sistema de forma mais adequada às suas intenções de utilização.

Os sistemas clássicos inteligentes de interface homem-máquina normalmente são modelizados da seguinte maneira, conforme figura 7 a seguir.

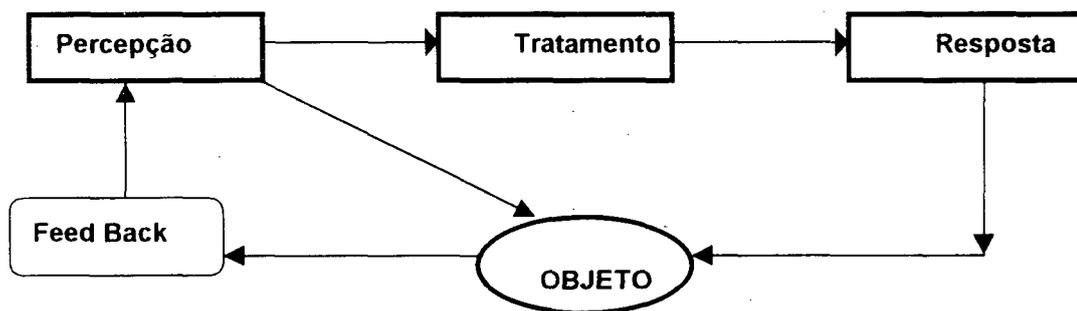


Figura 7 - Modelo de representação do processamento da informação – SEBILOTES. Conception d'Interfaces Homme/Machines. 1993 : Centre de transfert, Compiègne, France.

No desenvolvimento de suas atividades de inspeção, o operador se engaja na sua atividade, constrói uma representação do objeto (sistema) sobre o qual ele intervém, pode ser até que ele possa deformar parte dos objetivos que lhe são dados, conforme os fatores de funcionamento e de auto-regulação que ele próprio produz. SEBILOTES (1987) define a representação como: *“o que é construído dentro da compreensão da situação dada, ou do uso dos conhecimentos da memória (conhecimentos declarativos ou explícitos, conhecimentos procedurais ou tácitos, planos, esquemas, etc)”*.

As metodologias clássicas procuram, nas etapas iniciais de estudo das atividades complexas, compreender o processamento utilizado pelos operadores, dessa forma, busca-se uma modelização do comportamento do

operador, principalmente no que se refere aos estudos aplicados às interfaces-homem-máquina.

Esses estudos, segundo PULAT (1997), sofreram a influência da "Teoria do filtro de Broadbent" (1958), da "teoria dos Blocos de Bill" e do "Modelo de estágios de Donders" (1968). As duas primeiras com abordagens mais clássicas e a última dentro de uma linha mais cognitivista.

A "Teoria do filtro de Broadbent" influenciou fortemente os estudos iniciais de interface Homem/Máquina. Essa teoria considerava o sistema nervoso como um canal simples, limitado pela informação a ser processada, dentro de um limite de tempo, porque possui filtros seletivos que focalizam somente uma porção externa do estímulo a ser processado. Essa visão simplista do processamento não durou muito, revisada por Broadnet (1971), citado por PULLAT (1997), o autor a modifica, incluindo outros aspectos do processamento da informação, mas as linhas principais da teoria seletiva permanecem imutáveis.

WICKENS (1992) apresenta o modelo esquemático do processamento da informação, conforme ilustra a figura 8.

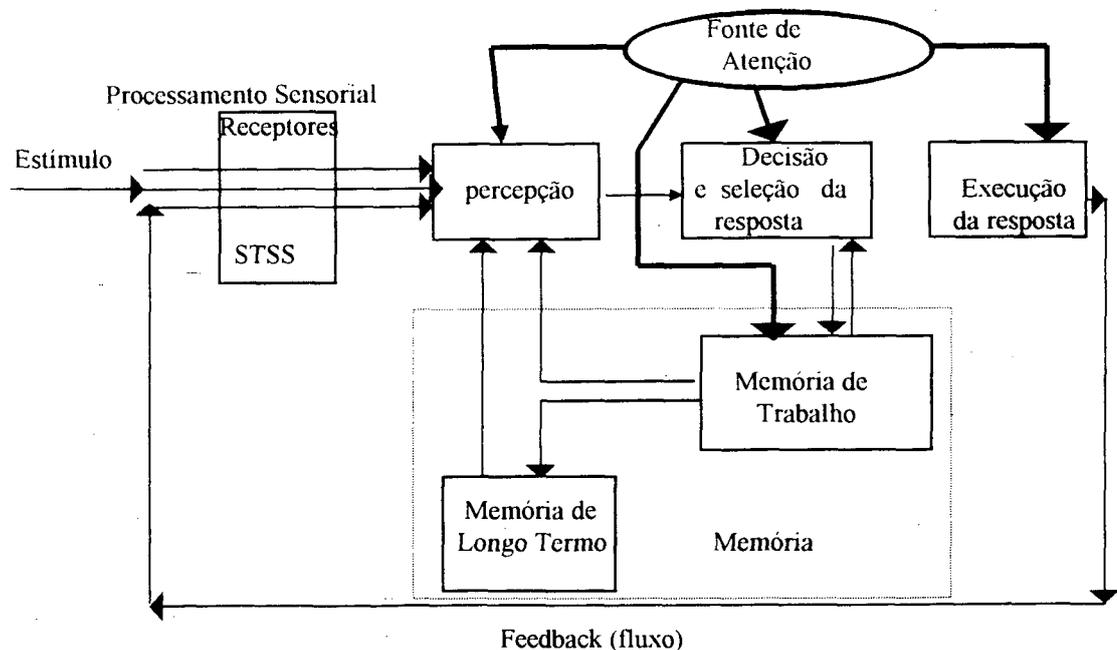


Figura 8. Modelo do Processamento da Informação Humana. WICKENS, Engineering Psychology and Human Performance, 1992.

A estrutura apresentada na figura 8 representa um modelo qualitativo geral, descrevendo os estágios críticos do processamento da informação envolvidos na "performance" humana em uma determinada ação, incluindo as seguintes etapas: Processamento sensorial, Armazenamento sensorial de curto termo (STSS), Percepção, Produção de decisões e Execução de Resposta, Feedback e Fluxo da informação. Essas etapas estão descritas mais detalhadamente a seguir:

- **Processamento sensorial.** É formado pelo senso visual, auditivo e cinestésico. Cada sistema sensorial influencia a qualidade e a quantidade de informação que podem inicialmente ser registradas, alterando dessa forma as fases subsequentes do processo. As características dos cones e bastonetes, receptores das imagens na retina dos olhos, influencia a formação da imagem percebida pelo indivíduo, assim como os receptores e as conexões neurais do ouvido afetam a habilidade na distinção de sons, mascarando-os dentro de um ambiente de ruídos.

- **Armazenamento sensorial de curto-termo. (STSS).** Short-Term Sensory Store. O STSS procura prolongar a representação dos estímulos físicos dentro de um curto período, após o término de um estímulo físico. Quando a atenção é desviada para um outro lugar, o armazenamento sensorial de curto-termo (STSS) permite preservar temporariamente informações do ambiente. O STSS apresenta três importantes propriedades, WICKENS (1992):

- Estágio pré-atencivo: a atenção não consciente é requerida para prolongar a imagem durante o "tempo natural" de armazenagem da informação;
- Relativa Veracidade : que preserva a maioria dos detalhes físicos dos estímulos;
- Degeneração rápida : a informação tem curto tempo para a degeneração, em torno de 2 a 8 segundos, caso a mesma não necessite ser armazenada.

- **Percepção.** O STSS preserva, rapidamente e com atenção, os detalhes obtidos do estímulo das imagens. A informação é processada e enviada para o sistema nervoso central, onde produz contato com um determinado código neural, que aprendeu e estocou anteriormente informações a respeito desta imagem. Por meio desse processo um indivíduo pode reconhecer ou perceber determinada informação ou objeto.

WICKENS (1992) analisa a percepção distinguindo o grau de dificuldade e a categoria da tarefa a ser executada. Quando apenas um estímulo está presente na execução da tarefa, o autor designa-a de nível básico, sendo esta apenas tarefa de julgamento, do tipo "sim" ou "não" e a operação executada pelo indivíduo é uma "detecção". E, nas tarefas de maiores complexidades, onde são utilizadas várias categorias de estímulos, denomina-se "reconhecimento", "identificação" ou "categorização".

- **Decisão e seleção da resposta.** O operador precisa decidir a sua ação, algumas decisões requerem cuidado e necessitam de um tempo maior de decisão, ocorrendo uma análise da situação existente antes da tomada de decisão. Outras ações podem ser rápidas, similares a um processo automatizado. Neste caso, a decisão pode ser a escolha de uma resposta que fornece apenas duas alternativas, por ex : "continua" ou "interrompe a ação" (acionamentos de comandos). Mas, de acordo com o tipo de ação pode haver a necessidade de se buscar informações de "curto tempo" na memória de trabalho ou na estocagem de informações permanentes, na memória de longo-termo, antes do início da tomada de decisão. O ponto de produção de decisão e seleção é, portanto, uma junção crítica na seqüência do processo de informação, estando envolvido no processo um alto grau de escolha.

- **Execução da resposta:** A produção de uma decisão gera uma resposta, que é liberada com a apropriada regulação das forças físicas,

com o comando dos músculos necessários para carregar o tipo de ação solicitada. A decisão para iniciar uma resposta é logicamente separada de sua execução. O sucesso ou insucesso da execução de uma resposta que envolve um esforço físico do operador depende das suas condições físicas e em alguns casos de suas habilidades.

- **Feedback e fluxo da informação.** O processo informacional é um processo dinâmico, que forma um ciclo de retro-alimentação. WICKENS (1992) considera-o como um "loop de feedback visual", pelo fato de podermos visualizar as conseqüências de nossas respostas sobre um determinado estímulo, bem como o "feedback auditivo", "proprioceptivo" e "tátil". O fluxo da informação não se inicia necessariamente com os estímulos. O fluxo, por exemplo, pode ser alimentado algumas vezes através de decisões ou respostas, com o disparo interno de considerações tomadas na memória de trabalho. Percebe-se, então, que não há uma rigidez no fluxo da informação, o feedback para uma determinada ação pode ocorrer sem passar novamente pelo estímulo; desse modo, as experiências representadas na memória de trabalho podem afetar nossa percepção.

-**Fontes de Atenção.** Todos os processos seguintes ao STSS requerem de certa forma atenção para continuar funcionando de modo eficiente. Normalmente, mais de uma fonte de atenção é usada durante a realização de uma ação, a ativação de diferentes tarefas ao mesmo tempo. Podemos citar como exemplo desta ativação a situação em que um motorista pode conduzir seu veículo e, ao mesmo tempo, conversar e frear o veículo, além de mantê-lo seguro.

Podemos apresentar algumas questões iniciais a fim de evidenciar o grau de importância do entendimento dos estágios do processamento da informação, nos moldes clássicos, podendo ser levantados pontos importantes como, por exemplo, na avaliação da carga de trabalho imposta pelo tipo específico de tarefa. No caso das tarefas de controle de defeitos, onde se tem

alguns poucos segundos para selecionar imagens que se encontram fora de determinado padrão pré-estabelecido de similariedade. Tarefa esta que requer o uso intensivo do armazenamento sensorial de curto termo, STSS, na procura da detecção da informação.

Desse modo, as atividades de inspeção visual tendem a sobrecarregar a fonte de atenção dos operadores. Essa é uma das características desse tipo de atividade que deverá ser criteriosamente estudada para se avaliarem as consequências do sobrecarregamento da fonte de atenção.

A teoria da ciência da complexidade procura ampliar a visão do fato, assim podemos concluir que apenas a visão clássica da teoria do processamento da informação pode não ser suficiente para analisar todos os aspectos de uma tarefa de inspeção. Principalmente no que se refere aos objetivos das teorias do processamento da informação, por estarem centrados na visão das interfaces homem-máquina.

Já a "Teoria dos blocos de Bill" fundamenta-se na proposição de que os seres humanos são limitados em termos de processamento contínuos de informações. Bill argumenta que cada trabalho precisa ser espaçado, com intervalos de interrupção, os quais o autor denomina de "blocos". Pela teoria de Bill, o processamento não é contínuo, mas sim segmentado.

O modelo de estágio de Donders procura compreender o sistema de processamento da informação dentro de um sistema mais complexo, a respeito do qual o autor observa que o tempo necessário ao processamento da informação depende dos inúmeros processos mentais envolvidos. Na época, foi dada pouca atenção a essa teoria, por ser mais aberta e flexível, não acenando, dentro das visões cartesianas, com uma possível aplicação. Essa teoria tem sido muito explorada atualmente, pelas correntes cognitivistas.

## **Comentário geral do processamento da informação**

Para que possamos alcançar os objetivos pretendidos, apresentados no capítulo 1, consideramos necessário a compreensão do processamento da informação que ocorre durante a realização da tarefa, no que diz respeito ao conhecimento adquirido e armazenado, que induz a determinados procedimentos de ação bem como a sua automaticidade.

O estudo do processamento da informação em tarefas de inspeção será uma ferramenta útil que nos fornecerá subsídios para a compreensão do encadeamento das etapas durante a sua realização.

### **2.3.2.2 Processamento da percepção visual**

#### **Fontes de estímulos das informações visuais**

Consideraremos, dentro deste trabalho de pesquisa visual, como fontes de estímulos ou meios de transmissão das mensagens visuais os produtos (objetos tridimensionais produzidos ou selecionados industrialmente) e os principais meios de apresentação das mensagens (computador, televisão, vídeo e painéis). Sendo estes os agentes físicos da mensagem a serem percebidos.

#### **O sistema da percepção visual**

O nosso ponto de partida dentro deste estudo é compreender as etapas do processamento da percepção visual, pois consideramos que a análise do trabalho deve partir da compreensão das variáveis humanas envolvidas na realização da tarefa visual. A compreensão do funcionamento dessas variáveis nos será de grande auxílio, proporcionando melhores condições de

análise e possibilitando seus eventuais controles durante a execução de determinada tarefa.

Um dos primeiros questionamentos no estudo da percepção relaciona-se ao entendimento da percepção humana acerca do mundo ao seu redor. Questiona-se então: Como percebemos os objetos, as cores, as cenas, ... enfim os movimentos que nos levam a reagir diante da vida?

Esses questionamentos, de certa forma, nos norteiam dentro deste estudo da análise visual, pois contemplam também o questionamento de "como vemos" os objetos e as informações de nosso ambiente e de que modo cada indivíduo o realiza.

As diferenças intra-individuais demonstram que essas diferenças produzem nos indivíduos modos distintos de perceber, de olhar, de enxergar, de sentir, e de ouvir. Elas podem, portanto, provocar diferentes respostas em diferentes indivíduos para um mesmo estímulo, ou mesmo diferentes respostas para um mesmo indivíduo, se as condicionantes internas e externas forem alteradas.

GOLDSTEIN (1989) inicia a análise do processo da percepção visual dividindo as etapas da percepção de um objeto. Como por exemplo, uma cadeira que pode ser analisada através das seguintes etapas ilustradas na figura 9:

1. A luz ilumina a cadeira e esta é refletida para dentro dos olhos de um indivíduo
2. A imagem da cadeira é formada dentro da retina do indivíduo
3. Sinais elétricos são gerados pelos receptores, que são estruturas designadas para apanhar energia do ambiente e transformá-las em energia elétrica

4. Estes sinais elétricos são transmitidos pelos receptores em direção do cérebro aos neurônios, células especializadas na transmissão da eletricidade para o sistema nervoso
5. Estes sinais elétricos alcançam o cérebro
6. Estes sinais elétricos são „processados“ ou „analisados“ pelo cérebro
7. O indivíduo percebe a cadeira

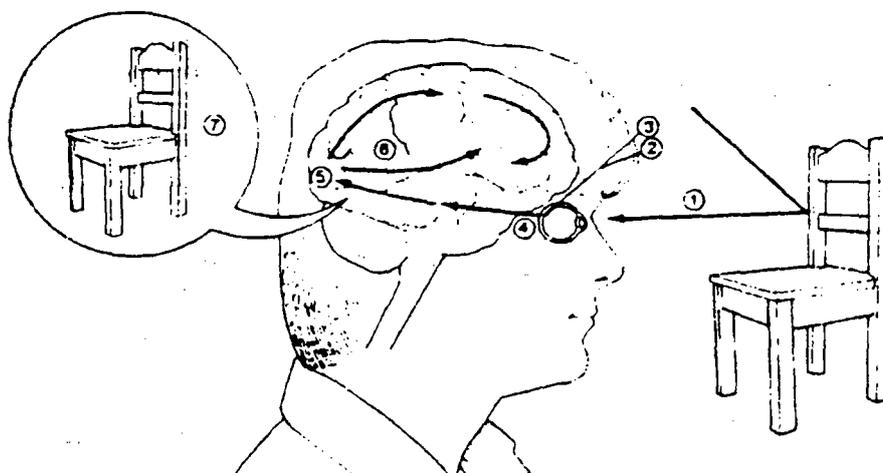


Figura 9 - Figura esquemática das etapas genéricas do processo da percepção visual. GOLDENSTEIN (1989).

Estas sete etapas iniciais são apenas o ponto de partida para o entendimento do processo de percepção visual, mas outras características devem ser consideradas, tais como o movimento corporal do indivíduo para a observação de determinado objeto no ambiente, bem como o movimento relativo do objeto (estacionário ou em movimento). Podemos considerar que dificilmente um objeto em um determinado posto de trabalho está estático e podemos descartar dentro desta análise a postura estática do operador, que apresenta o movimentos dos olhos, da cabeça e do corpo. Estas características dinâmicas aumentam o grau de complexidade no

entendimento da percepção. No caso da observação da cadeira representada na figura 9, ao darmos vida ao observador, isto é movimento à cena como em um ambiente real, o movimento do observador produz movimentos na retina com o envio de novos sinais para o cérebro, criando novas percepções que são experimentadas pelo indivíduo. Estas novas sensações possibilitam novas ações, capacitando o indivíduo a reagir perante o objeto. Considerando-se estes movimentos dentro do processo de percepção visual, devemos então incluir os seguintes estágios para uma real avaliação do processo perceptivo:

- O indivíduo reage para sua percepção, usualmente pelo movimento.
- Estes movimentos mudam o alcance dos estímulos do indivíduo, e o processo continua.

A percepção visual não pode ser analisada apenas como uma sequência destas etapas, mas deve ser analisada como um processo contínuo, dentro do qual vários outros processos estão envolvidos, sendo afetados simultaneamente.

Dentro deste processo de análise, devem também ser considerados os aspectos do processo cognitivo. GOLDSTEIN (1989) aceita a idéia de que o processo cognitivo gera o êxito do processo perceptual sendo, também, um fator determinante. Por exemplo, podemos disparar pensamentos e idéias sobre a cadeira da figura 9, mas a nossa memória do conceito de cadeira, já vistas em nosso passado, podem influenciar nossa percepção sobre cadeira. O processo de percepção envolve uma interação entre o estímulo da informação dos receptores e a informação de nossas experiências passadas que permanecem preservadas conosco.

### **Principais aspectos da percepção nas atividades de inspeção**

Segundo MONTMOLLIN (1967) a percepção é mais importante que a ação nos postos de trabalho da indústria moderna e distingue três aspectos

sucessivos da percepção: a detecção, a discriminação e a interpretação dos sinais pelo operador, propostos por GAGNÉ.

Nas atividades de inspeção entende-se por **detecção** os mecanismos que tornam possíveis a recepção de um sinal de informação. As principais variáveis que influem diretamente sobre a detecção de falhas ou defeitos na inspeção de produtos são: a luminosidade, extensão da área a ser inspecionada, contraste da fonte de estímulo (cor do produto, contraste no produto, cor do defeito, contraste do defeito, contraste do produto com os demais elementos do posto de trabalho), tempo de inspeção, e a aleatoriedade da presença do defeito.

Por **discriminação** entende-se aqueles mecanismos que permitem distinguir um sinal de outro; e por **interpretação**, aqueles mecanismos mediante os quais se confere um significado ao sinal, podendo-se assim dizer que a interpretação gerará uma resposta apropriada à situação.

Para uma maior compreensão do processo visual, abordaremos, nos itens subseqüentes, os aspectos físicos da visão, dos movimentos dos olhos e posteriormente, os aspectos cognitivos no processo visual.

### **2.3.2.3 Aspectos físicos da visão**

O reconhecimento dos objetos e a identificação de suas diferenças formais, falhas ou defeitos só acontece com a presença de luz no ambiente, onde ocorrem os estímulos necessários com a variação do comprimento de onda em torno de 360 a 700 nm. A luz por nós percebida, proveniente do ambiente e dos objetos ao nosso redor, é refletida dentro dos nossos olhos e, com essas reflexões advêm informações acerca da natureza desses objetos.

As particularidades físicas do sistema visual humano alteram o nível de percepção das formas, conseqüentemente há uma variabilidade da resposta de um mesmo estímulo alvo, produzido por diferentes indivíduos. As

condições psicológicas, stress, saúde e a motivação ao trabalho são também fatores que provocam alterações na “performance” visual, independentes do grau de visão do indivíduo (acuidade visual). Faz-se então necessário o conhecimento das áreas de visão, das formas de mensuramento do grau de visão humana, que apresentamos no item seguinte.

### Áreas de visão

Praticamente todas as atividades humanas são realizadas e processadas pelo „input“ visual e auditivo e em alguns casos também pelo sentido tátil. Nas atividades de inspeção, ocorre a máxima exigência do sentido da visão. Faz-se necessário observar a correta posição de localização das fontes de estímulos dos objetos a serem inspecionados.

ITIRO IIDA (1990, p.205) apresenta as áreas de visão para a localização dos mostradores: de visão estática, com movimento dos olhos e com movimento da cabeça, assim descritas:

- **área de visão estática** - Compreende a área localizada dentro do cone de visão de 30°, área ótima de visão do indivíduo estático, sem nenhum movimento dos olhos. Este cone forma-se abaixo da linha horizontal de visão com até 30° e para os lados, com abertura lateral de até 30°. Conforme mostrado na figura 10.

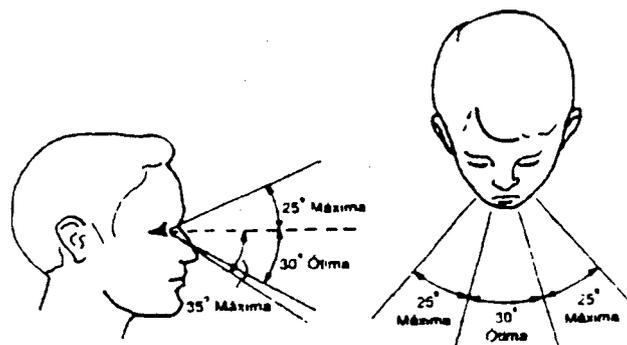


Figura 10. Áreas de visão ótima e máxima . ITIRO IIDA 1990, p. 205.

- **área de visão com movimento dos olhos** - É a área ótima de visão do indivíduo estático, que pode ser alcançada através do movimento dos olhos. Esta área compreende o alcance de  $25^\circ$  acima da linha horizontal de visão e  $35^\circ$  abaixo da mesma linha e, lateralmente, aumentando o cone de visão de  $30^\circ$  para  $80^\circ$ , sendo  $25^\circ$  a mais para cada lado, também representados na figura 8.
- **área de visão compreendendo o movimento da cabeça** - O indivíduo estático, sem os movimentos do tronco e dos membros, aumenta o alcance do campo de visão ótima através do movimento da cabeça. A cabeça consegue girar até  $55^\circ$  para a esquerda e direita, e inclinar-se até  $40^\circ$  quando pendida para um dos ombros; e inclinar-se até  $40^\circ$  para a frente e  $50^\circ$  para trás. Conforme a figura 11.

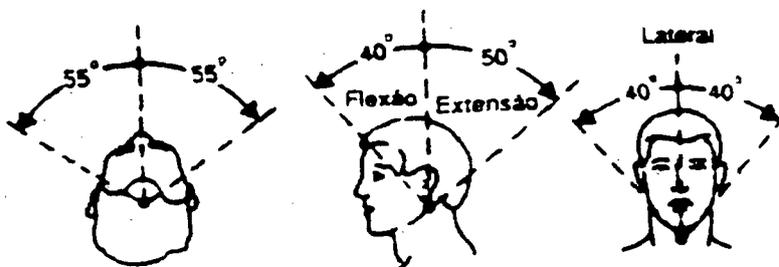


Figura 11. Valores médios (em graus) de rotações da cabeça. ITIRO IIDA (1990, p.127).

### Acuidade visual

A acuidade visual refere-se à habilidade que um indivíduo possui de reconhecer finos detalhes e de distinguir as diferentes partes do campo visual. Nesse processo diferentes tarefas estão envolvidas, tais como: **detecção**, **localização**, **resolução** e **reconhecimento**. A seguir, conceituaremos e detalharemos cada uma dessas tarefas.

- **detecção.** A detecção da acuidade refere-se à tarefa de detectar a presença de um determinado “estímulo alvo” dentro do campo visual. No caso de pequenos alvos, estes são somente detectados com uma grande diferença de contraste entre o fundo e a figura.
- **localização.** A localização ou “acuidade de vernier” apresentada por SCHIFFMAN (1982), consiste em perceber a diferença existente entre linhas não consecutivas muito próximas entre si. Conforme figura 12.



Figura 12. Teste de “acuidade de vernier”. Schiffman (1982)

A “acuidade de vernier” apresentada por SCHIFFMAN (1982) pode ser determinada através de um pequeno experimento, com o qual procura-se testar a habilidade do indivíduo em detectar dois pequenos traços verticais, paralelos, subsecutivos, isto é, o segundo traço inicia-se após o término do primeiro com um pequeno deslocamento mínimo possível horizontal entre os dois traços.

- **resolução da acuidade.** Refere-se à habilidade de perceber discretos elementos de um padrão. A verificação da resolução da acuidade pode ser avaliada através do “Landolt Rings”, que consiste em figuras na forma de pequenos círculos, que apresentam uma abertura proporcional a 1/5 do seu diâmetro, localizado em diferentes posições: esquerda, direita, acima, abaixo ou em ângulos de 45° nos distintos quadrantes. Norma Din- 58220, 1967.
- **acuidade de reconhecimento.** É a mais usual dentre os diversos tipos de acuidade. Nomear e distinguir um estímulo alvo são as tarefas de reconhecimento requeridas por um indivíduo. As “Snellen”, letras, constituem a chamada carta dos olhos, Din-58220, 1967. É o mais comum

teste utilizado pelos oftalmologistas, para medir acuidade de reconhecimento.

Para se determinar a acuidade visual de um indivíduo são estabelecidos alguns critérios para os alvos estímulos, que são especificados em termos de ângulo visual da imagem que subtende na retina. SCHIFFMAN (1982) refere-se ao ângulo visual, como o ângulo formado pelos raios provenientes do alvo estímulo e que são projetados na retina. O ângulo visual é fornecido em graus, minutos e segundos de arco e seu valor numérico representa uma associação das funções "tamanho e distância" do alvo aos olhos do indivíduo. Essa estratégia permite que as duas variáveis "tamanho e distância" do alvo, dentro do ângulo de 1°, forneça os valores de acuidade para cada indivíduo dentro de um padrão, como podemos observar na figura 13, abaixo.

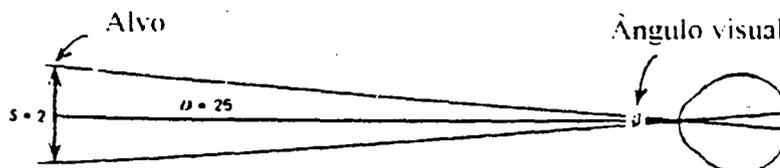


Figura 13. Ângulo visual  $\beta$ . SCHIFFMAN (1982).

Na especificação dos valores de acuidade visual, o **ângulo  $\beta$**  que subtende o alvo da figura 13, apresenta a seguinte fórmula:

$$\tan \beta/2 = S / 2D$$

Onde  **$\tan \beta$**  representa a função trigonométrica para a metade do ângulo visual; **S** representa o tamanho do alvo estímulo e **D** representa a distância do alvo até a retina do indivíduo.

A acuidade visual apresenta distintos valores para cada indivíduo, conforme as características físicas do seu sistema visual, assim como certa variação decorrente da faixa etária do indivíduo, provocando uma certa variação da acomodação do ponto de convergência da imagem no cristalino.

Para que tenhamos um sistema padrão de aferição da acuidade, os testes de acuidade visual são padronizados e estabelecidos a partir de 13 polegadas ( $\pm 33\text{cm}$ ), para a acuidade visual de curtas distâncias e 20 polegadas ( $\pm 6\text{ m}$ ), para acuidade de longas distâncias.

Em termos clínicos, a forma mais usual de acuidade a ser medida é a de resolução e de reconhecimento através da carta dos olhos, Snellen e do Landolt Rings. Em ambos os casos, as figuras padronizadas apresentam tamanhos diferentes que correspondem a determinados valores de  $\beta$ . O indivíduo através da leitura correta dessas figuras obtém resultados dos valores do ângulo  $\beta$ . A tabela 1, abaixo, descreve os valores do ângulo para uma distância de 6m, apresentados no trabalho de HAASE (1982).

Tabela 1. Valores do ângulo  $\beta$  para distância de 6m

Distância verificada 20 feet = 6 m	ângulo (minuto)
20 / 10	0,5'
20 / 12,5	0,63'
20 / 16	0,8'
20 / 20	1,0'-(visão)
20 / 25	1,25'
20 / 32	1,6'
20 / 40	2'
20 / 50	2,5'
20 / 64	3,2'
20 / 80	4'
20 / 100	5'

Fonte:HAASE, W. Ein Neuer Test ( C-Test). 1982

Os diferentes tamanhos dos alvos (letras) utilizados nestes testes, são desenhados a partir de uma projeção de um ângulo de  $1^\circ$ . Portanto a distância

$D'$  representa uma distância relativa de projeção do alvo no ângulo de  $1^\circ$ , no qual o indivíduo consegue fazer o reconhecimento do alvo. Assim, um indivíduo que apresenta um resultado 20/10 possui um excelente grau de visão, significando que a uma distância de 20 pés consegue enxergar objetos menores que os já definidos para uma visão normal, o tamanho deste objeto projetado a um ângulo de  $1^\circ$  (representando uma distância  $D'= 10$  pés), apresenta um tamanho menor que 20/20. E um indivíduo que obtém um resultado de 20/40 apresenta uma acuidade visual mais pobre, pois a uma distância de 20 pés só consegue enxergar alvos que apresentam tamanhos projetivos no ângulo de  $1^\circ$  (representados na distância  $D'= 40$  pés), maiores que o representado na distância  $D = 20$  pés.

Já salientamos que o reconhecimento dos objetos somente se processa com a presença de luz. Sendo, portanto, a intensidade de luz durante a realização das tarefas visuais, condições de brilho do objeto analisado e o contraste entre o ambiente e o seu redor, fatores de extrema importância que provocam aumento ou redução no reconhecimento do alvo, interferindo também no tempo gasto para o reconhecimento. SCHIFFMAN (1982) apresenta a dependência da acuidade visual com a intensidade de iluminação durante a realização de uma tarefa, como podemos verificar na figura 14, abaixo.

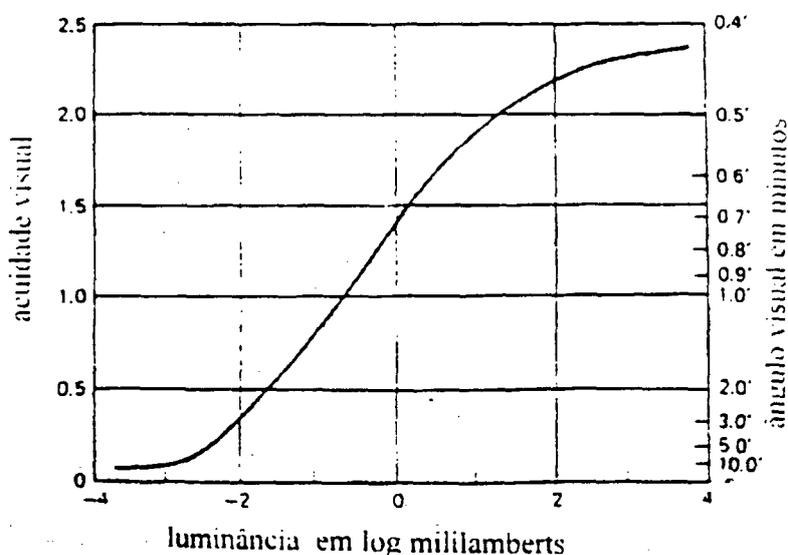


Figura 14. Acuidade Visual como uma função da iluminação. SCHIFFMAN (1982).

A dependência da acuidade visual é mostrada por meio da função logarítmica representada por uma curva. Podemos observar que nos intervalos intermediários de (-2 a +2 unidades de logaritmo, ou 0,01 a 100 mL) a acuidade visual aumenta rapidamente com o aumento da intensidade e em valores inferiores a -2 e superiores a +2 a alteração dos efeitos da acuidade é menor. Outros fatores de importante efeito sobre o nível de acuidade visual são também descritos na literatura de RIGGENS (1965, p. 321-350) e SCHIFFMAN (1982, p.226), tais como: o movimento dos olhos do observador, o tamanho de sua pupila, o comprimento de onda emitido pelo alvo-estímulo e pelo contraste do seu fundo, além de fatores psicológicos. Um dos principais pontos da pesquisa visual em nossa revisão literária foi a compreensão do relacionamento entre acuidade visual e o movimento dos olhos durante a realização de uma determinada tarefa e a sua respectiva "performance". Isso gerou o desenvolvimento de alguns métodos experimentais durante o estágio na RWTH-Aachen, os quais serão descritos no capítulo 5. Torna-se fundamental para o prosseguimento do estudo da pesquisa visual, o conhecimento dos principais mecanismos do movimento dos olhos que serão descritos no próximo item.

#### **2.3.2.4. Movimento dos olhos**

Na literatura científica, o termo é conhecido como "Eye movements" em inglês e em alemão "Blickbewegung". Utilizaremos o termo "Movimento dos olhos" como a sua tradução direta do termo em inglês para o português. O movimento dos olhos é decorrente da ação dos músculos oculo-motores que possibilitam a um indivíduo localizar um alvo e fixá-lo. Os olhos se movem, buscando diferentes pontos do alvo, por meio da região central do olho, a fóvea, onde se encontra o ponto de maior acuidade da visão, conforme podemos observar na figura 15. O rápido e abrupto salto produzido pelo movimento dos olhos é conhecido como "sacada". O tamanho desses movimentos, "sacadas", pode ser curto, em torno de 10' do ângulo visual ou largos, 20° de ângulo.

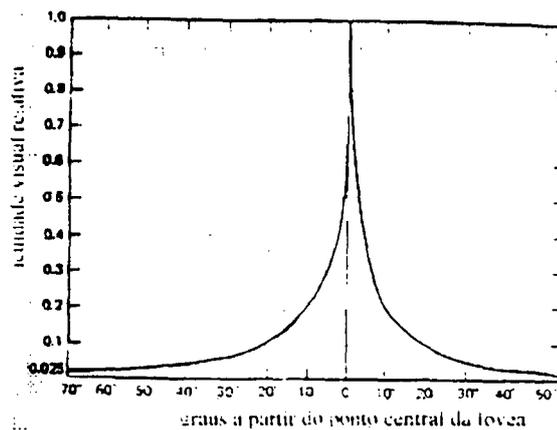
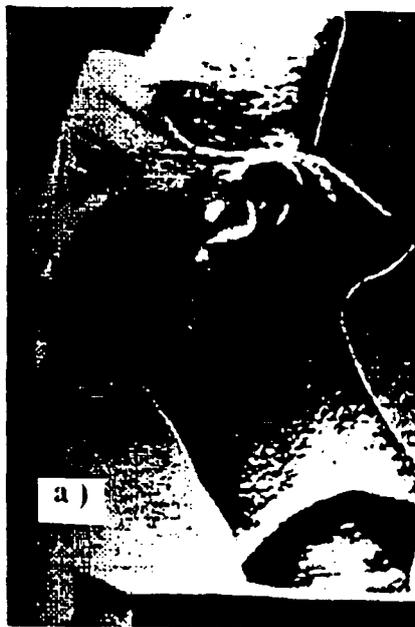


Figura 15. Valores da acuidade visual em relação a distância do ponto central da fóvea. SCHIFFMAN (1982, p. 227).

As sacadas são consideradas movimentos primários, usados para "pesquisar e explorar o campo visual" e podem ser facilmente observados através de instrumentos que gravam as imagens desses movimentos. Muitas pesquisas no campo da Psicologia dedicam-se ao estudo da tarefa de leitura e à identificação de cenas estacionárias. A figura 16, abaixo, apresenta os pontos de fixação dos movimentos dos olhos de um indivíduo durante a observação do seguinte quadro:

a) imagem observada



b) Movimento dos olhos durante a observação

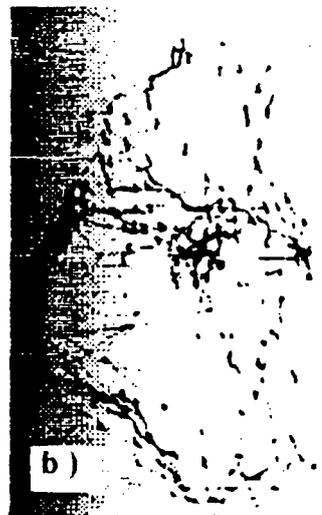


Figura 16. Pontos de fixação dos movimentos dos olhos durante a observação da cena,  $t=3s$ . SCHIFFMAN(1982)

Como podemos observar na figura 16, o padrão do movimento dos olhos pode ser parcialmente determinado pela espécie de informação que pode ser extraída de uma cena. Podemos de certa forma dizer que o movimento dos olhos produz uma compensação em relação ao movimento produzido pelo corpo funcionando como um estabilizador para a imagem, que enfrenta o movimento da cabeça e do corpo no espaço. A velocidade com que os movimentos dos olhos se processam deve-se às características físicas dos músculos responsáveis pelas sacadas dos movimentos dos olhos, que estão entre os músculos mais fortes e resistentes do corpo humano.

SCHIFFMAN (1982) apresenta algumas considerações a respeito do trabalho de ROBSON (1968), sobre a velocidade do movimento dos olhos, assegurando que o movimento de sacada humana dos olhos a  $10^\circ$  dura em torno de 45 msec e pode alcançar uma velocidade angular em torno de  $400^\circ$  por segundo. Normalmente ocorre uma a três sacadas por segundo, elas ocorrem muito rapidamente e ocupam apenas 10% do campo total de visão durante a observação de um alvo.

### **Aspectos da sacada durante a leitura**

O movimento de sacada dos olhos são instrumentos ativos que contribuem para o processo de leitura e, normalmente apresentam, algumas características distintas. Na análise de uma tarefa de leitura, os olhos executam uma série de saltos (sacadas) como podemos observar na figura 17. As linhas horizontais representam o comprimento do salto (distância) e as linhas verticais representam o tempo de fixação. As linhas de regressões referem-se ao retorno do movimento dos olhos em direção oposta a de leitura, consideradas como movimentos regressivos dos olhos

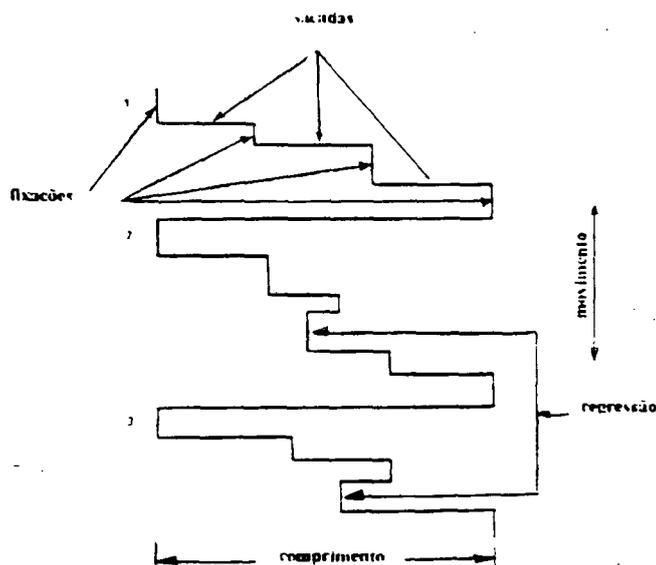


Figura 17. Principais movimentos dos olhos durante a leitura. SCHIFFMAN (1982).

GOLDENSTEIN (1989), SCHIFFMAN (1982) E EYSENCK (1994) admitem que, de certa forma, a percepção visual é momentaneamente bloqueada durante o salto e de fato percebida durante os pontos de fixação.

HOCHBERGER (1978, p.375) apresenta uma pesquisa sobre o movimento dos olhos durante a leitura, concluindo que os leitores experientes apresentam poucas e rápidas fixações e produzem poucas regressões. Pressupõe-se que os leitores hábeis utilizem também as informações provenientes da visão periférica, isto é, das imagens que se localizam ao redor do ponto central de fixação, como um guia direcional para as sacadas durante o processo de leitura, evitando-se assim um retorno do movimento dos olhos contrário ao de leitura, sentido da esquerda para a direita (leitura ocidental).

No caso específico da tarefa de leitura, existem variáveis que podem afetar o seu desempenho e provocar também completas alterações no padrão das sacadas, tais como: o tipo de letra, o tamanho da letra, o espaçamento das letras, espaçamento entre palavras, enfim todas essas variáveis provocam alterações de estímulos alterando assim o ritmo das sacadas.

## **Fases do escaneamento visual**

Durante a fase do processamento visual, consideraremos como escaneamento visual o conjunto das várias etapas realizadas pelo movimento dos olhos para a percepção de uma imagem. A tarefa de observação de uma figura é apresentada por Schiffman e está compreendida em 4 fases distintas dentro do processamento visual, descritas a seguir :

- **simples observação**

A fase denominada simples observação não se caracteriza pelo número de fixações, mas sim por um curtíssimo período em que o indivíduo direciona ou posiciona seus olhos para um alvo. Se ocorrer atenção visual para o objeto ou alvo, seguem-se as demais fases, caso contrário seus olhos buscarão outros alvos de interesse. No caso da observação de um objeto ou alvo a etapa seguinte (fase de estudo) inicia-se rapidamente.

- **fase de estudo**

Nesta fase de estudo é desenvolvido um padrão de sequência do movimento dos olhos.

- **fase de reconhecimento**

A terceira fase, a de reconhecimento, reproduz novamente o escaneamento da imagem com padrões bastante similares ao da fase anterior. Portanto, podemos considerar de certa forma que os movimentos dos olhos são "gravados" em ambas as fases. E, de certa forma, a fase de reconhecimento procura repetir o padrão anterior. Na fase de reconhecimento, utiliza-se o termo "scanpath" como o padrão da sequência do movimento dos olhos que é, então, fixado na memória. O "scanpath" não se torna um padrão único para o observador, haverá possivelmente variações desse padrão a cada nova observação da cena do alvo, assim como haverá variações de padrão entre indivíduos para a observação do mesmo alvo.

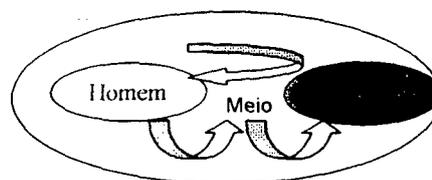
- **idealização da imagem do curso fixado (scanpath)**

Na última fase do escaneamento da imagem, SCHIFFMAN (1982) conclui que o padrão do movimento dos olhos de um indivíduo tende a seguir um curso fixado a partir das características resultantes do "scanpath". SCHIFFMAN acrescenta também que as atividades dos neurônios responsáveis pelos movimentos dos olhos apresentam um grande papel na acuidade visual, na percepção de superfícies e na percepção da variação de profundidade da distância dos alvos.

### Considerações gerais

Neste capítulo procuramos apresentar os principais fatores que se encontram entre a entrada dos estímulos e a execução da resposta, saída da informação, responsáveis pelo processamento da informação, os quais afetam o rendimento das tarefas visuais executadas pelos indivíduos. No próximo capítulo, apresentaremos as principais metodologias aplicadas na análise das tarefas visuais.

## 2.4 Análise da tarefa



### 2.4.1 Introdução

A análise da tarefa dentro do contexto sistêmico deverá ser realizada, observando-se as suas inter-relações por meio de uma metodologia que considere as inter-relações do Homem com seu Meio.

A teoria da informação, já analisada sob o ponto de vista da análise da atividade, apresenta outros pontos importantes a serem considerados que também, de certa forma, constituem o arcabouço teórico da análise da tarefa.

Devemos considerar primeiramente os conceitos sistêmicos do ponto de vista da tarefa, que fundamentam o sistema **Homem-tarefa**. O sistema **Homem-máquina** tem fornecido o embasamento teórico para o tratamento das informações nos sistemas decisórios de alta complexidade e tem sido utilizado para identificar os estágios informacionais das tarefas. Entretanto, gostaríamos de fazer algumas considerações, a respeito desse sistema, o qual de certa forma, norteou as bases da análise da tarefa por muitos anos.

Uma das grandes restrições que vários autores apresentam quanto a sua aplicação na análise da tarefa, é que o sistema homem-máquina atua diretamente na obtenção dos dados de entrada e saída do sistema, de forma bastante objetiva, sem considerar os procedimentos que envolvem o efetivo tratamento de dados. Essa posição se deve muito aos objetivos pretendidos pela análise do sistema homem-máquina que, na maioria dos casos, busca apenas o resultado do estímulo fornecido. Esse sistema considera apenas uma pequena parte do processo perceptivo, relacionando somente questões ligadas a estímulos e respostas.

Do ponto de vista da análise ergonômica das atividades de inspeção, o sistema homem-máquina não pode ser totalmente desprezado, mas sim, deve-se procurar ampliar a sua abordagem. Verificamos que, na última década, o conceito de sistema homem-máquina também evoluiu. E, diante das perspectivas de uma maior humanização no trabalho, respaldado pelo novo conceito de qualidade, que procurou garantir aos indivíduos uma participação mais ativa no desenvolvimento de suas tarefas, fez-se necessária a revisão de alguns conceitos utilizados nos sistemas homem-máquina.

Assim, a seguir apresentaremos os principais aspectos da evolução do sistema homem-máquina, a fim de se ter uma abordagem holística, que possa ser fato se aplicada na análise das tarefas de inspeção. Nos anos 90, novos paradigmas são encontrados no estudo do sistema Homem-máquina. Podemos, dentre esses novos paradigmas, ressaltar o modelo de JOHANNSEN (1993, p.13) que apresenta um modelo mais ampliado do

sistema homem-máquina, representado na figura 18. Nesse modelo o autor apresenta quatro classes de variáveis que influenciam o sistema informacional homem-máquina: a informação, o homem, condições de tratamento e o sistema tecnológico. Ele busca o novo contexto social, onde surgiram novas relações do “homem com seu trabalho”, provenientes das transformações tecnológicas.

No novo contexto das relações do trabalho, as *variáveis ambientais, humanas e de procedimentos* são consideradas como “**variáveis componentes**” do homem, e estão integradas dentro do sistema de informação. Devendo, portanto, serem consideradas em uma avaliação ergonômica.

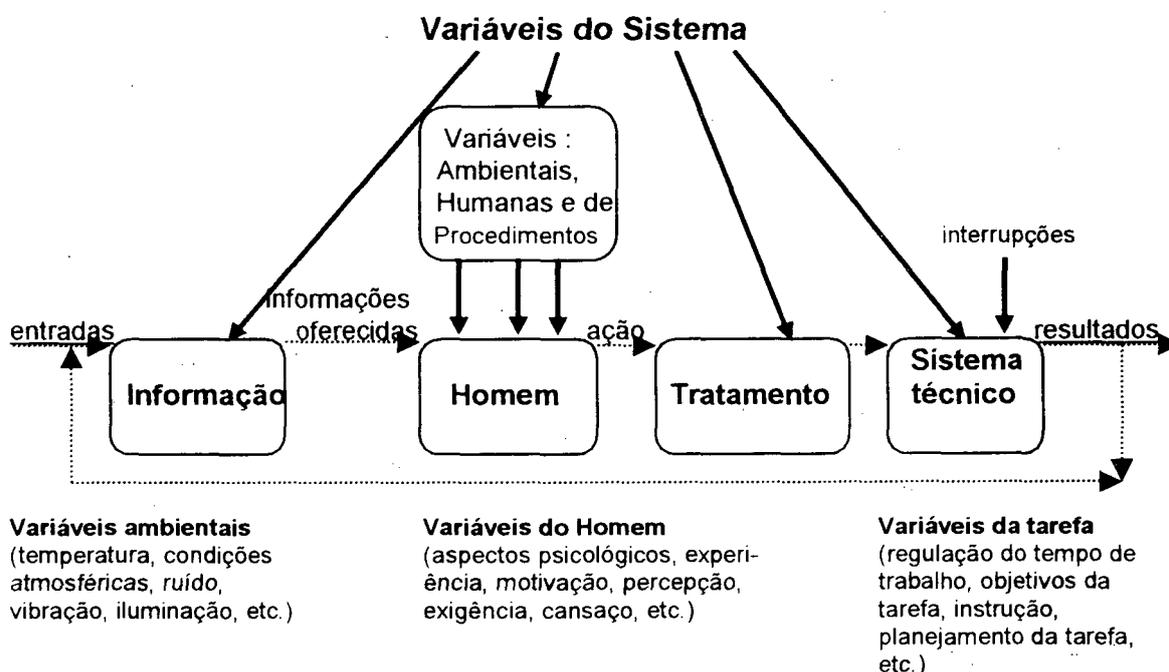


Figura 18 - Variáveis de influência no sistema homem-máquina, JOHANNSEN, G. Mensch-Maschine- Systeme, Springer-Verlager Berlin- Heidelberg, 1993, p.13.

O reflexo deste novo contexto social na análise ergonômica do trabalho determina uma abordagem mais ampla na análise de tarefas, empregando-se um modelo antropocêntrico, onde o homem passa a ser o centro, o meio e o fim de toda pesquisa. O modelo antropocêntrico foi proposto por A. WISNER (1994) e tem sido amplamente divulgado na análise ergonômica do trabalho.

Essa tendência norteia as pesquisas referentes às relações *homem-trabalho*, não apenas dentro de uma nova denominação, como sistema **homem-tarefa**. Mas sobretudo, abordando com muito mais profundidade as questões do processamento humano, procurando conhecer e compreender os procedimentos adotados na ação.

#### 2.4.2 O sistema homem-tarefa

Portanto, dentro dos novos conceitos da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) WISNER (1994), o sistema homem-tarefa engloba, além do relacionamento com a máquina e das condições técnicas de trabalho, as condições organizacionais e ambientais de trabalho, bem como os fatores sócio-afetivos do trabalho.

A AET apresenta três fases distintas:

- a primeira : da **delimitação do sistema homem-tarefa**;
- a segunda : **descrição dos elementos** que compõem o sistema;
- e a terceira : de **avaliação e diagnóstico**.

Na etapa de delimitação do sistema homem-tarefa são traçados, primeiramente, os objetivos a serem analisados dentro de determinado contexto (serviço, empresa, escritório, escola, indústria, etc.). Procura-se estabelecer uma hierarquia dos objetivos, definindo-se assim, um perfil do sistema a ser analisado. Também nessa etapa devem ser denominadas as funções de cada sistema, de seus subsistemas, bem como o grau de inter-relacionamento.

No caso de sistemas industriais, a delimitação do sistema das tarefas visuais é, na maioria dos casos, um subsistema do processo de produção. Portanto, descrever os elementos que compõem o sistema, significa primeiramente compreender o funcionamento do processo de produção delimitado. E, somente através da compreensão ampla das funções desse sistema podem ser definidas ações a serem realizadas, para que sejam

estabelecidas “normas de ação” e os pontos chave que deverão sofrer intervenção. O conhecimento desse contexto facilita a compreensão da tarefa em estudo e permite que sejam identificados, com maior clareza, a entrada, o tratamento e a saída das informações.

Um fator muito importante, na descrição das componentes do sistema, é a estrutura de comunicação do sistema, que se encontra declarada no funcionamento das ligações do sistema (a montante e a jusante), SANTOS (1997, p.105). A forma de comunicação interna também interfere nas informações recebidas e transmitidas de outros postos como podemos observar na figura 19.

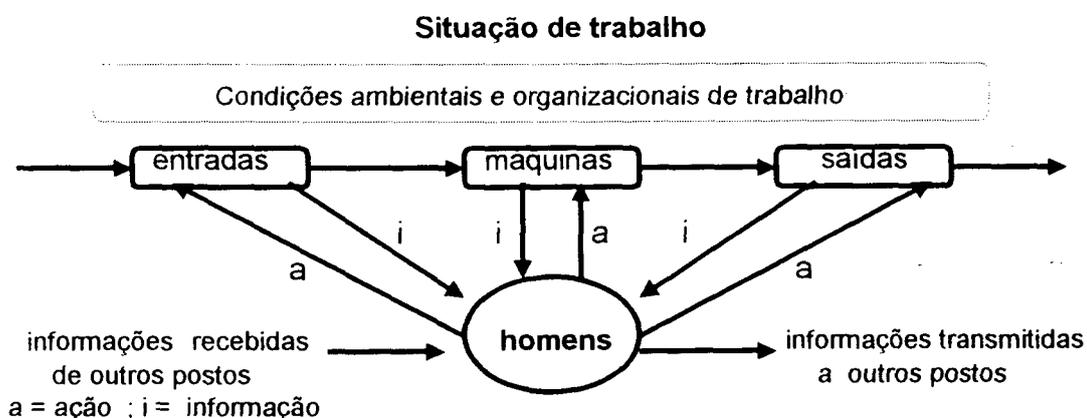


Figura 19 – Exigências de uma situação de trabalho. SANTOS, 1997. Manual de Análise Ergonômica no trabalho, p. 105.

A descrição das componentes dos sistemas homem-tarefa é, sem dúvida, a parte fundamental para a análise das tarefas visuais, nas quais são identificadas as exigências do trabalho. Essas exigências só poderão ser efetivamente obtidas se houver um profundo conhecimento a respeito da tarefa a ser realizada e das componentes pertinentes às funções dos operadores (ambientais, físicas, sociais, organizacionais, materiais, etc.). A avaliação e diagnósticos serão detalhados no capítulo 3. A seguir, descreveremos alguns aspectos de maior relevância das componentes do sistema homem/tarefa a serem aplicados nas tarefas de inspeção.

## 2.4.3 Componentes do sistema homem-tarefa

### 2.4.3.1 Classificação da tarefa

O ponto de partida para a identificação das componentes do homem-tarefa em estudo, refere-se ao tipo de tarefa a ser executada. Buscamos na literatura as principais formas de classificação das tarefas visuais, levantando inicialmente os principais aspectos que categorizam essas atividades.

Na literatura, segundo RAYNER (1978, p.618-660), encontramos dentro do estudo do movimento dos olhos, a categorização das tarefas visuais seguindo a seguinte classificação:

- **observação de figuras** - trata do estudo da informação de imagens proveniente de fotos, quadros ou gravuras no plano bidimensional;
- **pesquisa visual** - refere-se ao estudo da identificação de metas em determinado meio;
- **reconhecimento de padrão** - busca a identificação e o reconhecimento de imagens que apresentam características idênticas.

Essa classificação de RAYNER (1978) é aplicada, de um modo geral, nas pesquisas científicas das áreas da Psicologia, Inteligência Artificial e Engenharia Industrial.

MONTMOLLIN (1969) classifica as tarefas de vigilância visual em quatro categorias aferição/comprovação, inspeção, vigilância, e rastreamento. A classificação refere-se ao tipo de sinal, estável (permanente) ou instável (transitório) ou ao tipo de fonte que emite o sinal, estável ou instável, conforme descrito no tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Classificação das tarefas de vigilância visuais, MONTMOLLIN (1969).

Fonte dos sinais	Sinais permanentes	Sinais transitórios
Fontes estáveis	<b>A) Aferição/comprovações</b> comparações sucessivas	<b>C) Vigilância</b> vigilância propriamente dita Ex. sala de controle
Fontes instáveis	<b>B) Inspeção</b> Controle do aspecto	<b>D) Rastreamento</b> Ex. Radar

Nas **tarefas de aferição/ comprovação**, a fonte dos sinais é estável, o que significa que o operador conhece os possíveis locais onde os sinais podem estar presentes. Como exemplo dessa situação, encontra-se a tarefa do mecânico de aviões que, em uma revisão, segue ponto por ponto dos itens determinados num "check-list", buscando algum sinal presente, nesse caso, trata-se da não conformidade com a norma.

A **tarefa de inspeção**, também conhecida na indústria como tarefa de controle de qualidade, é, segundo MONTMOLLIN (1969), a tarefa mais difícil, porque a fonte dos sinais não é estável. Como no caso do "*controle do aspecto*", no qual o operador busca um sinal: defeito do produto, que pode situar-se em qualquer parte do produto; variando também do ponto de vista qualitativo, por haver distintos tipos de defeitos, os quais, por sua vez, também podem comprometer de forma diferenciada o produto. Esse tipo de tarefa se aplica a todas as que exigem que o operador *procure os sinais*, ou seja, ele organizará a busca perceptiva de acordo com um ritmo e estratégia própria.

As tarefas tipo **A** e **B**, de **aferição/comprovação** e **inspeção** apresentam uma característica comum: nesses dois casos os sinais se encontram presentes no campo do operador e são permanentes, o tempo de permanência de exposição no campo visual é definido pelo ritmo de produção. Entretanto, nas **tarefas de inspeção** desconhecemos a posição dos sinais, que varia de forma aleatória (falha ou defeito no produto), ou podendo, mesmo estar ausente (produto isento de defeitos).

Com relação às **tarefas de vigilância propriamente ditas**, e do **rastreamento ou espreita**, elas se distinguem pelos sinais transitórios. As **tarefas de vigilância propriamente ditas**, distinguem-se do rastreamento, pois naquelas os sinais aparecem em lugares bem definidos. Os operadores, entretanto, desconhecem o momento da presença dos sinais, bem como a duração dos mesmos, que podem ser brevíssimos; como por exemplo, nas salas de controle de processos.

As **tarefas de rastreamento ou espreita**, cujo exemplo típico é o da vigilância de radar, os sinais são transitórios, e os locais de aparição dos sinais muitas vezes não são definidos, podendo ocorrer a presença de sinais imprevistos; por exemplo, no controle do espaço aéreo o aparecimento de sinais desconhecidos, como o de meteoritos.

Destacamos, no trabalho de MONTMOLLIN (1969), apenas as variáveis da percepção dos sinais que se aplicam às tarefas de inspeção visual de produtos, apresentadas a seguir. Essas variáveis podem ser classificadas em duas categorias: como *“variáveis que dependem do contexto do sinal”* e *“variáveis que dependem do contexto operacional”*. Sendo respectivamente detalhadas no item 2.4.4.

#### **2.4.4 Variáveis de detecção na tarefa de inspeção**

##### **2.4.4.1 Variáveis que dependem do contexto do sinal**

Inicialmente iremos descrever as variáveis que interferem na detecção das tarefas de inspeção no contexto do sinal. Na visão de MONTMOLLIN (1969) as variáveis que dependem do contexto do sinal são:

- Intensidade do sinal;
- densidade do sinal;
- a variação da densidade do sinal;
- área de aparição dos sinais;
- ritmo de aparecimento (no caso da inspeção, aleatório).

As variáveis de detecção dos sinais podem ser distinguidos entre as modalidades sensoriais (visuais ou sonoros), pela *intensidade dos sinais*, e pela *densidade dos sinais*. Quanto mais intenso for um sinal melhor é para sua detecção. O sinal é definido por uma ordem de grandeza, como: grau de luminosidade, contraste, tamanho, cor, etc. A intensidade do sinal é fator determinante na discriminação dos sinais auditivos com relação à intensidade do som emitido. A densidade refere-se à relação do número de sinais por unidade de tempo.

Entre as duas variáveis, intensidade e densidade na inspeção de produtos, a intensidade é uma variável que apresenta algumas *peculiaridades*, principalmente no que se refere ao limiar dos sinais visuais, como no caso dos níveis mínimos de contraste percebido. Esses níveis mínimos podem, muitas vezes, serem percebidos por uma pessoa, e por outra, não; mesmo que ambas apresentem o mesmo grau de acuidade visual, elas não possuem o mesmo limite de intensidade dos sinais. Esta peculiaridade faz parte do aspecto cognitivo do indivíduo, pois as cores e os tons produzem diferentes estímulos perceptivos. Os principais aspectos relacionados à cognição, referentes à detecção dos sinais, não são menos importantes do que os da densidade dos sinais, mas, considerando-se que seus principais aspectos já foram abordados no item referente ao processamento da informação visual, procuraremos neste item aprofundar os demais aspectos

Os produtos isentos de defeitos passam a funcionar como "*sinais neutros*", e apresentam uma importante função na detecção dos sinais, pois segundo MONTMOLLIN (1969), a detecção melhora se os sinais neutros apresentam uma diferença clara com respeito aos sinais críticos e se diferenciam entre si.

Na relação da densidade dos sinais e da porcentagem de detecção dos sinais, LEPLAT (1962), citado por MONTMOLLIN (1969, p.54), considera-a como uma função não linear, conforme podemos verificar na figura 20.

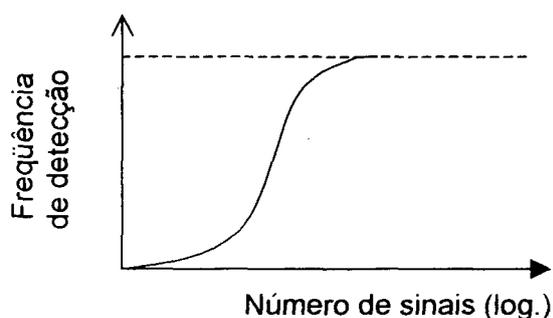


Figura 20. Curva hipotética que ilustra a relação entre o número de sinais e a frequência de Detecção. LEPLAT, 1962.

MONTMOLLIN (1969 ) observou que, na detecção dos sinais aplicados às tarefas de inspeção visual de produtos, a *variável densidade do sinal*, é uma variável importante para o melhor rendimento da tarefa e a distribuição da densidade durante a sua execução, estando relacionada com os critérios organizacionais adotados.

É fato que a tarefa de inspeção depende do observador e, para que se alcance com mais segurança os resultados esperados, emprega-se, quase sempre, mais de um indivíduo para a execução da tarefa. Na grande maioria dos casos, há dois inspetores na linha ou célula de inspeção, os quais trabalham em série. Denominando-se por trabalho em *série*, o posto que apresenta apenas uma unidade de inspeção, na qual trabalham dois operadores dividindo as mesmas tarefas. Menos freqüente é o uso do sistema em *paralelo*, casos em que se tem duas ou mais unidades distintas e independentes de inspeção (autônomas). Os sistemas de inspeção em paralelo se aplicam mais especificadamente às tarefas que envolvem, simultaneamente, a inspeção e o reparo de pequenos defeitos no produto.

MONTMOLLIN (1969, p.55) procura comprovar a hipótese de que a densidade dos sinais interfere no rendimento da detecção, e tenta mostrar que a densidade pode ser controlada ou minimizada pelos critérios organizacionais da tarefa, mesmo numa situação de inspeção de produto. O autor apresenta um estudo no qual analisa dois tipos de comportamento organizacional da tarefa de inspeção; cada comportamento organizacional é analisado independentemente, dentro de uma determinada seção de inspeção, sendo

distinguidas por seção A e seção B. Nesse estudo participaram dois inspetores que realizaram uma mesma tarefa. A tarefa consistia na detecção de uma classe de defeitos, o número total de produtos inspecionados para as duas seções (A e B) foi de 10.000 elementos.

Na seção A houve o estabelecimento de um critério determinado C1, que consistia na localização de uma determinada categoria de defeitos, é como se falássemos de um subconjunto de defeitos mais relevante em termos de comprometimento da qualidade do produto, denominado D1. Nesse caso, existindo um conjunto de defeitos, no qual D1 estaria contido. A tarefa dos dois operadores consistiu em selecionar, entre as 10.000 peças, as que apresentavam o tipo de defeito D1. Essa tarefa foi previamente preparada e contendo um conjunto de 4000 peças com os vários tipos de defeitos, sendo desses 1000 pertencentes ao tipo de defeito D1. A estrutura geral da seção é apresentada de forma esquemática na figura 21.

### Seção A

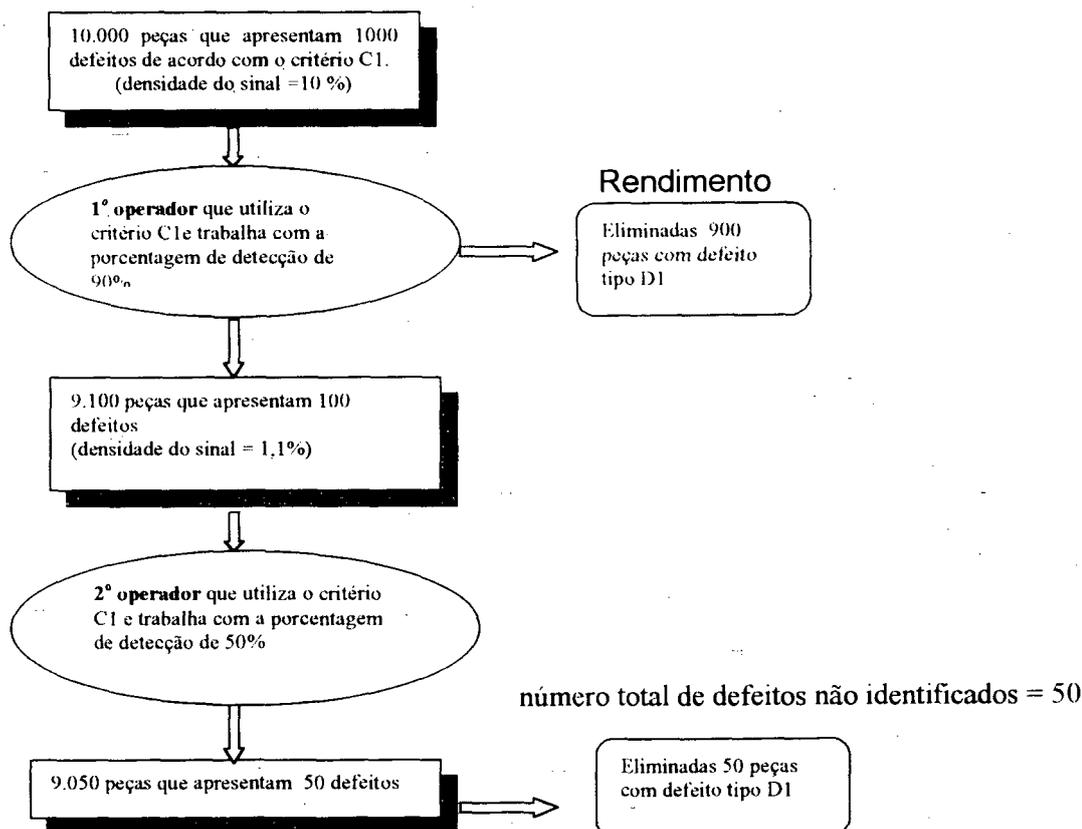


Figura 21. Eficácia dos inspetores colocados em série que utilizam o mesmo critério de inspeção (A), MONTMOLLIN (1969, p. 55).

As tarefas dos operadores na seção A, ocorrem em série, o 1º operador inspecionará todas as 10.000 peças, procurando o defeito D1, descartando-as da linha de produção. O 2º operador toma as peças consideradas boas, para uma nova inspeção, descartando aquelas que apresentam o defeito D1. Este critério de inspeção adotado para a seção A será denominado de C1.

Na seção B, conforme figura 22, os critérios serão mais abrangentes, não tão categorizados, compondo o tipo triagem, verificando a existência de algum tipo de defeito ou não, do tipo C2. Por C2 compreende-se o conjunto formado por todos os defeitos ou anomalias possíveis do produto. O conjunto C2 é formado por 4.000 elementos, dentro destes estão contidos os 1.000 pertencentes ao critério C1.

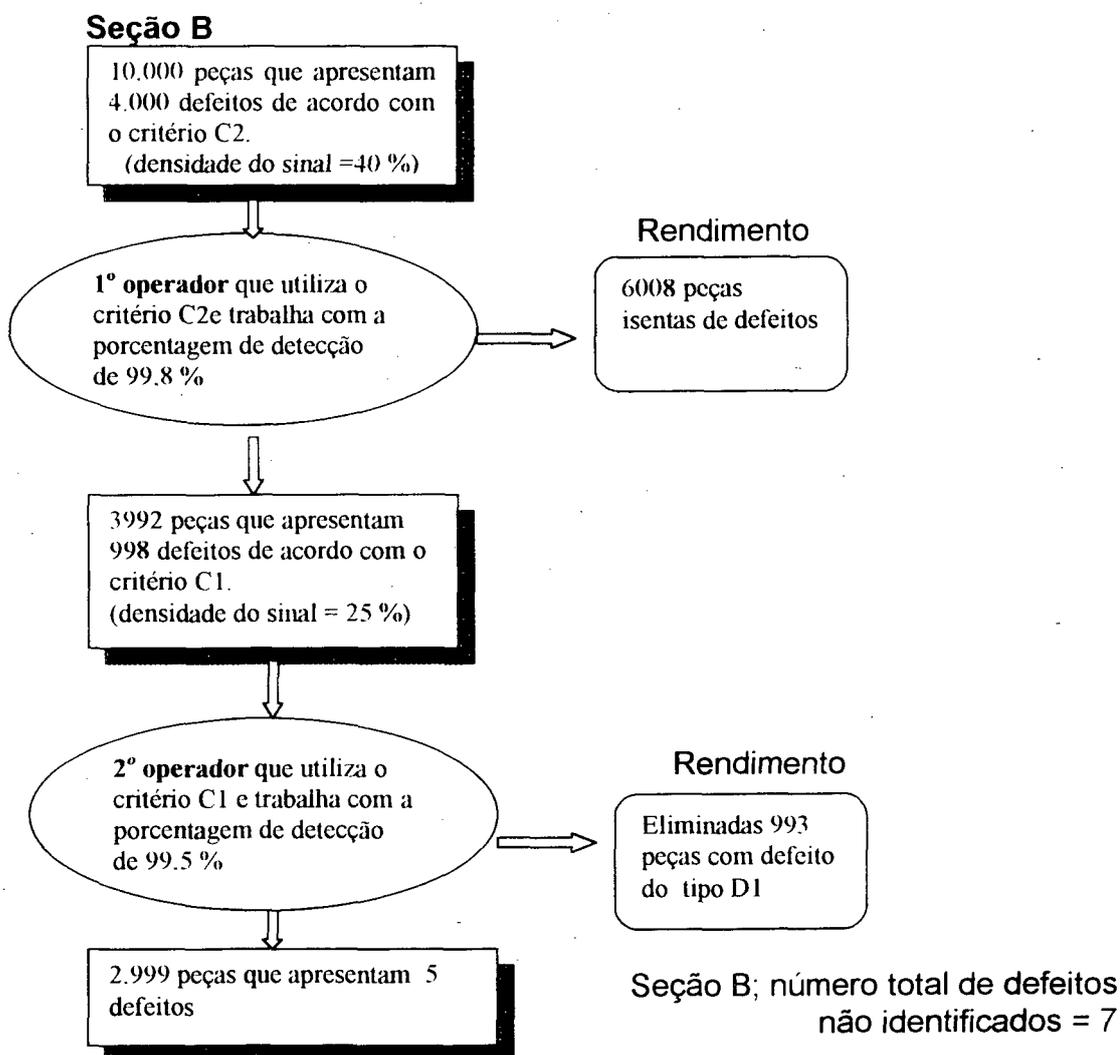


Figura 22. Eficácia dos inspetores colocados em série que utilizam critério distinto (B), MONTMOLLIN (1969, p.55).

Na seção B, o operador realiza a triagem de qualquer anomalia, tentando identificar o conjunto C2. As peças consideradas isentas de defeitos, são separadas do lote. O 2º operador observa o conjunto C2, contendo peças com algum tipo de defeito, e seleciona apenas aquelas pertencentes ao critério C1. Com a apresentação dos distintos critérios na organização da tarefa, mostrados nas figuras 21 e 22. Pode-se verificar comparando-se os resultados das duas seções, que a seção B obteve um melhor rendimento na identificação dos defeitos.

Na situação exposta procuramos analisar o processo envolvido na tarefa das duas seções A e B, a fim de compreender as diferenças e as exigências requeridas em ambas. Na **seção A** representamos genericamente a situação proposta por MONTMOLLIN (1969, p.56), conforme figura 23 abaixo:

Tarefa prescrita para o 1º e o 2º operador	procure o defeito "X",  elimine-os da linha.
Tarefa efetiva do 1º e do 2º operador	Percepção/deteção/ discriminação  decisão

Figura 23. Representação esquemática da tarefa prescrita por MONTMOLLIN (1969, p. 56.)

Na seção A, o 2º operador inspecionará as peças já inspecionadas anteriormente (reinspeção). Como se sente então o 1º operador, sabendo que as peças que ele acabou de inspecionar sofrerão uma nova inspeção? De certa forma sua inspeção está sendo "avaliada" !

A tarefa prescrita na seção A, pode ser assim genericamente esquematizada conforme podemos observar na figura 24 e 25.

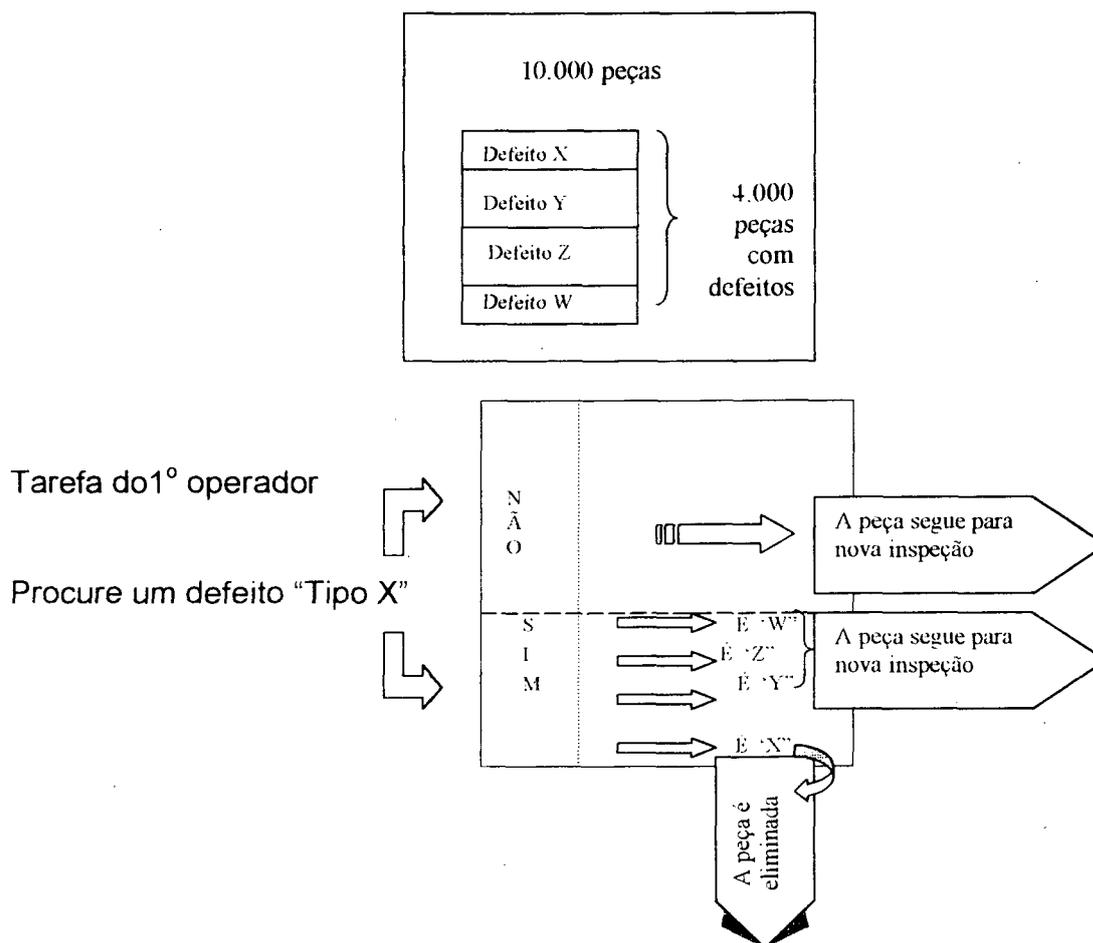


Figura 24. Representação esquemático do fluxograma da tarefa prescrita para o 1º operador, na Seção A, por MONTMOLLIN( 1969, p. 55)

Tarefa prescrita para o 2º operador

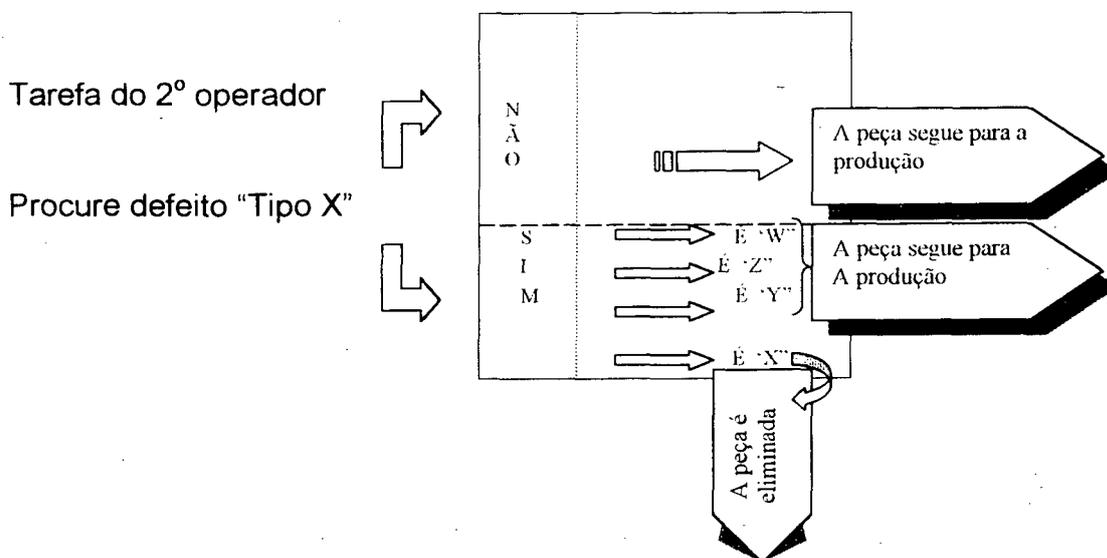


Figura 25 . Representação esquemático do fluxograma da tarefa prescrita para o 2º operador, na Seção A, por MONTMOLLIN (1969, p. 55).

Na tarefa do 2º operador os sinais serão menos freqüentes, com uma densidade menor do que a do 1º operador, figura 25.

Na **seção B** procuramos representar na figura 26, a tarefa prescrita da situação apresentada por MONTMOLLIN (1969).

### 1º operador

Tarefa prescrita para o 1º operador	procure defeito	⇒	separe da linha.
Tarefa efetiva do 1º operador	Percepção/deteccção	⇒	decisão

### 2º Operador

Tarefa prescrita para o 2º operador	Selecione o defeito	⇒	separe da linha.
Tarefa efetiva do 2º operador	Percepção/ discriminação	⇒	decisão

Figura 26. Representação esquemática da tarefa prescrita para os operadores na seção B. MONTMOLLIN (1969).

A tarefa prescrita da **seção B** pode ser genericamente esquematizada, conforme o diagrama da figura 27 e 28.

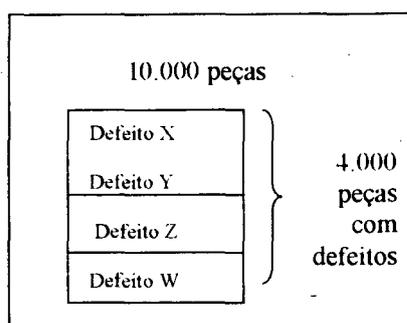


Figura 27. Proporção de defeitos num lote, seção B. MONTMOLLIN (1969).

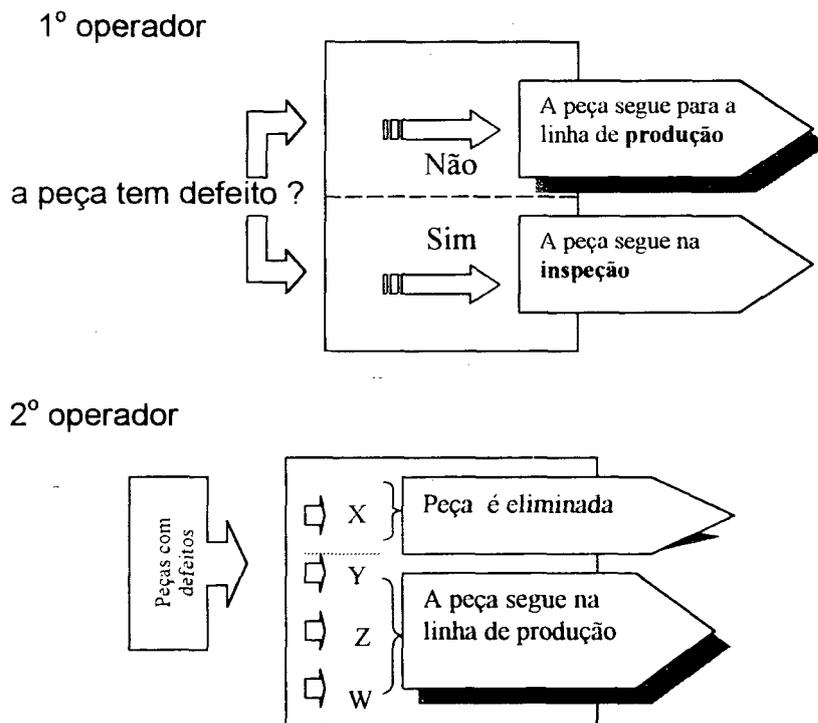


Figura 28. Representação esquemático do fluxograma da tarefa prescrita para os operadores , na Seção B, por MONTMOLLIN (1969, p.55).

Procuramos interpretar sob o ponto de vista da análise da tarefa, considerando a frequência e a densidade dos sinais. Salientamos, então, os seguintes aspectos:

- A segmentação da tarefa, na seção B, entre os dois operadores, contribuiu para a redução da sobrecarga do processo decisório da tarefa, como pode ser exemplificado na figura 29.
- Redução do aspecto psicológico, na seção B. Na outra seção pode-se ter a idéia de que a inspeção não foi bem feita, e tudo aquilo que foi considerado bom pode conter defeito.
- 2º operador na seção B, é parte complementar da tarefa do 1º operador, cabe a ele o processo de classificatório e decisório, atividade de maior estímulo.

### Na seção B

Peça →  é defeito – sim / não.

### Na seção A, tem-se na mesma etapa:

Peça →  é defeito ?  sim  é "X" ?  
 não

Figura 29. Representação esquemática do processo decisório da seleção de defeitos de peças, entre dois tipos de organização da tarefa. MONTMOLLIN, (1969, p.55).

- O operador na seção A, é parte auxiliar da tarefa; auxilia refazendo a mesma operação já feita anteriormente, além do que os sinais são mínimos (1,1%), o operador terá uma tarefa extremamente monótona. E na situação B, a densidade dos sinais continuou proporcionalmente alta.

Com relação a “*estrutura espacial de aparição dos sinais no produto*”, a introdução de algumas técnicas no posto de trabalho podem auxiliar na melhor detecção dos sinais, tais como: pontos de referência perceptivos, métodos de varredura visual, etc. Estes métodos tendem a segmentar a complexidade visual apresentada na área de inspeção, delimitando os campos de forma sequencial a serem captados pelo campo de melhor acuidade visual do inspetor.

Essas técnicas têm, em muitos casos, uma boa aplicação no setor industrial. Os estudos de LEPLAT (1957), citado por MONTMOLLIN (1969), já salientavam uma melhora considerável na realizações das tarefas dos operadores com a introdução de bandas que delimitavam setores, ou fundos com distintas cores, na inspeção da indústria têxtil. Outra proposta apresentada por Leplat refere-se à varredura em espiral a partir da borda. JURAN (1986) recomenda a técnica do agrupamento ordenado das peças para a inspeção. Várias pesquisas, KUNDI, NODINE, LEPLAT, etc., têm mostrado que em geral

percebe-se melhor os sinais centrais, em segundo lugar os cantos externos e posteriormente, os lados externos.

#### **2.4.4.2 Variáveis que dependem do contexto operacional**

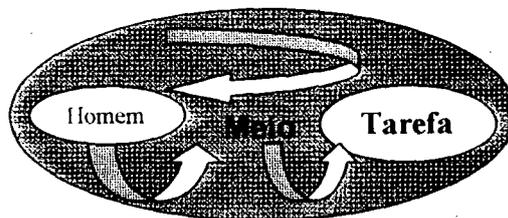
Podem ser apresentadas de forma mais significantes as seguintes variáveis que dependem do contexto operacional: pausas; tempo de trabalho; prescrição da tarefa; motivações; tarefa em grupo ou isolada; fatores individuais; sono e estimulantes; fatores ambientais.

Com relação às variáveis que dependem do **contexto operacional**, deve-se acrescentar alguns aspectos mais relevantes levantados por Montmollin, tais como:

- **Pausas e duração da tarefa de inspeção** – De um modo geral são preferíveis as pausas curtas e freqüentes nas tarefas de inspeção. H. COUTO (1997) recomenda para indivíduos com tarefas de empenho visual para perto, deve ter pelo menos uma pausa de 5 minutos a cada hora de trabalho. As pausas curtas são necessárias e recomendadas a fim de se reduzir as distrações momentâneas do operador. Sendo uma tarefa repetitiva, com alto grau de concentração e monótona, o autor recomenda nesses casos, um máximo de 6 horas de trabalho diário;
- **Prescrições da tarefa**- Na análise da tarefa, MONTMOLLIN (1967), sublinha a influência do comportamento de execução da tarefa por parte do operador com a forma pela qual as instruções foram prescritas, verbal ou oral. Assim como a necessidade de atualizações freqüentes das prescrições, que pode “desatualizar-se” ou mesmo “deformar-se” conforme os meios utilizados para transmiti-las. MONTMOLLIN (1967), observou numa fábrica de aparelhos eletrônicos que as encarregadas da inspeção das soldaduras defeituosas utilizam critérios muito distintos, devido à “imprecisão da prescrição da tarefa” que, por sua vez, provém de profundas divergências entre os chefes de produção. Em alguns casos, as instruções

- modificam a relação “rapidez-precisão”, que procura controlar este fenômeno;
- Conhecimento imediato dos resultados. Na indústria torna-se impossível o conhecimento imediato dos resultados das tarefas executadas, mas poderá ser uma ferramenta a ser utilizada na aprendizagem da tarefa.

## 2.5 Interações sistêmicas entre operador e a tarefa de inspeção



### Introdução

Do ponto de vista de NORROS (1998, p.735)) “as atividades são fundamentadas sob os conceitos teóricos que descrevem os resultados produzidos (“performance”) como uma interação sistêmica entre operadores e o processo”. A base conceitual de um sistema de atividade complexa, apresentada no início deste capítulo fornece a noção de que o operador e o seu ambiente de trabalho constituem-se num sistema. O desempenho na inspeção é considerada a consequência do relacionamento sistêmico entre o **operador** e o **ambiente**, resultando níveis de produção e de saúde.

### 2.5.1 Saúde e trabalho

Iniciaremos o estudo sistêmico abordando os aspectos relacionados diretamente à saúde e ao ambiente de trabalho. É de extrema importância nas atividades visuais enfatizar estes aspectos, uma vez que as modernas tecnologias de produção vêm expondo o aparelho visual a um intenso comprometimento e uso. Embora, este quadro se configure no cenário industrial. O sistema visual é, entre os diversos órgãos do corpo humano, o

menos estudado, e também, o menos protegido em termos de regulamentações e normas, tanto pela Medicina do Trabalho quanto pela Higiene Industrial, PICCOLI e ZAMBELLI (1999). Isso configura uma contradição, uma vez que este sistema, é um dos mais solicitados e envolvidos diretamente nas atividades.

Assim, apresentaremos a seguir os principais comprometimentos para a saúde do trabalhador nas atividades de inspeção.

### 2.5.1.1 O sistema visual em relação às tarefas e ao ambiente de trabalho

O conceito de “visão e trabalho” deve ser analisado e avaliado, também, sob o aspecto de bem estar e eficiência. Considere-se um local de trabalho que apresente condições ideais de iluminação (pressupõe-se perfeitas condições visuais e de conforto aos seus operadores) mesmo nessas condições, as tarefas que incluem a observação de pequenos detalhes por um período prolongado, implicam um comprometimento constante e intenso nos mecanismos visuais. Estes mecanismos por suas características fisiológicas, não toleram uma ativação prolongada, sem que reverta em fadiga ou outras conseqüências de sofrimento físico.

PICCOLI e ZAMBELLI (1999) observam que o sistema visual humano, na sua evolução, adquiriu melhores recursos para uma eficiente exploração do espaço tridimensional para objetos voltados a longas distâncias, não sendo perfeitamente adaptado para uma visão estática e próxima, como as exigidas na maioria das atividades profissionais desenvolvidas nos nossos dias.

A fadiga visual nas atividades de trabalho está relacionada às atividades de alto comprometimento visual. PICCOLI e ZAMBELLI (1999) consideram atividades de **alto comprometimento visual** as atividades que apresentam aspectos de **reaproximação** (objetos alvos a menos de 1m), **prorrogação** (os indivíduos trabalham durante muitas horas seguidas sobre objetos ou

equipamentos muito próximos) e **estático** (a tarefa não oferece alternância fisiológica entre a visão reaproximada e a de longe).

Observa-se nos diversos setores produtivos um aumento do número de atividades que apresentam um comprometimento visual elevado, devido à introdução de novas tecnologias em diversos postos de trabalho, tais como: equipamentos com terminais de vídeos, visores, quadro sinóptico, painéis de comando, microscópio eletrônico, materiais foto-sensíveis, etc., conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Listagem de alguns trabalhos com comprometimento visual elevado nos diversos setores produtivos.

Setor produtivo	Tipo de atividade
▪ Aeronáutica (civil e militar)	Controle de tráfego aéreo no radar
▪ Bancos e seguradoras ▪ Jornais ▪ Serviços telefônicos ▪ Serviços portuários ▪ Escritórios em gerais	Trabalho em terminal de vídeo
▪ Indústria do vestuário	Trabalho de seleção e costura
▪ Indústria fotográfica ▪ Indústria de componentes eletrônicos	Trabalho com materiais foto-sensíveis
▪ Institutos de pesquisa ▪ Laboratórios de Análises ▪ Microcirurgia (vascular e periférica)	Trabalho em microscópio
▪ Indústria farmacêutica ▪ Indústria de alimentos	Controle de impurezas em recipientes transparentes
▪ Indústria metal-mecânica, siderúrgica, química, cerâmica e alimentos	Trabalho com painéis de Controle de processos, Trabalho com equipamentos de comando numérico, inspeção de produtos

Fonte: PICCOLI e ZAMBELLI (1999) Curso internacional de Ergofoftalmologia. Apostila.SENAC SP

As atividades de alto comprometimento visual, além de favorecer a fadiga, podem também provocar uma degeneração da acuidade para perto (miopia) ou da acuidade para longe (hipermetropia) conforme o uso intenso de uma determinada distância focal de trabalho. Este fato é evidenciado nos trabalhos de DUKE ELKER (1930) e SCHWARTZ e SAUBERG, citados por PICCOLI e ZAMBELLI (1999). ELKER demonstrou a existência da relação

entre o comprometimento visual e miopia, verificando indivíduos cujas atividades apresentavam um comprometimento visual elevado (com observação a curtas distâncias por período prolongado) havia uma predisposição significativamente maior de desenvolver a miopia, do que os de comprometimento visual normal. SCHWARTZ e SAUBERG observaram a perda da acuidade para longe nas atividades desenvolvidas por controladores de submarinos, na qual, parte das tarefas e ações relacionavam-se à fixação de objetos a grandes distâncias.

Além desses aspectos, as situações de trabalho que exigem um comprometimento visual intenso e contínuo produzem nas populações expostas sintomas variados e, muitas vezes, de difícil interpretação, tais como: queimação nos olhos, sensação de lacrimejamento, hiperemia das córneas e conjuntivas, cefaléias frontais e occipitais, incapacidade de concentração, sensação de visão dobrada ou fora de foco, perda da acuidade visual para longe, distúrbios psicossomáticos (percepção dos próprios movimentos oculares, sensação de que o olho sai da cavidade orbital, impressão de olhar através de um tubo, etc.).

Nas atividades de trabalho, os distúrbios de natureza ótico-visual apresentam segundo PICCOLI e ZAMBELLI (1999) dois tipos de causas: a primeira refere-se aos agentes físicos e a segunda aos agentes químicos e biológicos. Apesar de se evidenciarem as causas principais, os distúrbios são produzidos por numerosos fatores de ação sinérgica, entre as quais se encontram as sobrecargas associadas aos compromissos visuais (principalmente as observações prolongadas a distâncias inferiores a um metro) e os agentes microbiológicos. A concomitância de alguns desses elementos pode originar um quadro inflamatório ou alterações irregulares, inespecíficas, não sendo possível na maioria das vezes, estabelecer as causas geradoras.

A inespecificidade das causas dos sintomas é demonstrada por PICCOLI e ZAMBELLI (1999) pelo fato de que diferentes agentes, tais como a iluminação inadequada, substâncias dispersas no ar (como por exemplo o

formaldeído) ou o comprometimento visual prolongado, apresentarem, na maioria das vezes, sintomas idênticos. A grande dificuldade reside, então, no diagnóstico preciso das causas, uma vez que os fatores ambientais que concorrem na formação das condições de exposição, afetam de forma diferente os indivíduos (hipersuscetibilidade). Estes fatores, segundo os autores, afetam as avaliações ótico-visual dos operadores e uma correta projeção nas intervenções ergonômicas.

### **2.5.1.2 Comprometimento fisiológico da visão nas atividades de trabalho**

O sistema visual pode ser esquematicamente dividido em três componentes: a primeira, a periférica (globos oculares) com função sensora; a segunda, a central (vias óticas e áreas estriadas do lobo occipital) possui funções de transmissão, elaboração e integração das entradas dos sinais luminosos; a terceira é uma componente acessória (anexos oculares) que promove funções motoras e de proteção.

Os globos oculares encontram-se bem protegidos contra choques mecânicos, pela presença dos relevos ósseos da face e das pálpebras e pelo corpo adiposo da órbita. As pálpebras e os cílios fornecem, também, proteção contra vetores luminosos ofuscantes que perturbem a visão. Nos globos oculares a energia radiante luminosa, enviada pelos corpos presentes em uma certa porção do espaço circunstante, penetra-os produzindo, mediante mecanismos fotoquímicos, impulsos nervosos devidamente elaborados nas sinapses dando, então, origem às sensações visuais. A exploração do espaço, a percepção de cores e das formas estáticas ou em movimento são realizadas pelas estruturas delegadas à mobilidade ocular (músculos extrínsecos) e pela focalização (sistema refrativo).

A focalização é obtida por modificações do poder refrativo do cristalino que muda a sua forma em virtude de uma ação muscular (músculo ciliar) provocando um aumento da convexidade na porção central. Este mecanismo é

sustentado por um complexo sistema neuro-muscular que é ativado quando a imagem retino-cerebral não apresenta nitidez. Este procedimento realiza-se automaticamente quando estão presentes no campo visual, objetos (miras) colocados a uma distância inferior a 6 metros, valor determinado para indivíduos sem alterações de refração. Ocorre, de modo análogo, com a pupila em resposta às condições de luz ambiental. Os movimentos de dilatação-contração pupilar, intervêm em resposta às variações de luz ambiental (reflexo fotomotor), podendo oscilar entre 1 a 9 mm, e nas condições normais do ambiente de trabalho entre 2,5 e 6 mm, na média. PICCOLI e ZAMBELLI (1999) demonstram que o reflexo fotomotor mostra sinais de fadiga após (50 a 60) estimulações consecutivas. Os movimentos de contração pupilar podem, também, se degenerar independentes das condições de luz, nos casos em que entram em sinergia com os mecanismos de acomodação e convergência durante a observação de objetos posicionados a distâncias inferiores a 40 cm, a fim de eliminar radiações luminosas ("parasitas") do campo visual não pertencentes ao objeto observado.

Quando fixamos um objeto são duas as imagens focais enviadas ao cérebro, mas temos a percepção de somente uma (fusão sensorial). Esse fato ocorre quando o objeto se encontra no campo visual binocular (área comum aos dois olhos).

Os movimentos oculares distinguem-se em duas classes: em movimentos voluntários e involuntários. Os movimentos voluntários são resultantes de uma decisão consciente do indivíduo, como no caso do indivíduo girar os olhos a direita e a esquerda, para o alto e para baixo. Os movimentos involuntários são estabelecidos mediante reflexos incondicionados, interpostos por estruturas nervosas subcorticais, neste caso, o indivíduo não possui consciência desses movimentos. Os movimentos involuntários são responsáveis pela captura de imagens de "interesse" do indivíduo, que aparecem no campo visual periférico fazendo com que os olhos cumpram os movimentos necessários, de modo a remeter estas imagens às áreas focais da retina que possuem maior poder de separação e onde é possível uma visão mais detalhada (reflexo de fixação). Na categoria dos movimentos involuntários

se encontram, também, os denominados “movimento reflexo de perseguição”, ocorrendo quando a imagem de “interesse” se desloca no espaço, os olhos cumprem, então, todos os movimentos necessários para que a imagem permaneça no interior das áreas da retina, mediante movimentos de convergências e divergências. Os movimentos oculares involuntários requerem, portanto, um estado de “atenção visual” para que estes se realizem em cooperação com o córtex cerebral. Estes movimentos são definidos como psico-óticos.

Algumas implicações destes movimentos ocorrem nos ambientes de trabalho, principalmente em situações, na qual, os indivíduos possuem um pequeno “campo visual profissional” (CVP). O CVP é definido por PICCOLI e ZAMBELLI (1999) como o campo visual do operador no exercício de sua atividade e é representado pela área formada pelo espaço que o operador coloca predominantemente seu olhar para a execução das diversas tarefas. A grande maioria das atividades exigem posições relativamente fixas do campo visual, terminais de vídeo, painéis de controle, controladores de tráfego aéreo, etc.. Em tais situações os indivíduos permanecem privados da visão de longas distâncias, acima de de 6 metros, denominadas “visão de infinito”. Esse fato impede a desativação dos mecanismos de convergências, que permanecem ativos por todo o tempo de permanência no local de trabalho, provocando desconforto, fadiga visual e outras implicações a longo prazo.

### **2.5.1.3 Ambiente e visão**

Fluxos de ar constantes, como aqueles produzidos pelos sistemas de ventilação e de resfriamento dos equipamentos ou por sistemas de aquecimento ambiental, associados a uma baixa umidade relativa do ar podem afetar os olhos dos operadores, com um aumento do filme lacrimal provocando inflamações conjuntivais e sofrimento na córnea.

A iluminação também pode alterar aspectos fisiológicos dos indivíduos, pelo hormônio da melatonina. A luz quando em excesso pode ultrapassar a

retina, além dos centros corticais visuais, por vias nervosas específicas, fato observado por HOLLWICH (1958), citado por PICCOLI e ZAMBELLI (1999). A melatonina recebe informações das condições luminosas ambientais, adequando as atividades fisiológicas e comportamentais, podendo ter efeito sobre aspectos sexuais, da ovulação feminina, de ordem psíquica e de sincronismo de alguns biorritmos. Intensidades de iluminação em cerca de 1.500 lux inibem parcialmente a produção de melatonina, a 2.500 lux pode ocorrer uma total inibição de sua produção. Portanto, a iluminação tem sobre o homem não só efeitos visuais, mas também metabólicos.

#### **2.5.1.4 Regulações e avaliação do sistema visual**

Reportando-nos às idéias apresentadas por BERTALANFFY (1973), de sistema complexo e dos aspectos de auto-regulação de um sistema, transportamos os conceitos apresentados, compreendendo os distúrbios funcionais do sistema visual como reações que o mantêm em funcionamento, indicando que os mecanismos de regulação estão sobrecarregados e há prestações excedentes às próprias possibilidades fisiológicas.

Faz-se necessário, então, diagnosticar estas disfunções. PICCOLI e ZAMBELLI (1999) propõem, inicialmente, a investigação das disfunções do sistema visual a partir de três aspectos principais:

- da capacidade visual do indivíduo em relação às tarefas a serem desenvolvidas;
- das condições fotométricas do local mediante análise das intensidades de iluminação, particularmente no "campo visual profissional" e a relevância dos fluxos luminosos;
- da presença de eventuais fatores extra-visuais de desconforto em graus de provocar alterações oculares.

## 2.5.2 Fatores ambientais

Segundo PULLAT (1997), as componentes do ambiente de trabalho afetam diretamente o comportamento do "sistema Homem-máquina". Na visão sistêmica, um ambiente de trabalho é composto de pessoas, máquinas, equipamentos e fontes de energia. As pessoas trazem experiências pessoais, e / ou adquiridas no sistema. De certa forma, todas essas experiências estabelecem o contexto de funcionamento do sistema.

Na análise ergonômica do trabalho, os fatores físicos do ambiente que mais têm sido objeto de atenção são os relacionados à iluminação, ruído, vibração e temperatura do ambiente. Sobretudo, os aspectos relativos à iluminação são elementos de grande relevância na determinação do rendimento visual nos postos de inspeção, como mostra o figura 30. BULLINGER (1994, p.96).

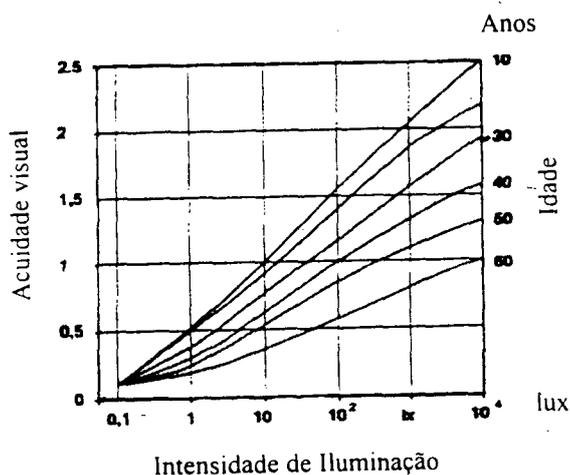


Figura 30. Dependência da acuidade em função do grau de iluminação e da idade do indivíduos. BULLINGER (1994, p.96).

Observamos na figura 30 que o rendimento visual depende diretamente da iluminação. As condições de iluminação das tarefas visuais devem ser adaptadas à faixa etária dos operadores. Adequando a iluminação às pessoas mais idosas, não se perde em eficiência em função da idade. Níveis mais altos de iluminação são segundo BULLINGER (1994, p.96) vantagem para todos os operadores.

## O contraste dos objetos a serem inspecionados

GRANDJEAN (1998, p.227) apresenta os níveis permitidos de contraste de iluminâncias no campo visual dos operadores: no campo central 3:1, no campo periférico 10:1; do campo central para o periférico 10:1, conforme representado na figura 31.

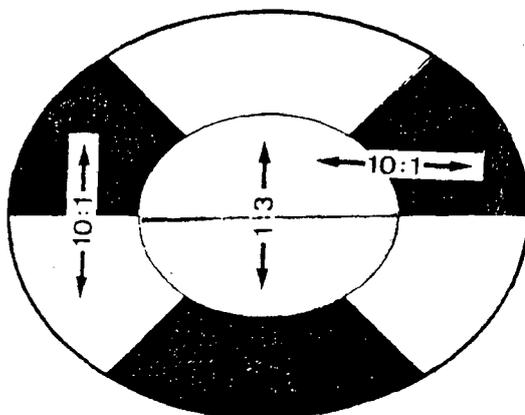


Figura 31. Níveis de contrastes de iluminâncias no campo visual, GRANDJEAN (1998, p. 227).

Consideramos pertinentes para a aplicação nos postos de inspeção às seguintes recomendações de GRANDJEAN (1998):

1. As iluminâncias (brilhos) dos objetos nas diversas superfícies, bem como os objetos que se encontram no campo visual, devem ser preferencialmente de mesma grandeza;
2. Na parte média do campo visual, os contrastes das superfícies não devem ultrapassar a relação de 3:1;
3. Os contrastes na parte periférica à metade do campo visual não devem ultrapassar a relação 10:1, conforme figura 31.
4. No local de trabalho as partes mais claras devem situar-se no centro do campo visual.
5. Contrastes elevados nas partes laterais ou inferiores do campo visual são mais prejudiciais do que os da parte superior.
6. Entre a fonte de luz e o fundo não são indicados contrastes superiores a relação de 20:1;

7. A maior diferença entre luminâncias em uma sala deve ser da ordem de 40:1.

GRANDJEAN (1998) apresenta ainda as seguintes recomendações ao posto de trabalho:

- a não incidência direta da luz solar sobre os equipamentos;
- evitar paredes brancas ofuscantes junto à pisos escuros;
- a não utilização de quadro negro em parede branca;
- o não uso de superfícies polidas e refletoras em bancadas de inspeção.

### **2.5.2.1 Iluminação**

Os principais conceitos relativos a iluminação e fotometria se encontram descritas no anexo 1. Detalharemos a seguir apenas os aspectos relativos ao ambiente de trabalho.

A detecção dos sinais depende tanto da quantidade quanto da qualidade de iluminação no ambiente interno de trabalho, GRANDJEAN (1998). Sendo necessário também considerar o número, tipo e localização das luminárias. GRANDJEAN (1998) apresenta as seguintes recomendações de iluminação nos locais de trabalho:

1. Evitar luz direta sobre o campo visual dos operadores;
2. Não aplicar pinturas brilhantes sobre máquinas ou outras superfícies de trabalho;
3. Alinhar os tubos fluorescentes de forma perpendicular à linha de visão;
4. Utilizar luz difusa que promove uma melhor atmosfera de trabalho;
5. Preferir uma quantidade maior de luminárias de menor potência, a uma menor quantidade de luminárias de maior potência;
6. Evitar o posicionamento de luminárias a 30 graus da linha normal de visão;
7. Impedir fontes de luzes intermitentes.

Recomenda-se a observação da Norma Regulamentadora de Iluminação NBR 5413- ABNT, em sua seção **NB-57/1991**, que apresenta detalhadamente recomendações de iluminação a um efetivo funcionamento do sistema visual. Aspectos referentes à seleção de iluminância de acordo com o tipo de atividade e os valores recomendados para as tarefas de inspeção nos diversos setores industriais, encontram-se detalhados no anexo 2, onde também tecemos alguns comentários e sugestões acerca da referida norma.

Mas, consideramos pertinente apresentar os valores de iluminâncias por classes de tarefas visuais da NB-57, da ABNT, que podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4 . Iluminância por classe de tarefas visuais- NB-57/1991.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50- 75 - 100	Orientações simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500- 700- 1000	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	1000- 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000- 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10 000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 -15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: NBR 5413- *Iluminância de interiores*, NB-57/1991

### Condições ambientais de trabalho

A NR 17, Norma Regulamentadora fornecida pela Portaria MTPS/MG no. 3.435, de 19/6/90, do DOU 20/06/90, LTr 54-7/886 e portaria MTPS/GM

no. 3751 de 23/11/90, DOU 26/11/90, Ltr 54-12/1474, procuram estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto e segurança e desempenho eficiente. Com relação às condições ambientais de trabalho, A NR 17 no parágrafo 17.5.1 recomenda que *“estes devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado”*.

Nesse sentido, consideramos de vital importância o estabelecimento de especificações próprias às tarefas de inspeção. O parágrafo 17.5.2. da citada norma procura evidenciar os locais de maiores necessidade de controle ambiental: *“Os locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes”*. Naquele item são dados alguns exemplos destes locais como: salas de controle, laboratórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos.

A NR-17 apresenta as seguintes recomendações de conforto para estes locais:

1. níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO, 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído não superior a 60 dB.
2. índice de temperatura efetiva entre 20 e 23 °C;
3. velocidade do ar não superior a 0,75 m/s;
4. umidade relativa do ar não inferior a 40%;

## **2.6 Conclusões**

Procuramos neste capítulo apresentar os aspectos relativos a abordagem sistêmica da análise ergonômica das atividades visuais, contemplando os aspectos da atividade de inspeção, da tarefa a ser realizada e dos aspectos ambientais.

Concluimos que uma abordagem de uma análise ergonômica sistêmica para ser efetiva no sistema de inspeção visual, deve contemplar os aspectos dos sistemas complexos, o qual se enquadra melhor a esta atividade, conforme os argumentos apresentados neste capítulo.

Consideramos de extrema importância, dentro da visão sistêmica da análise ergonômica do trabalho os fatores ambientais que interferem diretamente no desempenho do operador durante a realização das tarefas de inspeção. Por isso também acrescentamos neste capítulo os aspectos relativos à iluminação do local de trabalho, uma vez que ela é essencial na formação do processo de percepção visual e na discriminação dos níveis de contraste da informação, como já salientamos anteriormente, quando tratamos dos mecanismos do processamento da informação visual. Concluimos também que as normas brasileiras são insatisfatórias no sentido orientativo e aplicativo das informações de iluminação nos locais de trabalho, deixando muitas dúvidas naqueles que a elas recorrem. Sugerimos então, uma revisão nesta norma, de forma a se ter uma melhor redefinição normativa dos aspectos de iluminação para postos de alto desempenho visual.

Outro ponto conclusivo é de que há a necessidade de se estabelecer uma metodologia adequada para os aspectos estruturais da atividade de inspeção, ou seja, para uma atividade complexa. Após este mapeamento da atividade de inspeção do seu ponto vista de sistema complexo, consideramos ser necessário abordar os aspectos relativos aos métodos de avaliação, que se encontram descritos no capítulo 3.

## **CAPÍTULO 3**

### **REFERENCIAL TEÓRICO DAS METODOLOGIAS DE ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE INSPEÇÃO VISUAL**

#### **3.1 Introdução**

Procuraremos abordar neste capítulo o referencial teórico que fundamenta a análise de tarefas nas atividades de inspeção de produtos industriais. As nossas principais dificuldades ao discorrer sobre este tema, residem no fato de não haver um estudo sistematizado, de abordagem genérica sobre as tarefas visuais. As informações se encontram fragmentadas em trabalhos de pesquisa em diversas áreas, tais como: Psicologia, Inteligência Artificial, Engenharia Industrial, Ergonomia e Medicina. Temos, portanto, um universo científico bastante diversificado, no qual cada área busca determinadas especificidades envolvidas sob suas correntes de pensamento.

Num primeiro momento, descrevemos as informações pertinentes ao contexto das tarefas de inspeção no âmbito internacional, revisando os principais estudos que direcionaram as correntes de pensamento e de ação da análise das tarefas visuais. Posteriormente, apresentamos as principais técnicas de coletas de dados que nortearam as pesquisas científicas desta área.

### **3.2 Revisão literária dos estudos das atividades visuais**

Sem dúvida nenhuma, as atividades de leitura, principalmente aquelas diretamente relacionadas aos aspectos de segurança da área militar e aeroespacial, impulsionaram um maior número de pesquisas a fim de reduzir, ou mesmo eliminar, o percentual de erros ou falhas humanas durante a realização das tarefas.

No campo da Psicologia, as pesquisas visuais têm envolvido experimentos considerando os diversos meios de apresentação: texto (papel, "slides" e telas de computador) ou instrumentos (painéis de informação e telas de vídeo). O recente desenvolvimento de equipamentos técnicos que gravam os movimentos dos olhos através de raios infra-vermelhos, tornou possível a coleta de dados durante a execução de uma operação. Esses recursos permitiram a obtenção da "performance" dos operadores nos seus próprios ambientes de trabalho. Anteriormente, os estudos restringiam-se aos experimentos de laboratório. Mas, apesar desse avanço tecnológico, poucos são os estudos efetivos que envolvem as tarefas visuais de observação, as quais têm sido menos privilegiadas, principalmente às relacionadas diretamente com as aplicações no meio industrial.

MEGAW E RICHARDSON (1979, p.145-154) desenvolveram estudos em tarefas visuais em vários postos de trabalho, observaram as estratégias visuais dos operadores durante a execução das tarefas por meio de parâmetros dos movimentos dos olhos. Foram incluídas tarefas de inspeção da seguinte natureza: de embalagem de produtos alimentícios, de conectores elétricos, de separação de cartas e de controle na confecção de vestuário.

MEGAW E RICHARDSON (1979) em sua revisão literária sobre os estudos da pesquisa visual em postos de trabalho na esfera industrial, consideram inicialmente o contexto macro das tarefas visuais e incluem as tarefas de condução de veículos terrestres (MOURANT e ROCKWELL, 1972) e aéreos (CARBONNEL, WARD e SENDERS, 1968; STERN e BYNUM,

1970), e exames de raios X (KUNDEL e WRIGHT, 1969; KUNDEL e LA FOLLETE, 1972).

A abordagem apresentada pelos autores citados demonstra que uma revisão sobre os métodos de pesquisa visual e análise de tarefas industriais deve ser abrangente, a fim de contemplar todo o contexto das tarefas visuais. Dessa forma, procuraremos abordar situações diferenciadas em termos de técnicas e de diferentes tipos de produto analisado, devido a sua flexibilidade, essas técnicas têm sido aplicadas nos mais diversos setores industriais.

NEBOIT e RICHARDSON (1987, p.554) apresentam algumas considerações, dentro da pesquisa visual, a respeito do emprego do movimento dos olhos.

*“o uso de técnicas de captação do movimento dos olhos é também uma importante ferramenta de auxílio no estudo do processamento da informação, podendo-se através dos movimentos dos olhos se obter parâmetros apropriados para análise de tarefas complexas em uma situação real, relacionando-as com o processamento cognitivo das informações.”*

A inteligência artificial, a partir da análise das pesquisas visuais, desenvolveu parâmetros sistemáticos que permitem um possível controle automatizado da tarefa. Sob esse ponto de vista, DONK (1991) apresenta uma revisão dos modelos de monitoramento e controle de tarefas visuais, abrangendo os estudos relacionados com a “performance” no monitoramento e no controle de equipamentos desenvolvidos por SENDERS, 1983; CARBONELL, 1966; SHERIDAN, 1970; KVALSETH 1978; GAI & CURRY, 1976; STEIN & WEWERINKE, 1983), por meio de modelos matemáticos, a partir da análise de problemas em vários sistemas homem-máquina.

Sabemos de antemão que a análise das tarefas visuais situa-se num nível de alta complexidade, pois apresenta fatores de ordem muitas vezes, não muito bem definidos, como no caso dos aspectos perceptuais. Considerando estes aspectos a teoria da informação procurou associar nas

análises das tarefas de interface entre **homem–produto** duas disciplinas: a Psicologia Cognitiva e a Ergonomia, a fim de enriquecer o conhecimento sobre o operador, dentro do contexto de comunicação. Assim, BARTHET (1988) buscou na Psicologia Cognitiva os argumentos necessários ao conhecimento do tratamento da informação pela memória, sobre a aprendizagem e reações dos operadores e, na Ergonomia, os argumentos necessários para melhorar os problemas da qualidade da interação **homem–produto**.

Do ponto de vista da **Psicologia Cognitiva**, BARTHET (1988) considerou os seguintes aspectos na análise das tarefas visuais:

- existem diferentes tipos de operadores que, por razões variadas, não utilizam a mesma lógica da mesma maneira;
- existe uma diferença fundamental entre a lógica de funcionamento e a lógica de utilização do homem em relação aos objetos os quais ele manipula;
- deve haver distinção entre as tarefas prescritas e as tarefas realizadas pelo operador;
- a hipótese de que a resolução de uma tarefa pelo operador se organiza segundo um modelo de planificação de hierarquia;
- as características da memória de curto termo possuem um impacto direto sobre a performance da tarefa;
- uma parte da aprendizagem passa pela criação de automatismos.

E do **ponto de vista da Ergonomia**, BARTHET (1988) considerou sete parâmetros na análise da tarefa visuais, sendo estes assim descritos:

1. seqüenciamento das operações;
2. a linguagem de interação e ações tomadas;
3. os dispositivos físicos de entrada da informação;
4. os dispositivos físicos de saída da informação;
5. tempos de desenvolvimento da tarefa;
6. tomadas de decisão e detecção de erros;
7. mecanismos de auxílio à tarefa.

### 3.3. Modelos de análise das atividades complexas

Com relação aos modelos de análise das atividades complexas, BEEVIS (1995, p.574-587) apresenta na sua revisão literária os principais aspectos que nortearam as metodologias dos últimos trinta anos. A mais relevante é a de SINGLETOON (1967), que apresenta como referência as determinações da Conferência do "Operador Humano em sistemas complexos", promovida em 1967 pela Ergonomics Research Society, (ERS) na qual são apontadas quatro áreas estratégicas de desenvolvimento as quais devem ser priorizadas nos sistemas ergonômicos, sendo elas:

1. o estabelecimento dos critérios mais relevantes da tarefa;
2. ligações entre seleção, treinamento e projeto de equipamento;
3. aprimoramento na análise da tarefa;
4. divulgação e conscientização dos sistemas de projeto.

Beevis faz também alguns apontamentos em "Workshop" da NATO em 1984, (Defense Research Group), sobre Aplicações dos Sistemas Ergonômicos, que foi publicado por KIRWAN E AINSWORTH (1982), citado por BEEVIS (1995, p.576). Neste foram estabelecidas as estruturas de análise ergonômica, sendo então formalizadas em seis linhas de ação, conforme mostra a figura 32.



Figura 32 - Estágios analíticos de análise da engenharia humana, NATO, BEEVIS (1995, p. 576).

Nesse Workshop, segundo BEEVIS (1995), foram feitos alguns apontamentos à respeito dos quatro pontos apresentados em 1967 pela ERS, atualmente ES (Ergonomics Society). Sobre os critérios adotados na análise da tarefa consideram que as avaliações tomadas apenas por observações da tarefa, pouco representam dentro de um sistema ergonômico. As justificativas

das afirmações acima, baseiam-se no fato de que as tecnologias aplicadas nesses casos provêm de métodos clássicos de medida da performance, como "tempo e erro". As recomendações formuladas neste encontro, sugeriram que se incluísse na análise de performance do operador, uma análise mais efetiva do sistema.

Com relação à seleção de pessoal, treinamento das atividades e desenvolvimento de projetos de equipamentos, a ER recomendou que houvesse uma integração entre tais elementos. A integração, segundo a ER, é necessária tanto para o projeto como para a sua efetividade no sistema. Introduziram, também, dentro das recomendações de análise de sistemas, o conceito de "usuário", procurando ampliar assim, a abordagem da análise. Na análise da tarefa foram dadas orientações a fim de evidenciar o aumento das demandas cognitivas dos novos sistemas, sinalizando, também, uma tendência do uso da análise da tarefa no desenvolvimento de simulações das atividades. Considerando que por meio dessas técnicas, torna-se possível a representação de alguns aspectos dinâmicos de desempenho do operador, isto é, a identificação de peculiaridades envolvidas no processo.

No desenvolvimento da análise ergonômica de uma dada situação, cabe ao interventor escolher os métodos e as técnicas adequadas que, muitas vezes, são definidas pela experiência e prática. Nos sistemas de atividades complexas a escolha de métodos e técnicas de análise nem sempre são evidentes ao analista ergonômico. Nem sempre as metodologias acadêmicas são as mais usadas. Esse fato se tornou evidente no trabalho de BEEVIS (1995, p.579) que realizou em 14 indústrias de grande porte no Canadá, uma pesquisa sobre o uso das várias etapas de um sistema ergonômico, procurando evidenciar a aplicabilidade no meio industrial. As etapas da análise ergonômica consultadas foram as seguintes: análise da missão (análise da demanda), alocação de funções, análise de fluxo, análise da tarefa individual, análise da tarefa em grupo, carga de trabalho do operador (aspectos biomecânicos), manutenção da carga de trabalho (estudo de tempos e movimentos), conforme podem ser verificados na tabela 5.

Tabela 5- Porcentagem do uso de técnicas dos sistemas ergonômicos em 14 empresas de grande porte no Canadá.

técnicas usadas	Empresas %	ergonomistas (consultoria) %
análise da missão	31	30
alocação de função	71	52
análise de fluxo	50	47
análise da tarefa individual	71	70
análise da tarefa - grupos	35	36
carga de trabalho do operador	57	50
manutenção da carga de trabalho	64	20

Fonte: D. BEEVIS. Progress in systems ergonomics: a selective review. In : Ergonomics, 1995, vol.38, p. 579.

Na pesquisa apresentada por BEEVIS (1995, p.579), na tabela 4, foram comparadas as técnicas de avaliação, empregadas pelas empresas e por 70 ergonomistas pertencentes a empresas de consultorias do Canadá. Como podemos verificar na tabela 4, a análise das tarefas individuais, em torno de 70%, parece ser uma das práticas mais freqüentes de avaliação tanto pelas empresas quanto pelos consultores independentes. O cenário apresentado no Canadá, serve como uma reflexão, já que a realidade nacional é outra. Um ponto ressaltado por BEEVIS (1995), e que talvez possa justificar o maior uso de técnicas de análise das atividades individuais, é o fato de essas técnicas utilizarem poucos recursos e esforços, e poderem ser executadas com "lápis e papel".

Assim, do ponto de vista de BEEVIS (1995), pouco se tem explorado tecnologicamente no desenvolvimento de diagnósticos ou em avaliações das tarefas visuais das aplicações industriais. Entretanto, no outro extremo, tem-se o desenvolvimento de técnicas específicas, "softwares" de modelagens e simulações mas que, pelo altíssimo custo, não são acessíveis às empresas em

geral, ficando restritas a uma pequena parcela de empresas dos países do primeiro mundo.

Diante desta realidade, BEEVIS (1995) considera necessário o desenvolvimento de programas integrados de análise sistêmica das atividades de trabalho, que contemplem os novos conceitos de gerenciamento da qualidade total e de engenharia simultânea, de forma que ocorra uma difusão dessas técnicas pelo uso de tecnologia compatível com o mercado.

### **3.3.1 Métodos de pesquisa para estudo das atividades complexas**

No desenvolvimento da análise ergonômica das atividades complexas faz-se necessário, inicialmente, definir os métodos a serem escolhidos, selecionando o tipo de técnica de pesquisa a ser empregado na situação. PULAT (1997) apresenta no âmbito da ergonomia dois tipos de pesquisas, que são os mais utilizados: a pesquisa básica e a pesquisa aplicada. Cada uma possui suas peculiaridades e de forma genérica, podem ser assim definidas:

**A pesquisa básica** - Tem por objetivo investigar o relacionamento entre uma ou mais variáveis. Esse relacionamento pode ser de uma ou mais variáveis que tenham, ou não, efeito sobre outras variáveis. As variáveis podem ser categorizadas em dois conjuntos. O primeiro constituído de variáveis independentes, o segundo é constituído de variáveis dependentes. Por exemplo, se há uma suspeita do relacionamento entre álcool no sangue e tempo de reação do indivíduo, numa investigação formal, o tempo de reação será tratado como variável dependente e o nível de álcool no sangue será tratada como variável independente.

**Pesquisa aplicada** - A pesquisa aplicada é caracterizada, no âmbito da ergonomia, pelo uso do conhecimento existente para produzir novas informações. A pesquisa aplicada manifesta-se em termos de heurística, técnicas, modelos, procedimentos, algoritmos e "softwares".

Para se formular um diagnóstico confiável de uma análise ergonômica, principalmente, face a situações complexas, alguns autores, como PULAT (1997) e WISNER (1995, p.595-605), recomendam nesses casos a integração das pesquisas básica e aplicada.

Para WISNER (1995) a generalização dos resultados experimentais é questionável porque situações experimentais são similares no contexto do laboratório, mas são diferentes da situação onde a atividade cognitiva é analisada, onde o modelo é aplicado. WISNER reporta-se ao trabalho de BARTELLET (1932), que propôs a observação diária no seu próprio contexto, de forma que esta possa constituir a base para os projetos experimentais. Tendo-se, então, resultados experimentais em torno da situação, criando melhores condições para observações posteriores. Essa posição, da observação da atividade diária no próprio contexto, é de extrema importância, mas ela tem sido esquecida freqüentemente, como afirma WISNER.

WISNER (1995) considera que as experimentações laboratoriais possam produzir excelentes informações sobre as propriedades do cérebro humano, mas fornecem pouco ou nenhuma informação sobre as táticas usadas pelos operadores, tais como: memória, raciocínio e programação motora. Para o autor essas táticas podem ser somente conhecidas através das situações das atividades de trabalho e da observação do comportamento, sendo somente compreendidas dentro dos objetivos em questão. WISNER (1995) argumenta, ainda, que os objetivos apresentam freqüentemente alguns aspectos contraditórios, como conflitos entre: velocidade e precisão, eficiência humana e custo, produtividade e ética. WISNER (1995) introduz um novo conceito, a fim de manter um compromisso entre esses vários aspectos na definição dos objetivos.

Procurando formular novas alternativas para a abordagem do problema, Wisner (1995, p.1199-1219) introduziu o conceito de "antropologia cognitiva", que é uma oposição à Psicologia Cognitiva Experimental. WISNER (1994) resgata, na sua fundamentação teórica, as considerações de OMBREDANE e

FAVERGE (1955), que enfatizam nas ciências ergonômicas a importância de se aprender com a observação dos operadores no mundo real. WISNER (1994) enfatiza que para se efetivar o vínculo entre a “confiabilidade” e a “validade” da análise, recomenda-se o uso dos dois enfoques, o da observação e o da experimentação.

Esse posicionamento perante a Análise Ergonômica do Trabalho amplia o enfoque na avaliação em detrimento de um diagnóstico mais preciso. WISNER (1994) não nega os modelos cognitivistas, mas considera que :

*“ O quadro teórico das ciências cognitivas é essencial para a análise ergonômica do trabalho, mas não é uma ferramenta suficiente, pois as exigências físicas, a diversidade dos trabalhadores e as variações de seu estado fisiológico e psíquico não podem ser desprezadas e, na maioria das vezes, são decorrentes de modelos teóricos diferentes do modelo cognitivo proposto.” (Wisner, 1994).*

### **3.3.2 Fundamentos teóricos das metodologias de Análise das Tarefas**

Métodos de classificar, coletar e interpretar os dados das situações de trabalho vem sofrendo um crescimento e um aprofundamento tanto nos conceitos filosóficos quanto na introdução de novas tecnologias.

Os métodos de análise do trabalho sistematizados popularizam-se a partir do começo do século XX, com as idéias de Frederick Taylor, com a análise do trabalho físico, visando projetos econômicos de espaço de trabalho e dos métodos de produção denominados “Estudos de Tempos e Métodos”. Nos setores industriais, as idéias tayloristas predominaram nas aplicações de análise da tarefa durante boa parte deste século.

Na evolução dos métodos houve, entre as décadas de 50 e 60, uma demanda pelo conhecimento das componentes cognitivas da performance humana. Nesta fase, o desenvolvimento da análise da tarefa foi estimulado por

estudos do processamento de informação aplicados, principalmente, no setor estratégico militar (USA). No contexto da análise da tarefa desenvolveram-se, então, métodos de análises com objetivos específicos procurando conhecer os limites da "performance" humana.

Dentre os vários estudos, deve ser ressaltado o de J. ANNETT (1971) da Análise Hierárquica da Tarefa (HTA), na Inglaterra. Segundo ANNETT (1998, p.1530), *"a característica-chave da HTA é que todas as coisas que procuramos encontrar são essencialmente definidas como metas, e as tarefas complexas podem ser analisadas decompondo-as em hierarquia de metas ou de sub-metas"*. Este método influenciou várias pesquisas, entre elas: MILLER (1960) no Modelo Teórico de controle da performance humana, citado por ANNETT (1998) ; métodos de HCI (Human Computer Interaction), interação homem computador e CTA (Cognitive Task Analysis), Análise Cognitiva das Tarefas.

Mesmo tendo diversos enfoques, a Análise da Tarefa tem possibilitado uma vasta aplicação. Em sua definição pode ser compreendida em termos de ação e de processos cognitivos pelo qual um operador ou grupo de operadores é solicitado a executar, para alcançar os objetivos pretendidos do sistema. Podendo, também, de uma forma organizada esclarecer e documentar as informações e controlar os mecanismos utilizados para alcançar as metas. Cada informação estruturada em tarefa ou sub-tarefa, pode ser usada para assegurar se há ou não, compatibilidade entre as metas do sistema e as capacidades humanas e organizacionais.

Paralelamente ao desenvolvimento dessas metodologias, surge a Teoria da Atividade (Activity theory) desenvolvida na psicologia soviética em 1920, difundida por OCHAMINE (1966), LEONTIEV (1974), VYGOTSKY (1978) e LURIA (1979), reaparecendo nesta década nos domínios da Psicologia e da Ergonomia, com uma relevante estrutura que permite analisar a complexidade da atividade humana (NARDI, 1996; WISNER, 1997; KUUTI, 1995, RABARDEL, 1995, DE KEYSER, 1991), segundo DE KEYSER (1998, p. 305-312).

Segundo DE KEYSER (1998, p.306), a idéia central da teoria da atividade é a mediação operada pelos artefatos que organizam as funções de mais alto nível e permitem o controle das ações. Segundo o autor, esta mediação é um dos mecanismos de (regulação) utilizados para o desenvolvimento da competência.

O estudo desenvolvido por A.TAN (1999) é uma forma didática de se conhecer mais detalhadamente cada uma das metodologias (Análise da Tarefa e a Análise da Atividade). A autora compara as semelhanças e diferenças das duas metodologias e suas devidas aplicações no setor industrial.

### **Análise da Tarefa**

Os procedimentos da Análise da Tarefa são divididos em várias fases segundo SCHEFFER (1995), citado por TAN (1999, p.19).

- A 1ª fase refere-se à preparação, na qual são identificados os objetivos com cautela e precisão. Estabelece-se um plano preliminar de planejamento, definindo-se quais tarefas serão analisadas e como serão os procedimentos de análise.
- 2ª fase refere-se à coleta de dados, onde procura-se definir medidas para as tarefas, envolvendo a escolha das variáveis a serem avaliadas. Nesta fase utilizam-se técnicas para a coleta de dados, como: documentação, observação, entrevistas e análises de protocolos verbais. No protocolo verbal é sugerido por KLEIN (1993) e NISBETT & WILSON (1977), citado por TAN (1999), que os operadores descrevam em voz alta, durante o momento da execução da tarefa os procedimentos que está realizando, após completar a tarefa, são solicitados novamente para que narrem os procedimentos adotados. Isso permite investigar as diferenças entre o modelo da tarefa e os procedimentos adotados nas diversas partes da tarefa.

- Na 3ª fase os dados são documentados, apresentados e analisados a partir dos problemas levantados, sendo produzidas, então, especificações para projetos.
- As fases subsequentes referem-se às interações de realimentação do processo de análise, entre a coleta de dados e a análise. Esta fase é denominada por STAMMERS (1995, p.589) "como a quarta fase", uma fase alternativa de coleta de dados, na qual as fontes de informação provenientes do sistema são incluídas reunindo todos os dados das diversas fases.

A estrutura geral da Análise da Tarefa pode ser esquematicamente representada, conforme a figura 34.

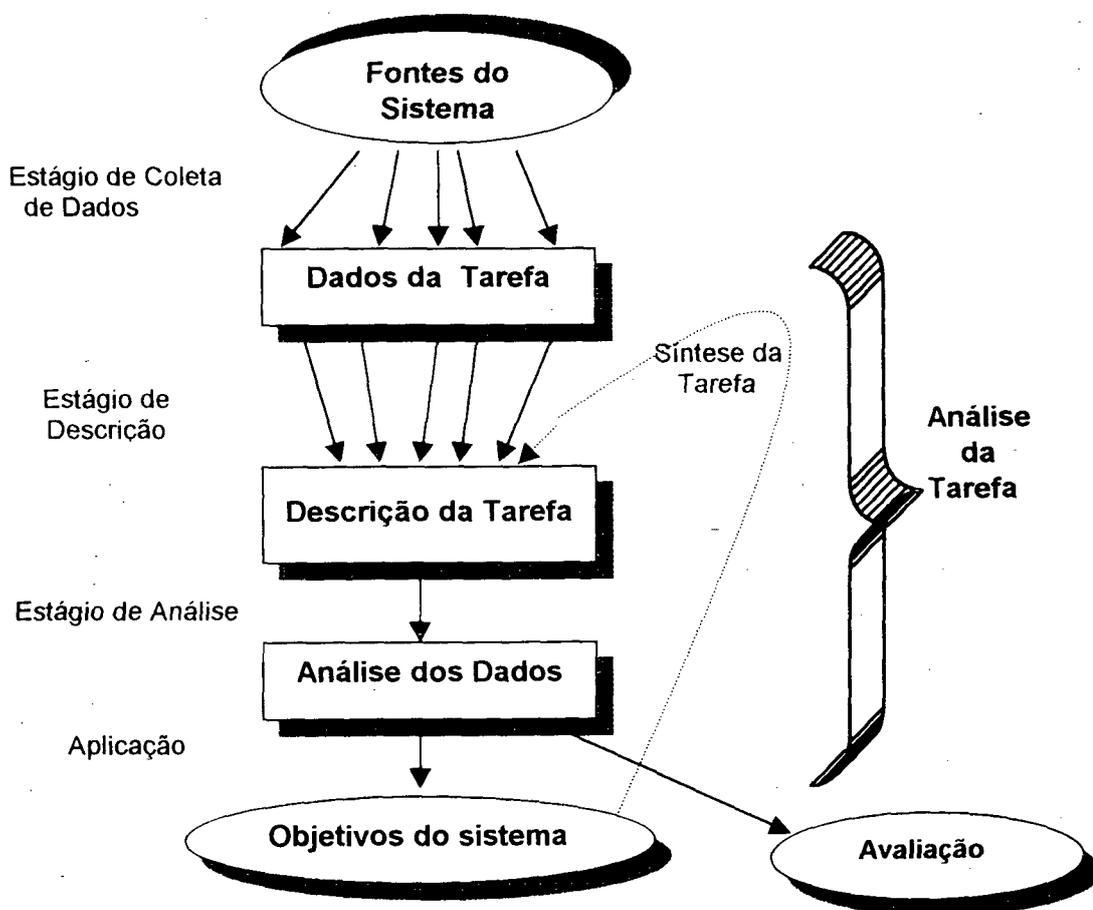


Figura 34. Processo empregado na Análise da Tarefa, Stammers (1995, p. 589).

## Aplicações da Análise da Tarefa

A Análise da Tarefa é um método que pode assegurar a operação e a manutenção de funcionamento do sistema de acordo com as expectativas de "performance humana". A. TAN (1999, p.17) descreve a Análise da Tarefa como um elemento que permite esboçar os estágios de ciclo de vida do sistema, além de isolar as questões humanas para análise. A tabela 5 apresenta de forma esquemática os aspectos gerais da Análise da Tarefa.

Tabela 5. Aspectos gerais da Análise da Tarefa.

Aspectos	Descrição
Definição de critérios	<p>Define requisitos da "performance" do sistema.</p> <p>Pré-requisitos operacionais com especificações detalhadas de como deve ser produzido e como as tarefas podem ser realizadas.</p> <p>As técnicas de descrição das tarefas podem assumir várias formas, entre elas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficos e redes técnicas</li> <li>• Métodos de decomposição</li> <li>• Análise Hierárquica da Tarefa</li> <li>• Análises associativas</li> <li>• Análise de tempo de fila</li> </ul>
Medidas	<p>Verifica critérios em discrepância com a produtividade normal.</p> <p>A "performance" pessoal é analisada e comparada com as expectativas originais.</p> <p>Uso de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observações</li> <li>• Comunicações orais durante a atividade</li> <li>• Questionários</li> <li>• Simulações</li> </ul>
Investigação	Quando as expectativas são válidas, e a "performance" difere, considera as causas da discrepância.
Retificação de problemas	Soluções podem envolver novo treinamento, prover ajudas no trabalho ou redesign do posto de trabalho

Fonte: A. TAN ( 1999, p.17).

A Análise da tarefa pode se empregada num estágio específico do ciclo de vida do sistema (da concepção até a sua desmontagem ou remoção final), por exemplo, durante os estágios de projeto ou antes de sua implantação. É

uma ferramenta que permite avaliar a conformidade dos itens prescritos evidenciando e controlando os desvios. Como resultado de sua aplicação, obtem-se, na análise do trabalho, uma preciosa fonte de documentação material que poderá ser utilizada em outros contextos, por exemplo, manuais tutoriais usados nos programas de treinamento.

### **Análise da Atividade - Visão Francófônica**

A visão da Análise da Atividade nos países de língua francesa assumiu certas peculiaridades, que a difere da corrente anglo-saxônica denominada (Teoria da Atividade). As principais fases da Análise da Atividade Francófônica estão representadas na tabela 6, descrita a seguir, conforme citado por TAN (1999, p.25).

Tabela 6. Aspectos da Análise da Atividade (Visão Francófônica).

<b>Aspectos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Demanda</b>	<p>Análise do problema a ser resolvido.</p> <p>Conhecimento de antecedentes históricos</p> <p>Quais são os interesses das partes envolvidas?</p> <p>Compara a demanda com diferentes partes envolvidas para obter uma descrição mais precisa da demanda.</p>
<b>Tarefa</b>	<p>Define as relações prescritas entre os objetivos e seus significados</p> <p>Principais subconjuntos da tarefa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Objetividade da tarefa</li> <li>Aspectos organizacionais</li> <li>Fluxo de Informação</li> <li>Meio ambiente físico (facilidades estruturais, ruídos, distúrbios, etc.).</li> </ul>
<b>Atividade</b>	<p>Define as ações produzidas para alcançar os objetivos da tarefa.</p> <p>Requer o uso de ferramentas de observação tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas</li> <li>Observações estruturadas</li> <li>Grupos focalizados</li> <li>Questionários supervisionados</li> <li>Monitoramento com vídeo</li> </ul>

Fonte : TAN,A. ( 1999, p.25).

- Demanda – Consiste na consulta à organização sobre os problemas vivenciados e as dificuldades enfrentadas. Esta fase fornece ao analista

um conhecimento básico da empresa e dos atores envolvidos, permitindo que sejam identificados os principais problemas, bem como as pessoas com ele envolvidos (e respectivas funções). Nesta fase as discussões com diferentes grupos do sistema são profícuos e necessários, compreendendo-se assim os diversos pontos de vista do problema, sob diferentes responsabilidades.

- Tarefa – Enfatiza-se a descrição entre os elementos da tarefa prescrita (o que foi planejado para se alcançar os objetivos) e a atividade atual desenvolvida. Nesta fase, interpretar os objetivos da tarefa, os aspectos organizacionais, as influências do ambiente físico e do fluxo de informação, contribuem para a argumentação do analista, a respeito dos fatores de influência no relacionamento entre indivíduos e tarefas.
- Atividade – Na metodologia de Análise da Atividade Francófônica, uma atividade é definida “*como um meio pelo qual o trabalhador utiliza seu corpo, capacidade mental e personalidade, conscientemente e inconscientemente, para realizar a tarefa de trabalho*”, DANIELLOU (1998), citado por TAN (1999, p30). No conceito da Análise da Atividade, o funcionamento do sistema inicia-se pelo ambiente de trabalho que exerce influência sobre o comportamento dos indivíduos, produzindo vários efeitos sobre o sistema. Quando os efeitos não correspondem aos desejados, os indivíduos espontaneamente promovem ajustes necessários para a realização das suas metas (laços de regulação espontâneos). A intervenção ergonômica promove o equilíbrio adequado ao sistema, através dos laços de regulação 2, restabelecendo o equilíbrio do sistema por meio das modificações introduzidas na situação de trabalho. Os laços de regulação na figura 35 representam o modelo básico da Análise da Atividade e ilustram a interdependência do ambiente, do comportamento do operador e os efeitos do trabalho no sistema e no operador.

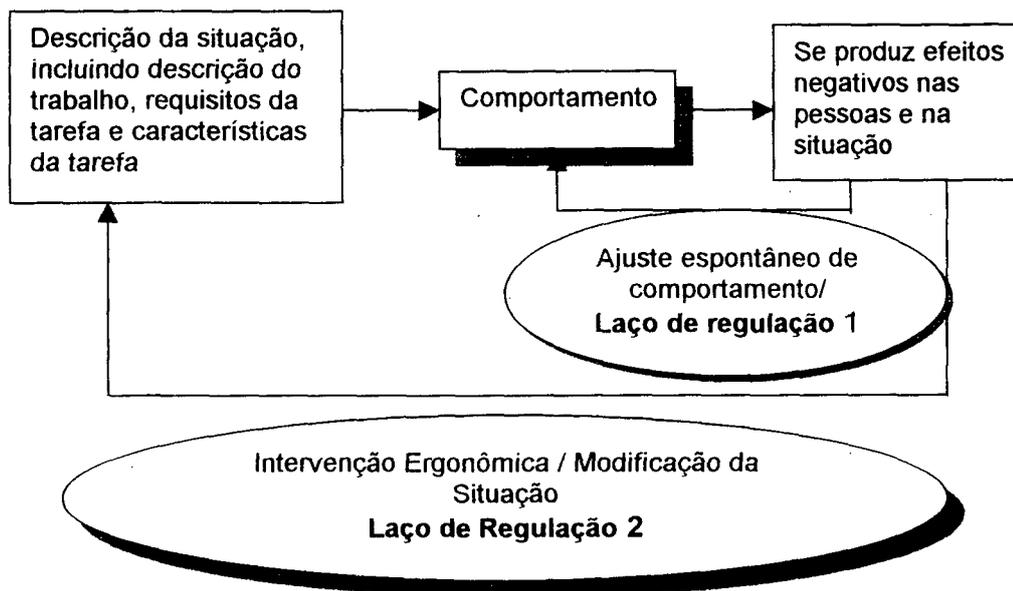


Figura 35. Análise do Trabalho e laços regulatórios baseado na abordagem francófona, DE KEYSER (1991).

### Teoria da Atividade / visão Anglo-saxônica

Na abordagem Anglo-saxônica, a análise da atividade assume a designação de "Teoria da Atividade". A teoria da atividade foi inicialmente divulgada nos trabalhos de LEONTYEV (1978 e 1981) e WERTSCH (1981), citado por ENGSTRÖM (1993, p.64-103), formularam as bases teóricas dos sistemas de atividade de multivozes. Esta proposta procurou conhecer as barreiras da linguagem de comunicação que não são, imediatamente, transparentes num diálogo. Esta metodologia ampliou suas aplicações no âmbito da análise do trabalho, sendo divulgada nos trabalhos de ENGSTRÖM (1993).

Na teoria da Atividade o sistema é visto como um elemento ativo integrando "indivíduo, objeto e instrumentos (ferramentas)" numa unidade. ENGSTRÖM (1993) procura mostrar que *há integração entre os fatores relacionados com os instrumentos (objetos materiais que promovem as atividades) e as comunicações da conduta humana na elaboração das atividades humanas produtivas*, sendo produção e comunicação elementos inseparáveis sob o ponto de vista desta teoria.

Os princípios básicos da teoria da atividade, segundo ENGESTRÖM (1993), podem ser aplicados em vários contextos das atividades complexas.

- O primeiro princípio refere-se aos **sistemas de atividades coletivas** que são tomados como uma unidade de análise, dando um contexto e significado aparente e casual aos eventos individuais.
- O segundo princípio procura compreender a atividade do sistema e de seus componentes através do seu **desenvolvimento histórico**.
- O terceiro princípio refere-se às **contradições internas** dos sistemas de atividade que podem ser analisadas pelas energias de interrupções (ou perturbações), inovações, mudanças e desenvolvimento do sistema, incluindo os participantes individualmente.

No modelo proposto por ENGESTRÖM (1993, p.68) da figura 36, o “**sujeito**” refere-se ao indivíduo ou subgrupo que se analisa. O “**Objeto**” é o veículo material pelo qual se processa a saída da informação através de mecanismos físicos e simbólicos, mediados pelas “**ferramentas**” (mediação de instrumentos e signos). A “**comunidade**” compreende os indivíduos ou grupos de indivíduos que dividem os mesmos “**objetos**”. A “**divisão do trabalho**” apresenta duas segmentações, uma linha horizontal que representa a divisão das tarefas entre os membros da comunidade e a vertical a divisão do poder e status da atividade. As regras referem-se às regulações implícitas e explícitas, às normas e regulações que contêm as ações e interações com o sistema de. A unidade do sistema de atividade proposta por Engeström encontra-se assim esquematizada, conforme ilustra a figura 36.

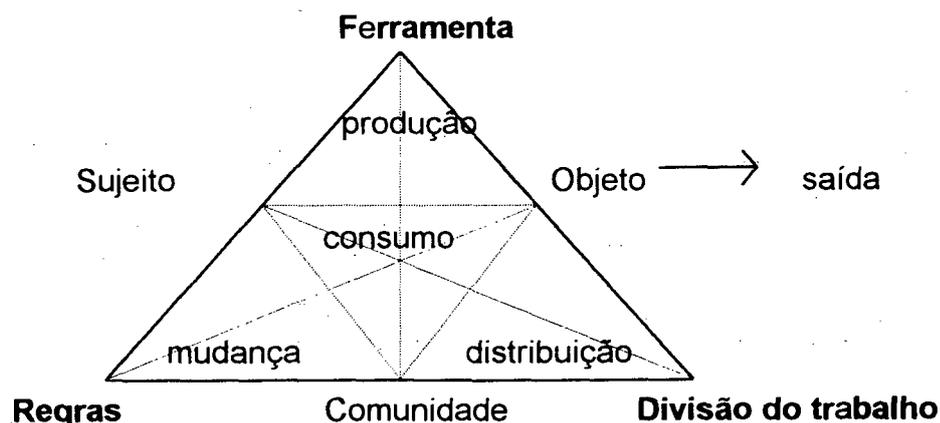


Figura 36 . A estrutura básica da atividade humana. ENGESTRÖM (1993, p. 68)

Com relação ao funcionamento do sistema de atividade, ENGESTRÖM (1993) situa-o como um sistema de construção contínua, desenvolvido e renovado continuamente, conscientemente, ou não, pelos indivíduos, que não apenas cumprem as regras, mas moldam e as reformulam. É caracterizado como um sistema descontínuo, estando sujeito a crises, transtornos e a transformações qualitativas, e também, como um sistema criativo, produtor e formador de novidades. Mas existe uma dicotomia, ao mesmo tempo que o sistema de atividade apresenta capacidade inovativa, possui vários aspectos que se encontram sedimentados no seu histórico. As diferenças, segundo Engeström são significativas podendo ser observadas nos diversos componentes do sistema de atividade, por exemplo, nos modelos mentais dos indivíduos.

### **3.3.3 Implicações teóricas na Análise Ergonômica do Trabalho**

WISNER (1995) utiliza os fundamentos da Teoria da Atividade de modo ampliar o entendimento da atividade exercida pelo operador na situação real de trabalho, aplicando-a no conhecimento dos processos cognitivos de operadores durante a execução da tarefa. Muitos autores buscam nas técnicas da Teoria da Atividade, modos de externalizar o conhecimento procedural dos operadores, pertencentes a cognição inconsciente.

OMBREDANE E FAVERGE (1955), citado por WISNER (1995), justificam a cognição inconsciente na atividade de trabalho, naquelas situações que freqüentemente o operador não percebe os sinais de trabalho que ele próprio inconscientemente formula e que são as bases de sua tomada de decisão. Os autores acreditam que a cognição inconsciente pode ser explicitada, e tornar-se consciente, por meio de uma metodologia apropriada, utilizando como recursos para tal, a *entrevista* e a *observação detalhada do comportamento do operador*.

WISNER considera que a associação da entrevista e a observação detalhada do comportamento do operador com a comparação das

representações que o próprio operador faz de suas atividades podem produzir conhecimentos e estratégias utilizadas inconscientemente pelo operador. Mas ressaltam que o uso de entrevistas somente faz sentido somando-se outras técnicas.

Concluimos a partir dos argumentos apresentados por WISNER sobre aprendizagem de uma atividade, que a verbalização de uma ação não é o fator determinante da aprendizagem da atividade, mas apenas um fator contributivo. Fato que leva o autor a somar os principais aspectos das técnicas da Teoria da Atividade (entrevistas) às técnicas de análises comportamentais e de representações cognitivas das atividades de trabalho. O autor justifica essa colocação de que a aprendizagem das atividades efetiva-se por meio da observação do comportamento, considerando dois aspectos: o da aquisição do conhecimento por meio de informações proprioceptivas, ou por meio de informações exteroceptivas. A primeira, associada às características do inconsciente, torna-se mais difícil de ser definida e integrada com a didática, do que das informações exteroceptivas. Para ilustrar esta colocação WISNER (1994) recorre ao trabalho de BURTON (1984), sobre as dificuldades proprioceptivas na aprendizagem de "ski", onde a ação esclarece muito mais do que a verbalização.

Verificamos nas atuais tendências de análise do trabalho preocupações tanto do uso adequado de técnicas quanto das abordagens conceituais. O estudo do contexto introduzida pela Teoria da Atividade e a interferência do meio apontada na Análise da Atividade vêm exercendo influência em diversos autores. Entre estes podem ser destacados os trabalhos de ROGOFF (1984), WISNER (1994), etc..

ROGOFF (1984) considera que as competências cognitivas das atividades de trabalho são ligadas a um contexto específico. O *contexto* e o *meio ambiente* de trabalho ganham uma nova dimensão dentro da análise ergonômica do trabalho. WISNER (1994) salienta os aspectos fundamentais da cognição humana no trabalho, principalmente aqueles que se referem ao

sentido atribuído aos sinais percebidos de acordo com a cultura do operador e as circunstâncias nas quais ele se encontra.

Baseados nos estudos de PIERCE (1982-1986) que sugere um “elemento de interpretação” entre o sinal e o signo, THEUREAU (1990), citado por WISNER (1995) propõe na análise das atividades, um modelo triádico, a fim de estudar a estrutura diádica Sinal-Resposta (S-R) (behaviorista) através dos elementos de interpretação contidos nos contextos da situação em análise. O “contexto” inserido na estrutura é a componente complementar formadora do terceiro vértice. Sob este ponto de vista, o contexto passa a ser variável de dependência da “performance” humana.

WISNER (1994) propõe uma abordagem considerando a *estrutura triádica* na Análise Ergonômica do Trabalho (AET) como uma ferramenta para se compreender a diversidade das respostas dos operadores de uma situação, a um mesmo sinal. O autor emprega a noção de “*interpretante*” do S-R, que ultrapassa a noção de contexto. Os interpretantes são categorizados em culturais e contextuais e assim detalhados:

- Os **interpretantes culturais** correspondem a tudo que o operador aprendeu anteriormente, tanto na sua vida familiar quanto no lazer, em sua formação escolar ou profissional e nos empregos anteriores.
- Os **interpretantes contextuais** evocam uma noção do momento (do latim “*hic et nunc*”, aqui e agora). Trata-se dos aprendizados culturais nas circunstâncias precisas, onde um sinal se torna um signo, levando-o a uma ação.

Para atender todos os requisitos metodológicos apresentados para uma análise ergonômica do trabalho, WISNER (1995, p.1211) considera necessário um estudo do comportamento do operador de forma completa, não somente de comportamento motor em relação às ferramentas e máquinas, de tempos e movimentos, mas também à coleta das informações comportamentais (em particular o movimento de cabeça e olhos) e o comportamento de

comunicação (vocal ou gestual), de forma integrada, a fim de se obterem dados objetivos.

### **3.4 Movimentos dos olhos como técnica de análise das tarefas de inspeção**

Apresentamos no item anterior as abordagens metodológicas e influências nos principais estudos da análise do trabalho. Consideramos, também, de grande pertinência ao nosso estudo o conhecimento de técnicas de coleta de dados específicas às atividades visuais. Apresentamos um panorama geral do desenvolvimento dos estudos dos movimentos dos olhos e sua contribuição no levantamento de dados nas pesquisas visuais.

RAYNER (1998, p.372-422) apresenta o desenvolvimento histórico das pesquisas dos Movimentos dos olhos, dividindo-as em três eras distintas. A primeira compreende o período de 1879 a 1920, iniciou-se com o trabalho de Javal sobre a observação do movimentos dos olhos na leitura. Esta era é marcada pelos descobrimentos dos fatos básicos, tais como o da supressão da sacada (fato pelo qual nós não percebemos a informação durante o movimento dos olhos), sacada latente (tempo tomado para iniciar um movimento dos olhos) e o tamanho do campo de percepção (região de efetiva visão).

A segunda era do estudo do movimento dos olhos compreendido entre 1920 a 1970, período que coincide com o movimento Comportamental da Psicologia Experimental, tendo uma maior aplicação prática. Mas, nesta fase, pouco se pesquisou sobre a interferência do movimento dos olhos nos processos cognitivos. Seu grande foco foi o estudo do próprio movimento dos olhos, o que levou alguns autores a pensarem que não havia mais nada a ser aprendido e descoberto sobre o movimentos dos olhos (TINKER'S 1958), e efetivamente entre 1950 e 1970 pouco se desenvolveu em termos de pesquisas sobre os movimentos dos olhos.

A terceira era do estudo dos movimentos inicia-se na metade dos anos 70 e é marcada pelo uso de equipamentos que permitem gravar os movimentos dos olhos, o que possibilitou a obtenção de dados mais precisos.

O desenvolvimento tecnológico de equipamentos mais apropriados, permitiu também um incremento nas pesquisas aplicadas dos métodos e da análise dos dados. O movimento dos olhos pode ser monitorado, havendo muitas informações a respeito dos movimentos e dos pontos de fixação.

As aplicações industriais dos estudos dos movimentos dos olhos, na análise de tarefas visuais, teve início em 1960 com os trabalhos de MORRIS e HORNE, publicados na *Visual Search Techniques*. MORRIS e HORNE procuram em seus trabalhos desenvolver um modelamento das estratégias visuais em tarefas de inspeção industrial. A posteriori, seguem-se outros trabalhos na mesma linha: o de HOWARTH e BLOOMFIELD (1968), DRURY (1975) e (1978); o modelamento das melhores estratégias passa a ser aplicado como um padrão, empregando-se, então, o termo de "estratégia sistemática".

A estratégia sistemática procura introduzir parâmetros previamente definidos na análise de dados durante a execução de determinadas tarefas. Assim, pode-se determinar o efetivo campo visual do operador, definido a partir da fixação do ponto central da fóvea ou pode-se sistematizar a tarefa, controlando-se uma das variáveis como : o tempo de exposição do objeto alvo. A estratégia sistemática torna-se, então, uma ferramenta muito útil no caso de estudos simulados de tarefas, ao fixar algumas variáveis, obtendo-se um maior controle das demais.

Baseados em estudos realizados por autores já citados, KUNDI e NODINE (1969), MEGAW e RICHARDSON (1979), NEBOIT e RICHARDSON (1987) sobre o padrão de escaneamento visual, podemos concluir que os indivíduos apresentam distintos padrões de escaneamento da imagem. Nesses trabalhos sobre pesquisa visual, um dos fatores fundamentais para obter uma

melhor "performance" no resultado das tarefas realizadas é o conhecimento das estratégias usadas pelos operadores durante a realização do processamento da informação. Quanto aos parâmetros mais freqüentemente utilizados pelos diversos autores para o escaneamento dos movimentos dos olhos, podemos citar os seguintes:

- número de fixações realizadas para executar uma determinada tarefa;
- a distribuição espacial das fixações dentro do campo visual;
- a seqüência dos pontos de fixação;
- o intervalo entre as fixações de áreas afins dentro do mesmo espaço visual;
- tempo de fixação;
- velocidade das sacadas.

Com esses parâmetros, NEBOIT e RICHARDSON (1987) apresentam algumas considerações sobre os dados coletados: o número de fixações obtidos dentro de um período de tempo pode ser usado como um índice global na função de aquisição da informação e da tarefa; assim como a relativa freqüência de fixações para diferentes pontos dentro do campo visual pode indicar quais são as fontes mais importantes que o indivíduo encontra para a execução da tarefa. Para esses autores, a seqüência dos pontos de fixação apresenta um vigoroso conjunto de informações quando associadas às características de determinadas tarefas. Os estudos estatísticos sobre o tempo de fixação dos pontos do campo visual mostram que o observador apresenta diferentes tempos de fixação durante as diferentes fases de uma determinada tarefa. Segundo os autores, essa variação está normalmente associada a fatores específicos da tarefa, características do indivíduo, aspectos físicos e estímulos do objeto apresentado.

NEBOIT e RICHARDSON (1987) consideram também que tal análise não é um problema trivial, e sugerem que, para a interpretação do movimento dos olhos durante a realização de tarefas, seja necessário, na maioria dos casos, a associação de outras fontes de informações, como dados de

“performance” do operador e dados da análise ergonômica da tarefa que contribuem para uma melhor compreensão do processo cognitivo do operador.

NORO (1984, p.733-743), na tentativa de redução do número de falhas na inspeção durante as tarefas de controle de qualidade e na busca das suas causas, desenvolve trabalhos de grande importância na área de inspeção industrial. O autor pesquisa o comportamento desenvolvido pelos inspetores, em tarefas em que há uma grande dependência simultânea dos sentidos visuais e táteis, as quais são, ainda, de difícil automação. Casos cuja inspeção é grandemente dificultada, pois depende das habilidades do inspetor. Considera-se que as técnicas convencionais de controle de qualidade são capazes de identificar problemas, mas não são capazes de sugerir mudanças para o aumento da “performance” do operador.

NORO (1984) procura desenvolver uma metodologia para a análise da tarefa que possa, ao mesmo tempo, analisar as percepções táteis e visuais. É uma metodologia bastante simples em termos de técnicas de coleta de dados e mais econômica em termos de equipamentos utilizados, mas que requer habilidades para a interpretação das imagens coletadas. A metodologia é aplicada em um setor industrial de inspeção de pneus, a tarefa é, então, analisada a partir de imagens gravadas por duas câmeras de vídeo, uma câmera destinada a observar o relacionamento dos movimentos entre o operador e o produto e outra câmera para observar os movimentos dos olhos e mãos. Analisa-se, assim, a atividade do operador através das ações tomadas e dos movimentos captados. Através desse método de análise, Noro obtém excelentes resultados que o auxiliam a estimar a causa das falhas na inspeção dos produtos, a partir de considerações dos aspectos visuais e táteis.

A figura 37, apresenta um estudo de MEGAW e RICHARDSON (1979, p.145-154), de três distintas tarefas executadas por 3 experientes inspetores, nos permite verificar a distribuição da média de fixações por tempo para diferentes tarefas. O gráfico da figura 37 oferece recursos para outras investigações a serem realizadas, como a análise de variabilidade da

natureza das tarefas, já que os produtos inspecionados são distintos; inspeção de tecidos, pratos de porcelana e cuecas.

Na apresentação de alguns resultados a respeito do número de fixações para uma determinada tarefa de inspeção industrial, há quase que um consenso entre os diversos autores, de que os inspetores mais experientes produzem menor número de fixações do que os inspetores novatos.

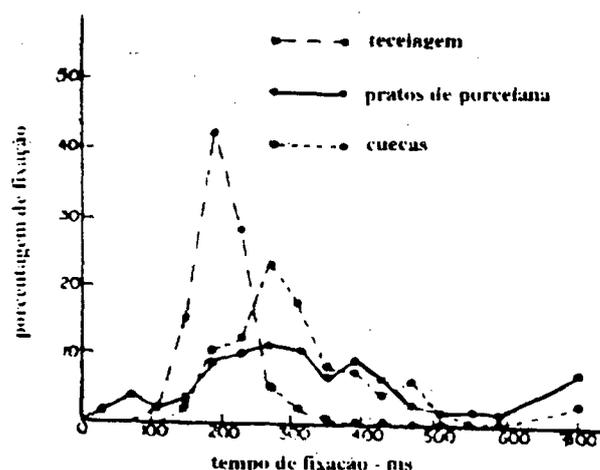


Figura 37. Número de fixações do movimento dos olhos para três tarefas distintas, MEGAW e RICHARDSON (1979, p.146).

O direcionamento mais comum dos movimentos dos olhos ocorre, com mais frequência no sentido horizontal, como demonstrado nos trabalhos de MACKWORTH e BRUNER (1970). Esse fato possivelmente está relacionado ao condicionamento da leitura do modo ocidental (da esquerda para a direita), exceção para os idiogramas orientais que utilizam o sentido vertical de leitura (de cima para baixo). Mas, sem dúvida, no caso de produtos tridimensionais a forma apresentada pode provocar alterações no padrão do sentido do movimento.

A literatura apresenta uma grande quantidade de informações a respeito da análise de objetos estacionários, que, muitas vezes, torna-se o ponto de partida para o estudo dos objetos em movimento, mas esses podem apresentar, sem dúvida, algumas peculiaridades. Como no caso da inspeção visual de garrafas, desenvolvido por SAITO em 1972, em que os produtos são

inspeccionados sobre uma esteira, a uma velocidade de 150 garrafas por minuto. Nessa situação, com predominância da forma vertical das garrafas, foi observado um número regular de sacadas verticais. Aumentou-se o número para 300 garrafas por minuto, em consequência ocorreu um maior número de sacadas horizontais. SAITO argumentou sobre esse fato, de que o campo visual esteve altamente sobrecarregado nesta tarefa, recomendando-se, então, um máximo de 200 garrafas por minuto.

MORAAL (1975), na sua experiência de observação do movimento dos olhos na inspeção de lâminas de aço, identifica dois tipos de estratégia desses movimentos. O primeiro caso identificado foi na fase de fixação que foi acompanhada de um subsequente movimento combinado com a velocidade do movimento das lâminas em torno de 1 m/s. O ponto de fixação foi, então, dirigido para a lâmina seguinte. A outra estratégia observada por SAITO, foi a total ausência do movimento de sacadas. Os olhos dos operadores permaneciam estacionários quando a lâmina passava a sua frente. Essa segunda estratégia possivelmente procurava privilegiar o movimento do objeto, tentando cobrir toda a área da lâmina, durante a inspeção.

Outro aspecto de grande controversia observado durante a revisão literária refere-se ao grau de complexidade da tarefa. Em muitos casos, a correlação entre a complexidade da tarefa e o tempo gasto, parece algumas vezes, não apresentar lógica. RICHARDSON (1982) desenvolve vários experimentos com distintos produtos: conectores elétricos, chips de circuito eletrônico, cuecas masculinas, tecidos rendados e compara alguns tempos de inspeção. Inspetores gastam entre 14 a 18 fixações para completar a inspeção visual de conectores elétricos e de 9 a 15 fixações, na inspeção de circuitos eletrônicos complexos. Em ambos os casos, a inspeção é um fator fundamental em termos de confiabilidade e segurança, mas no caso dos conectores elétricos, a tarefa é menos complexa pela menor quantidade de detalhes apresentados no produto. Provavelmente esses dois casos apresentam variáveis distintas que comprometem de forma diferenciada o movimento dos olhos e a quantidade de fixações. Outro fato também levantado

pelo autor é a eventual possibilidade do estabelecimento de tempo padrão para a inspeção, obtidos de forma arbitrária.

### 3.5 Formação de competência nas tarefas visuais

#### 3.5.1 Competência e habilidades

O estudo do conhecimento, a sua aquisição, formação e estruturas ajudam a compreender alguns pontos básicos que norteiam as hipóteses formuladas neste trabalho.

O conhecimento adquirido na realização de uma tarefa pode ser considerado **conhecimento declarativo** ou **conhecimento procedural**. Como demonstra EYSENCK (1994), na atividade de andar de bicicleta, um indivíduo sabe pedalar sem cair, mas ele dificilmente saberá explicar como se anda de bicicleta, se não tiver uma bicicleta para fazer a demonstração. Ou seja, o indivíduo sabe andar de bicicleta porque possui um conjunto de procedimentos. Temos aqui o **conhecimento procedural**, que em geral não pode ser explicado.

O conhecimento sobre o funcionamento da bicicleta, sobre seus componentes, tais como: rodas, freio, selim e guidões pode ser explícito e verbalizado através de vários meios físicos. Estes conhecimentos que podem ser representados são denominados, pela grande maioria dos autores, de **conhecimento declarativo**.

Mais recentemente, NONAKA (1997) e SVEIBY (1998) adotam o termo "**conhecimento tácito**" para descrever o "**conhecimento procedural**" e "**conhecimento explícito**" para descrever o "**conhecimento declarativo**".

Pelas características da tarefa, a inspeção visual enquadra-se dentro dos aspectos do conhecimento procedural ou tácito. Cabe ao operador adquirir esses conhecimentos através de suas habilidades, produzindo e evoluindo as suas competências para a atividade de inspeção. Uma vez que a tarefa tenha

sido bem sucedida, se encontrará tão bem integrada no comportamento do operador, que ele acaba não tendo mais consciência de seu mecanismo e se torna incapaz de expressá-lo verbalmente ante um observador.

Considera-se o resultado da atividade da inspeção como um resultado coerente com as **competências** momentâneas do indivíduo. Segundo MACH (1905), citado por RASMUSSEN, (1986, p.151), "o fluxo do **conhecimento** e do **erro** provém da mesma fonte mental, sómente o sucesso da resposta pode falar de uma ou de outra".

A análise dos erros, utilizada como ferramenta de avaliação de desempenho das tarefas, vem recebendo algumas críticas sobre sua utilização. As críticas são advindas dos casos em que o especialista de análise toma como referência apenas esse método para avaliar a "performance" dos indivíduos, considerando a sua competência pelos resultados obtidos. Mas a adequada utilização dessa ferramenta pode trazer importantes informações, principalmente nas orientações aos novos operadores. MONTMOLLIN (1967, p.34) argumenta que o erro cometido durante a aprendizagem fornece grandes informações acerca dos elementos essenciais da tarefa, tais como : sinais que não são percebidos, decisões prematuras, respostas inadaptadas, etc. Sendo mais importante descobrir "**como foi o erro**" a sua natureza e a dimensão do erro do que tentar investigar "**por que o indivíduo errou**".

Na tentativa de se formular as bases para as competências às atividades de inspeção, deparamo-nos, então, com as questões relacionadas à aprendizagem da tarefa e às habilidades adquiridas no desenvolvimento destas. Consideramos necessário, inicialmente, elucidar algumas abordagens sobre a competência e seu processo de construção.

ROSA (1998, p.101) descreve que a "competência tem uma finalidade pois ela destina-se à resolução de um tipo de objetivo, a execução de uma tarefa. Por isso, define-se uma *competência* para a realização de uma tarefa". Assim, o grau de dificuldade bem como as modificações introduzidas nas tarefas irão determinar a competência para a resolução da tarefa. De acordo

com LEPLAT, citado por ROSA (1998, p.100) , as competências podem ser materializadas : no saber-fazer, nas formas de conduta e na definição dos processos-padrão que são colocados em prática pelo operador sem uma aprendizagem nova. De certa forma a competência do indivíduo sedimenta e estrutura as aquisições de sua história profissional, permitindo-lhe a antecipação dos fenômenos necessários à realização da tarefa.

Como a competência é algo adquirido pelo indivíduo, nesses termos, podemos falar da construção da competência, ou na construção de habilidades que permitam o desenvolvimento adequado de uma atividade. Na revisão literária encontramos também a aplicação do termo "**aquisição das habilidades**" por GRAU (1998 p.364) no que diz respeito aos conhecimentos adquiridos para o desenvolvimento da atividade. O termo "habilidade" é usado pelo autor no sentido do saber-fazer, e dentro dessa ótica as habilidades permitem a aplicação dos conhecimentos em uma dada situação. *As habilidades distinguem-se do conhecimentos dos saberes estáveis sobre os objetos do mundo.* (PIERAUT-LE BONIEC e AMALBERTI, 1995). A habilidade, nesse sentido, não é perene, depende da situação e do momento. O fato de um indivíduo hoje apresentar uma grande habilidade na inspeção visual de produtos, não significa que ele terá sempre a mesma habilidade; ou que um indivíduo novato não poderá em pouco tempo adquirir as habilidades necessárias da inspeção visual. Verifica-se, no caso da inspeção visual, a associação das habilidades aos conhecimentos tácitos. As habilidades não são observáveis nem podem ser vistas, LEPLAT (1989), citado por GRAU (1998 p.365).

As habilidades estão também associadas à idéia de "expert", por ser ele o possuidor das habilidades. Em atividades de treinamento, quando comparamos indivíduos novatos e experientes, podemos associar vários aspectos pertinentes às habilidades dos operadores novatos e dos experientes. Um dos primeiros aspectos que nos chamam a atenção com relação às habilidades adquiridas no desenvolvimento da tarefa refere-se à *velocidade e precisão* do operador experiente. Do ponto de vista de Dreyfus

(1986), citado por GRAU (1998), a habilidade se constrói pela repetição e é conduzida a uma etapa intermediária de elaboração. Dessa forma o "expert" possui um saber-fazer não verbalizável, dependente do contexto e da tarefa, englobando as atividades cognitivas mais complexas como a compreensão, tomada de decisão, raciocínio e conhecimento de suas próprias capacidades.

Leplat (1989) caracteriza as habilidades em quatro propriedades:

- as habilidades são aprendidas com a prática e evoluem com esta;
- as habilidades são situadas porque são dirigidas por um objetivo;
- as habilidades são organizadas hierarquicamente a fim de constituir as habilidades complexas;
- as habilidades são adaptáveis a uma classe de tarefa.

#### **3.5.1.1 Aquisição da competência nas tarefas de inspeção**

DOUGHERTY e KELLER, citado por WISNER (1995), estudando as estruturas de conhecimento de uma atividade, exercem a atividade por um período de 4 anos e formulam, posteriormente, a seguinte premissa: a informação organiza-se em muitas atividades cotidianas baseando-se em tarefas direcionadas a uma meta e em estratégias. A partir dessa premissa os autores apontam três aspectos importantes observados na análise da tarefa :

- Nas atividades cotidianas há o reconhecimento, manipulação e distinção de aspectos que não são codificados pela linguagem;
- A cada tarefa a ser executada são determinados os elementos pertinentes a sua conceituação;
- As estratégias, com vistas à ação e à organização do saber são orientadas ao tipo de tarefa e são, também, auto-produzidas.

NONAKA (1997) procurou formalizar uma metodologia mostrando o processo de criação de conhecimento. O autor não se refere apenas a uma mudança de terminologia científica, mas a uma mudança de paradigma na interpretação do conhecimento. A metodologia de Nonaka tem sido incorporada por vários autores, entre os quais podemos citar o trabalho de

SVEIBY (1998) que salienta os principais aspectos relativos à aquisição de conhecimento e da competência nas atividades de trabalho.

SVEIBY (1998) argumenta que “a competência do funcionário deveria ser incluída no balanço patrimonial dos ativos intangíveis porque é impossível conceber uma organização sem pessoas”. Os ativos intangíveis de uma empresa serão, nos próximos anos, os maiores patrimônios adquiridos, pois são atualmente, o grande diferencial que mantem as empresas na liderança. Gerenciar o conhecimento, as habilidades e as competências de seus funcionários, passa a ser o grande desafio para as empresas nos próximos anos.

Conhecimento, habilidade e competência são palavras com significados distintos, mas que se tornam difíceis de serem dissociadas. Procuramos no começo do capítulo esclarecer seus significados dentro do contexto das tarefas de inspeção. SVEIBY (1998) questiona o significado dessas palavras demonstrando que o conceito de “competência” é muito mais abrangente que o de “conhecimento”. Como podemos verificar na língua portuguesa a palavra conhecimento apresenta vários significados: informação, conscientização, saber, cognição, sapiência, percepção, ciência, experiência, qualificação, discernimento, competência, habilidade prática, capacidade, aprendizado, sabedoria, certeza e outros. O conceito depende do contexto em que o termo é empregado.

Na visão de SVEIBY (1998), o conhecimento apresenta quatro características básicas; o conhecimento é tácito, é orientado para a ação, é sustentado por regras, e está em constante mutação. Essas características não divergem muito das características das habilidades levantadas por LEPLAT, e que foram apresentadas no início deste capítulo.

Segundo a proposta de SVEIBY (1998), no desenvolvimento de uma atividade a tarefa é realizada mediante o uso de duas dimensões de conhecimento. A primeira refere-se ao “conhecimento de foco”, e se relaciona ao objeto ou fenômeno focalizado. A segunda dimensão refere-se ao

conhecimento tácito que é utilizado como uma ferramenta para tratar o que está sendo focalizado. As duas dimensões do conhecimento são complementares formando um todo.

No exemplo apresentado por POLANYI (1958), citado por SVEIBY (1998, p.37):

*“Quando utilizamos um martelo para fixar um prego, prestamos atenção tanto ao martelo quanto ao prego, mas de forma diferente... Podemos expressar a diferença dizendo que o martelo não é como o prego, objeto de nossa atenção, mas instrumento dele. O que vemos não é o martelo e o prego propriamente ditos; vemos outra coisa enquanto nos mantemos intensamente atentos a eles. Tenho um conhecimento subsidiado pelo tato, na palma da mão, que se funde à minha consciência de foco em relação ao fato de fixar o prego.”*

Na visão de POLANYI sempre partimos dos detalhes para o objeto em foco. Vemos parte de um objeto que nos lembra algo com o qual estamos familiarizados, sendo esse um ato informal da mente. Dessa forma consciente e inconsciente trabalham juntos, mas possuem capacidades diferentes de processamento. NÖRRETRANDERS (1992), citado por SVEIBY (1998, p.38) mostra que a mente consciente pode processar de 16 a 40 bits de informação por segundo, enquanto a mente subconsciente é capaz de tratar aproximadamente 11 milhões de bits por segundo. No caso em estudo, da atividade de inspeção, enquanto a atenção do operador está concentrada num determinado ponto do seu campo visual, o seu cérebro esta lidando de forma rápida e eficiente com uma enorme quantidade de informações necessárias ao gerenciamento dos movimentos do corpo, olhos, cabeça, tato e fornece as respostas ao processo perceptivo. Quando estamos tacitamente envolvidos em uma atividade, agimos de forma inconsciente, não refletimos, o que leva a automaticidade das nossas ações.

As **regras de procedimentos** (tácitas) na visão de SVEIBY (1998, p. 45) desempenham um papel vital na aquisição e aperfeiçoamento das habilidades. Quando o operador exerce sua atividade de inspeção, ele testa essas regras procurando aprimorá-las. Desse modo as regras estão atreladas

aos resultados das ações obtidas na inspeção. As regras se desenvolvem durante a realização ou no aprendizado da tarefa. Quando o indivíduo apresenta o **domínio das regras**, ele tem a capacidade de mudá-las ou ampliá-las. Esse é o estágio em que a **competência se forma**, quando o indivíduo “aprende toda a estrutura de **regras**”, “revê regras pessoais de procedimentos” e se torna “capaz de modificá-las”. E quanto mais qualificado for o indivíduo, mais ele pode modificar as regras de procedimento, e à medida que ele se torna “altamente qualificado” ele se torna capaz de inventar novas regras. O ápice da competência se concentra no especialista. Um indivíduo é um especialista quando é extremamente qualificado e está tão familiarizado com tudo de relevante que outras pessoas tenham dito ou feito, mas sobretudo “é capaz de desenvolver novas regras” que sejam obviamente melhores para todos aqueles que atuam em sua especialidade, SVEIBY (1998, p. 45).

Na aplicação do conceito do domínio das regras pelo operador na realização de sua tarefa, Sveiby considera mais apropriado a utilização do termo “**competência**”. A competência de um indivíduo é formada por cinco elementos mutuamente dependentes : o conhecimento explícito, habilidades, experiências, julgamentos de valor e rede social, SVEIBY (1998, p.42). Os elementos da competência podem ser assim detalhados:

- **Conhecimento explícito.** O conhecimento explícito envolve conhecimento dos fatos e é adquirido principalmente pela informação, quase sempre pela educação formal.
- **Habilidade.** A arte de “saber-fazer” envolve uma proficiência prático-física e mental, e é adquirida sobretudo pelo treinamento e prática. Inclui o conhecimento de regras de procedimento e habilidades de comunicação.
- **Experiência.** A experiência é adquirida principalmente pela reflexão a respeito dos erros e sucessos passados.
- **Julgamentos de valor.** Os julgamentos de valor são percepções do que o indivíduo acredita estar certo. Eles agem como filtros

conscientes e inconscientes para o processo de saber de cada indivíduo.

- **Rede social.** A rede social é formada pelas relações do indivíduo com outros seres humanos dentro de um ambiente e de uma cultura transmitidos pela tradição.

Podemos observar nos cinco elementos formadores da competência apresentados por SVEIBY (1998) que o conhecimento explícito (subentendido como informação) é o único elemento (concreto) da competência. As habilidades, experiências e os julgamentos de valores são elementos singulares, não exteriorizáveis. A rede social na visão de SVEIBY (1998) é um fator de extrema importância para a determinação da competência dos indivíduos.

Nos setores de produção, a competência dos trabalhadores está intimamente relacionada a um determinado ambiente físico, ou estrutura interna. Podemos citar o exemplo em que o indivíduo muda para um novo ambiente de trabalho e sente que, de certa forma, a sua competência se torna comprometida, a não ser que ele encontre as mesmas condições anteriores. Mas, por outro lado, os profissionais também adquirem competência vinculados a uma rede interdependente, que não faz parte de qualquer organização, relacionada aos aspectos intra-individuais. Esse fator de aquisição interdependente, de certa forma, contribui para a adaptação da competência em outros ambientes.

Tanto NONAKA (1997) quanto SVEIBY (1998) concordam em que as “regras tácitas” podem ser transformadas em “regras práticas explícitas”. Nosso questionamento sobre esse aspecto é de cunho prático, formulamos então as seguintes indagações: Como o inspetor experiente pode expressar seu conhecimento tácito em conhecimento explícito? Como o inspetor novato absorve o conhecimento tácito?

Para chegarmos ao âmago dessas questões, discutiremos inicialmente alguns aspectos da metodologia proposta por NONAKA (1997). De acordo com

o autor, os princípios filosóficos formam a base do conhecimento tácito, mas é, ao mesmo tempo, altamente pessoal e de difícil formalização, o que dificulta a sua transmissão e compartilhamento com os demais indivíduos. Sendo incluídos também nesta categoria de conhecimento as conclusões, insights e palpites subjetivos dos indivíduos. Pode-se dizer que o conhecimento tácito está profundamente enraizado nas ações e experiências de um indivíduo, bem como em suas emoções, valores ou ideais. A filosofia oriental considera que o conhecimento expresso em palavras e números é apenas a ponta do "iceberg", NONAKA (1997). Sob o ponto de vista da filosofia oriental, ele descreve o conhecimento tácito com difícil visualização e expressão.

SVEIBY (1998) segmenta os métodos de transferência de competência em duas linhas. O primeiro que é o **método da informação**, no qual se enquadram as "palestras" e "audio-visuais". Segundo SVEIBY (1998) a palestra é a menos eficaz, depois de cinco dias a maioria das pessoas recorda menos de um décimo do que ouviram durante uma palestra. Já o método audio-visual produz uma retenção de aproximadamente 20%, para as mesmas condições. O segundo método de transferência de competência abordado por Sveiby refere-se ao método de "**transferência de conhecimento pela tradição**". Que é o método do aprender fazendo. A transferência ocorre de pessoa para pessoa. É muito mais eficaz que o método anterior, fazendo com que as pessoas se lembrem de 60 a 70% do que fazem, após cinco dias. A competência é transferida com muito mais eficácia porque o receptor participa do processo. Para SVEIBY (1998) a tradição continua a ser o melhor maneira de transferir competência. Concluímos então que o aprendizado prático é a melhor forma de adquirir competência, no ambiente de trabalho, apesar de exigir um maior tempo de aprendizagem e, concentrar-se grande parte no conhecimento tácito.

NONAKA (1997) sugere para a transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito, as seguintes estratégias:

- Para explicar o inexplicável (conhecimento tácito), recomenda-se o **uso de metáforas**, de linguagem figurada. Através das metáforas as

peças podem reunir o que conhecem por meio de formas inovadoras podendo expressar o que sabem e o que ainda não são capazes de dizer.

- Para que haja a transmissão de conhecimento, é necessário que o **conhecimento pessoal** de um indivíduo seja **compartilhado** com os demais. Permitindo, assim, que o conhecimento possa ser amplificado ou cristalizado pelo grupo, através de discussões, compartilhamento de experiências e observações.
- Utilização de recursos como a **ambigüidade e a redundância**. Assim também o caos no meio pode gerar novos conhecimentos, porque promove novas maneiras de pensar. A redundância ajuda a criar uma base comum entre os funcionários, facilitando a transferência do conhecimento tácito.

As estratégias apresentadas por NONAKA (1997) para a transferência do conhecimento tácito em explícito podem ser consideradas como recursos ou agentes facilitadores do meio, por si só não produzem o conhecimento, mas são a base da criação que fomenta os indivíduos, criando condições capacitadoras.

### 3.5.1.2 Modos de conversão do conhecimento

Procuramos neste estudo aprofundar os conceitos relativos à aquisição e transferência do conhecimento tácito ou procedural em conhecimento explícito ou declarativo, conforme a nomenclatura adotada pelos diversos autores.

NONAKA e TAKEUCHI (1997) mostram alguns exemplos das empresas japonesas do setor de produção que utilizaram os processos de conversão de conhecimento para projetar novos e criativos produtos durante a década de 80, entre elas: Honda Motor, Matsuhita Electric Industrial Co e Canon. Os processos de conversão do conhecimento descritos pelos autores foram

analisados nas empresas descritas acima e são a **socialização**, a **externalização**, a **internalização** e a **combinação**.

A metodologia proposta por NONAKA e TAKEUCHI (1997, p.69) parte do pressuposto de que o conhecimento é criado por meio da interação entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito, como podemos observar na figura 30. A interação estabelecida entre os dois conhecimentos promove quatro tipos de transformações ou conversões do conhecimento. Os processos de conversão do conhecimento são representados na figura 38 e estão descritos a seguir.

	Conhecimento Tácito	em	Conhecimento Explícito
Conhecimento Tácito	<b>Socialização</b>		<b>Externalização ou Exteriorização</b>
do			
Conhecimento Explícito	<b>Internalização ou Interiorização</b>		<b>Combinação</b>

Figura 38. Representação dos modos de conversão do conhecimento. NONAKA E TAKEUCHI (1997, p. 69).

- De conhecimento tácito em conhecimento tácito, denominado **Socialização**. A socialização é um processo de compartilhamento de experiências e, a partir daí, a criação do conhecimento tácito, como modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas. Por exemplo, quando os operadores novatos trabalham com os operadores experientes e aprendem a sua arte não por meio de sua linguagem, mas da observação, imitação e prática dentro do contexto real.
- de conhecimento tácito em conhecimento explícito, denominado **Externalização** por Nonaka e **Exteriorização** por Sveiby. A externalização é um processo de articulação do conhecimento tácito em conceitos explícitos. Através da linguagem, assume as formas de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses ou modelos. Dos quatro modos de conversão do conhecimento a externalização é a chave para a criação do conhecimento, pois cria conhecimentos novos e explícitos a partir do

conhecimento tácito. A ferramenta mais adequada para desenvolver ou criar novos conhecimentos é a **metáfora**, que é uma forma de perceber ou entender intuitivamente uma coisa imaginando outra simbolicamente.

- de conhecimento explícito em conhecimento explícito denominado **Combinação**. A combinação é um processo de sistematização de conceitos explícitos em um sistema de conhecimento, ou seja, a combinação de diferentes partes do conhecimento explícito em um novo conhecimento explícito por meio da análise, categorização ou reconfiguração da informação. Essa forma de conversão do conhecimento é normalmente aplicada nas escolas através da educação e do treinamento formal, ou da utilização de banco de dados e de redes de computadores.
- de conhecimento explícito em conhecimento tácito denominada **Internalização** por NONAKA (1997) e **Interiorização** por SVEIBY (1998). A internalização é a absorção de conhecimento explícito em conhecimento tácito e está intimamente relacionada ao aprendizado pela prática. Para que a internalização ocorra é necessária a verbalização e a diagramação do conhecimento sob a forma de documentos, manuais ou histórias orais. A documentação auxilia os indivíduos a internalizarem suas experiências, aumentando o conhecimento tácito, facilitando a transferência do conhecimento explícito para outras pessoas, ajudando a vivenciar indiretamente as experiências dos demais indivíduos. A simulação é uma outra forma de realizar esse modo de conversão de conhecimento com o intuito de fomentar a criação.

### 3.5.1.3 Gênese da competência

Nenhum dos tipos de conversão do conhecimento apresentados por NONAKA e TAKEUCHI ou SVEIBY pode gerar isoladamente a competência para uma atividade. Igualmente, os elementos necessários à formação da competência apresentados por SVEIBY (1998) (conhecimento explícito, habilidades, experiência, julgamentos de valor, rede social) precisam coexistir no ambiente real da atividade. Da mesma forma, observamos que na

proposta de NONAKA e TAKEUCHI (1997) somente quando há interação entre o conhecimento explícito e o tácito é que ocorre a criação do conhecimento. O próprio termo criação, inerente às bases ontológicas, pressupõe uma interação dinâmica entre esses conhecimentos. Das mudanças entre os diferentes modos de conversão do conhecimento surge uma força dinâmica induzida pelos vários fatores pertencentes aos diferentes modos de conversão.

A idéia da gênese da competência deve ser entendida, então, como um processo dinâmico e incessante de transformação do conhecimento. Na metodologia de NONAKA e TAKEUCHI (1997, p.80), a criação do conhecimento é uma interação contínua e dinâmica entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito, representada por uma espiral que dinamiza o processo, como pode ser observada na figura 39.

A socialização isoladamente constitui uma forma limitada de criação de conhecimento, assim como, a combinação de diferentes informações explícitas não garante a ampliação da base de conhecimentos existentes. A gênese do conhecimento somente se inicia quando a espiral do conhecimento está integrada na rede.



Figura 39. Representação da espiral do conhecimento, Nonaka (1997, p. 80).

É a partir das relações estabelecidas na socialização que o processo de gênese do conhecimento se inicia, estabelecendo um "campo" de interação, que facilita o compartilhamento das experiências e modelos mentais dos indivíduos no grupo. Através do diálogo e da reflexão coletiva, inicia-se o processo de externalização. A associação dos conhecimentos recém-criados combinados com os conhecimentos já existentes, cristalizam-se. O movimento retoma ao nível individual e o conhecimento explícito é internalizado, transformando-se em conhecimento tácito, pelo saber-fazer.

A espiral movimenta-se do individual para o coletivo e do coletivo para o individual, continuamente, sendo estes movimentos representados na figura 40. O movimento da espiral sugerida pelos autores segue duas dimensões, uma epistemológica e outra ontológica. A dimensão epistemológica é representada na linha vertical, e nos seus extremos se encontram o conhecimento explícito e o conhecimento tácito.

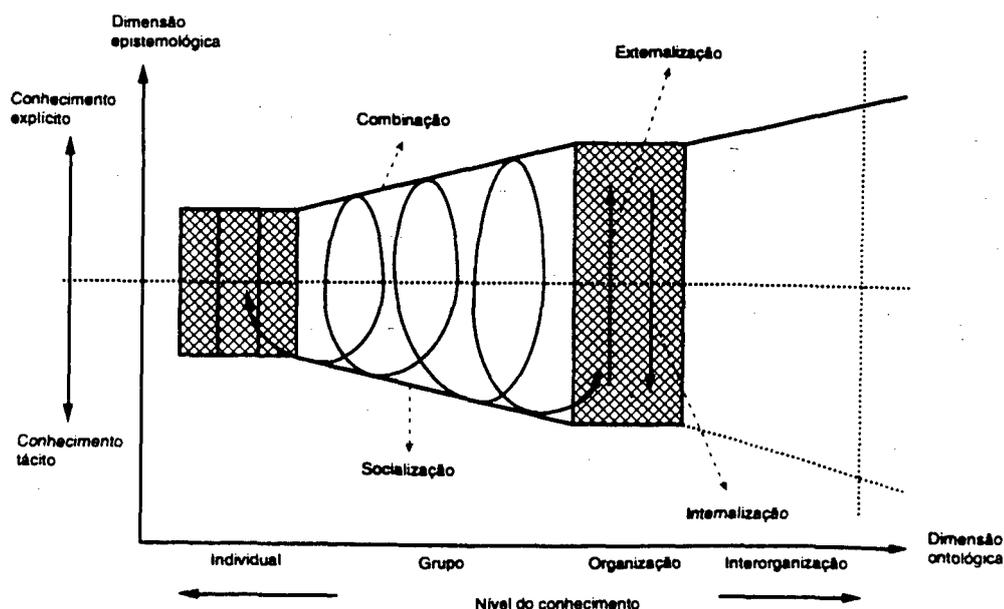


Figura 40. Movimentos da Espiral da criação do conhecimento, Nonaka (1997, p. 82).

A dimensão ontológica assume o eixo horizontal, segmentando o conhecimento nos níveis individuais, de grupo, da organização e das relações interorganizacionais.

## A dissipação do conhecimento

A dissipação do conhecimento é propiciada em determinadas condições impulsionadoras do movimento dinâmico da espiral. Denominadas por NONAKA e TAKEUCHI (1997, p.85) como “**condições capacitadoras**”, elas fornecem o contexto apropriado facilitando o exercício das atividades, o acúmulo e a criação do conhecimento. São cinco as condições facilitadoras da espiral do conhecimento : intenção, autonomia, flutuação e caos criativo, redundância e variedade de requisitos.

A primeira condição, a “**intenção**”, direciona a espiral por meio das aspirações do indivíduo em alcançar uma meta. Os esforços despendidos em alcançar a intenção no contexto, assumem a forma de “estratégia”. A concentração desses esforços nas metas propiciam ao indivíduo a criação de juízos de valores e de julgamento da veracidade da informação. Segundo os autores “sem a intenção não seria possível julgar o valor da informação, o conhecimento percebido ou a criação”.

A segunda condição de promoção da espiral do conhecimento, a **autonomia**, aumenta a possibilidade de motivação dos indivíduos em criar um novo conhecimento. Essa mesma condição de autonomia é também encontrada na definição de “sistema autopoiesis” de MATURANA E VARELA (1997, p.65): “a autonomia é tão obviamente um aspecto essencial dos sistemas vivos que quando observamos algo que aparenta ser autônomo a reação espontânea é considerá-lo vivente. ... cada unidade ou célula autônoma, controla todas as mudanças que ocorrem continuamente dentro de si mesma”. NONAKA E TAKEUCHI (1997) concluem que os indivíduos autônomos estabelecem as fronteiras de suas tarefas por conta própria, a fim de buscar a meta expressa em suas intenções.

A terceira condição denominada de **flutuação e caos criativo** estimula a interação entre indivíduos e o ambiente externo. Atitudes abertas em relação aos sinais ambientais podem explorar a ambigüidade, a redundância e os ruídos dos sinais, a fim de aprimorar o sistema de conhecimento. Podem ser

obtidas através da quebra de hábitos, de rotinas e de estruturas cognitivas. WINOGRAD e FLORES (1986), citado por NONAKA e TAKEUCHI (1997, P.89) “ênfaticamente a importância do colapso periódico no desenvolvimento da percepção humana. Um colapso refere-se a uma interrupção de nosso estado de ser habitual e confortável.”

A quarta condição é a “**redundância**” propriamente dita, e compreendida como a existência de informações que transcendem as exigências operacionais imediatas. Um conceito criado por um indivíduo precisa ser compartilhado com outros indivíduos mesmo que esses não necessitem do conceito imediatamente. O compartilhamento de informações redundantes, na visão de NONAKA e TAKEUCHI (1997), promove o compartilhamento de conhecimento tácito, pois os indivíduos conseguem sentir o que outros estão tentando expressar. Para os autores a redundância de informações precipita o “aprendizado por intrusão” na esfera de percepção de cada indivíduo e pode ser implementada de dois modos : o primeiro através da “superposição”, na qual os indivíduos dividem as atividades de forma difusa, e o segundo através do “rodízio estratégico” de pessoal, especialmente os provenientes de outras áreas da produção. O segundo modo apresenta outro benefício, permite que cada funcionário diversifique habilidades e fontes de informação.

A quinta condição facilitadora da aquisição do conhecimento, a **variedade de requisitos** do ambiente interno, facilita a combinação de informações de uma forma diferente. Os autores recomendam uma maximização da variedade de informações, mas de forma que todos tenham acesso mais rápido às informações necessárias.

Os conceitos apresentados neste capítulo esclarecem vários aspectos necessários à formação da competência e criação do conhecimento e serão aplicados na nossa metodologia.

### 3.5.2 Mediadores da competência nas tarefas de inspeção

Caracterizamos, no item anterior, os aspectos relativos à formação da competência para o desenvolvimento de uma atividade. Apresentaremos agora os aspectos metodológicos que auxiliam na construção e avaliação de situações simuladas adotados como mediadores no treinamento das atividades de inspeção. Recorreremos à simulação por ser um elemento capaz de mediar e facilitar a aquisição das habilidades dos indivíduos para a execução de uma tarefa.

Abordaremos inicialmente os aspectos didáticos dos mediadores nas situações simuladas. Uma situação simulada é definida, por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998, p.333-359), como um mediador entre o "trainee" e a situação de referência. Os autores propõem o estudo de uma situação simulada a partir de dois grandes eixos de análise. O primeiro eixo é o "*transposição didática*" e o segundo é o da "*atividade dos aprendizes*".

A *transposição didática* é definida pelos autores como um processo pelo qual as propriedades e funcionalidades das situações de referência são transpostas dentro das situações simuladas, como mediadoras do processo de transmissão da competência. De forma a facilitar a sua operacionalização são definidas três dimensões para a transposição: a decomposição, a desagregação e a focalização.

- a *decomposição* consiste em isolar sub-tarefas específicas nas quais os sujeitos podem ser treinados separadamente, antes das tarefas globais.
- a *desagregação* consiste na supressão ou restrição de interações entre os sub-sistemas.
- o *zoom* consiste na focalização de aspectos particulares da situação de referência.

O principal enfoque na metodologia proposta por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998), o da *transposição didática mediada pela simulação*, é a utilização adequada desta ferramenta para a aquisição das competências nas atividades de trabalho. A simulação tem se tornado, de certa forma, mais acessível e dentro desta nova visão, poderá ser mais largamente utilizada no meio industrial como um instrumento mediador das habilidades dos operadores em atividades específicas.

Mas, para que o processo de aquisição de competências possa ser implementado, é necessário que tenhamos um amplo conhecimento de sua utilização como ferramenta e de suas possibilidades não só técnicas, mas sobretudo didáticas. Um dos fatores de diferenciação observado nesta metodologia refere-se a sua preocupação e comprometimento com a qualidade do que está sendo transportado para a nova situação.

Outro aspecto de grande relevância refere-se à atividade dos aprendizes, sob o ponto de vista desta metodologia, eles são considerados como geradores do ambiente dinâmico. As características da situação didática, na qual é construída a simulação e o modo pela qual é conduzida pelo instrutor apresentam um importante papel, tanto ou mais que as características dos sistemas técnicos. São consideradas, também, as variáveis que possuem um efeito sobre a construção da competência e favorecem as condições das aquisições de conhecimentos visados. A figura 41 descreve de forma esquemática a estrutura geral da metodologia de aquisição de competência mediada pela simulação, proposta por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998, p.338). Esta metodologia propõe a mediação entre o sujeito e a situação de referência por meio de uma situação simulada.

Na metodologia apresentada por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998) a aquisição de competência pelo sujeito é facilitada de uma parte pela atividade engajada diretamente na situação de simulação e de outra parte pela própria mediação do sujeito. Os três elementos de ação da metodologia são, essencialmente: o sujeito, a situação de simulação e a situação de referência.

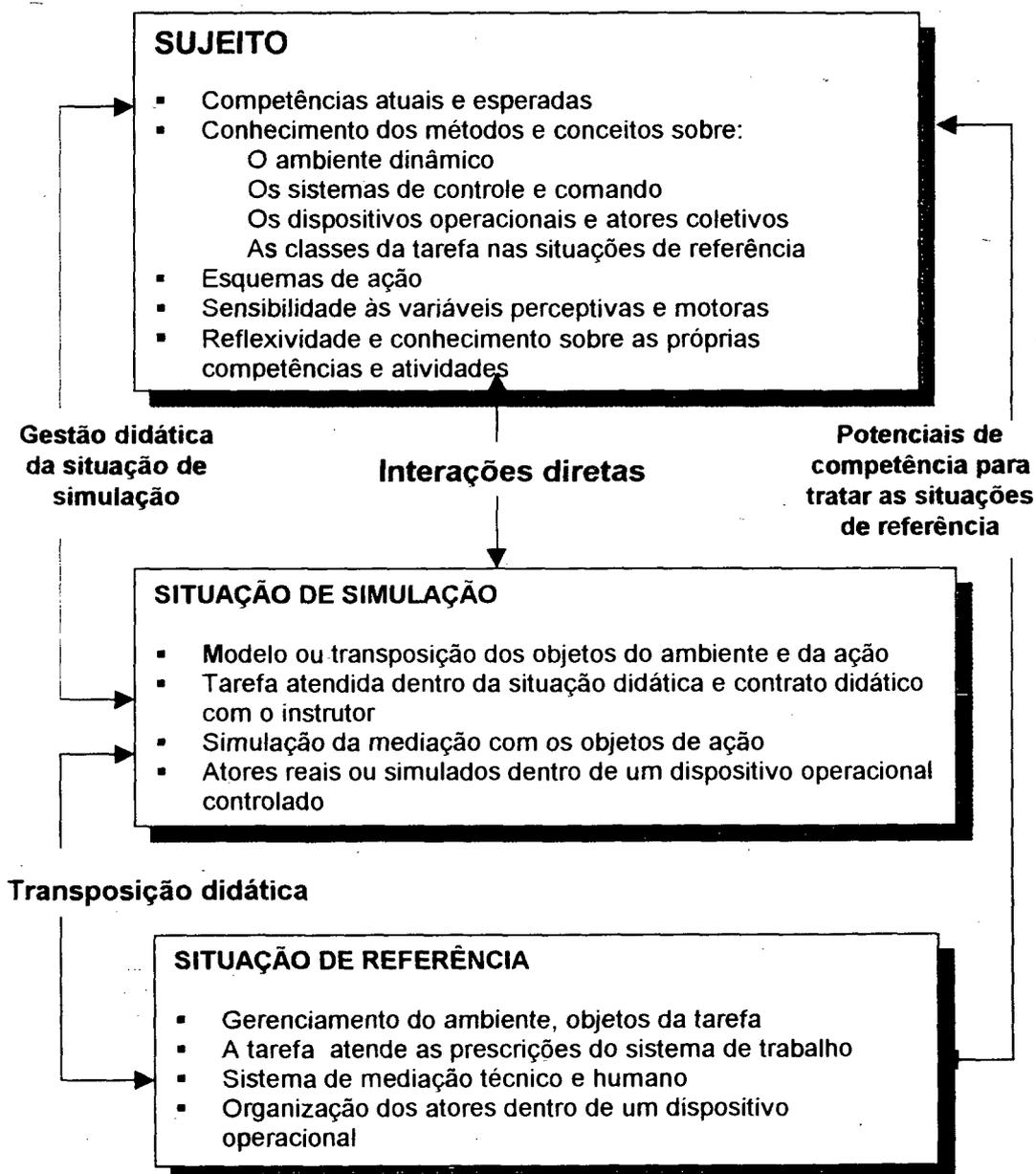


Figura 41. Estrutura Metodológica da transposição didática de simulação. SAMURÇAY e ROGALSKI (1998. p. 338).

O **sujeito**, refere-se ao indivíduo que receberá o treinamento, no qual deseja-se ampliar o seu nível de competência para uma determinada atividade. A gestão do processo de aquisição da competência envolve não apenas o transporte dos dados da situação de referência a ser aplicada ao sujeito, mas todo o sistema da situação. Assim, a metodologia proposta por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998) procura fornecer os elementos globais do gerenciamento da aquisição da competência.

A **gestão didática da situação de simulação** promove *interações diretas* entre a *situação de simulação* e o *sujeito*. As interações são provenientes do contexto global do sujeito e da situação de referência mas, cada uma delas recebe tratamento próprio, pois considera-se tanto a singularidade do indivíduo quanto a da tarefa.

A singularidade das situações nas atividades de trabalho, principalmente as relacionadas com as atividades de inspeção, muitas vezes, não nos permitem numa primeira análise, levantar de forma imediata os aspectos necessários a formação da competência dos indivíduos. De forma a facilitar o entendimento, os autores recomendam a busca dos elementos presentes na metodologia, através dos seguintes questionamentos: Quais são os potenciais do sujeito? Como é a situação de referência? O que gerenciar? O que transportar?

Na visão de SAMURÇAY e ROGALSKI (1998) os potenciais do **sujeito** a serem gerenciados na situação de simulação devem contemplar os seguintes aspectos: as competências atuais e o estabelecimento das competências desejadas; o entendimento do sujeito sobre os elementos que agem no ambiente; o conhecimento dos elementos de controle e de comando que orientam o sistema; os dispositivos operacionais; as relações dos atores da atividade; a noção de classificação das tarefas; a consciência dos esquemas de ação necessários à formulação da tarefa; compreensão do grau de sensibilidade perceptivo e motor; e conscientização do estágio de competência.

Na **situação de referência** devem ser levantados os aspectos de: funcionamento e organização da atividade; conhecimento do ambiente físico da tarefa, objetos que atuam no sistema; a tarefa e o contexto do sistema de trabalho; conhecimento dos mediadores técnicos e humanos na elaboração da tarefa; e organização dos indivíduos dentro do dispositivo operacional.

A transposição didática na **situação simulada** ocorrerá por meio: da representação ou modelização dos objetos do ambiente e da ação a ser executada; do comprometimento do instrutor de sua aplicação dentro da situação didática; da simulação como mediador dos objetos da ação a ser executada; e da utilização dos dispositivos operacionais controlados.

A situação simulada é vista pelos autores como um recurso técnico de auxílio na formação e preparação de competência. *Nesta metodologia não se pretende simular uma "situação de referência" mas uma "metáfora", a idéia que ela representa. Pois, a idéia que ela representa é que passa ser o mediador*, SAMURÇAY e ROGALSKI (1998, p. 340).

GIBSON (1979), citado por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998, P.342), considera, também, a situação simulada como um mediador que possibilita a aprendizagem perceptiva. Na visão de GIBSON (1979), a situação simulada pode desenvolver algumas dimensões da competência no nível das sensibilidades perceptivas e motoras, tais como: intensidade das ações, variações observadas na evolução dos parâmetros, tempo de respostas das ações, duração dos eventos, gestão dos riscos e do stress em tempo real.

Do ponto de vista de SAMURÇAY e ROGALSKI (1998), as competências são construídas sob dois enfoques: o da **aprendizagem de curto termo** e a da construção de **conhecimentos profundos**. Os autores referem-se à aprendizagem de curto termo, para situações nas quais os sujeitos adquirem o conhecimento sobre propriedades e funcionamentos de controles e de comandos simples. Na construção dos conhecimentos profundos referem-se à aquisição de conhecimento que envolve o processo e as relações que determinam as competências de controle, tais como: diagnóstico, antecipação e ação.

## O desenvolvimento da transposição didática

Um dos primeiros aspectos a ser considerado na transposição da atividade é o nível de complexidade da tarefa a ser executada, ou encontrada na situação de referência. A noção de complexidade está associada, na metodologia da transposição didática, às características intrínsecas da situação dentro da realização da tarefa, tais como: quantidade e qualidade das variáveis, relações, operações, precisão, tempo, riscos, etc.. Na metodologia da transposição da atividade a **dificuldade da tarefa** é *entendida como o produto sujeito/tarefa*. Considera-se que uma tarefa de mesma complexidade pode apresentar diferentes níveis de dificuldade pelos sujeitos que apresentam níveis de competência diferentes.

Na abordagem dada ao desenvolvimento da estrutura da transposição, SAMURÇAY e ROGALSKI (1998) utilizam conceitos de sistemas complexos. Os principais conceitos aos quais os autores referem-se foram apresentados no capítulo 2 e possibilitaram um maior entendimento de sua aplicação no sistema de transposição. Alguns conceitos apresentados anteriormente tais como o da totalidade do sistema, o da construção de redes, da não-linearidade, da auto-regulação e da decomposição em partes, foram aplicados na estrutura da transposição.

A decomposição das partes na estrutura da transposição didática é justificada por se tratar de uma situação de formação e aprendizagem de uma atividade, não devendo, portanto, ser tratada dentro de sua complexidade global, uma vez que o grau de complexidade será muito grande para os iniciantes. Recomenda-se, então, a decomposição das partes do sistema em questão. O objetivo da decomposição é responder aos objetivos gerais da situação de referência, de forma a promover o aprendizado das partes, mas visando sempre à matriz da totalidade.

A decomposição também, pode ser tratada com a divisão em sistemas e sub-sistemas, em tarefas e sub-tarefas ou ainda em categorias de dados e de processos a serem manipulados. O objetivo geral da decomposição é obter

sequências de operações, por meio de módulos, de forma a “orientar a competência” a atingir objetivos maiores, mas mantendo-se dentro de cada módulo a complexidade da tarefa global.

FREDERICK e WHITE (1989), citado por SAMURÇAY e ROGALSKI (1998, p.343) propõe a decomposição em dois aspectos distintos, baseados na análise da competência dos indivíduos experientes. O primeiro aspecto refere-se as estratégias bem sucedidas dos sujeitos experientes. O segundo aspecto baseia-se na natureza das habilidades a serem adquiridas (perceptivas, motoras, conceituais, procedurais, estratégicas, etc.).

### **3.5.3 Treinamento das tarefas de inspeção visual**

#### **3.5.3.1 Metodologias para o treinamento de inspeção visual**

Caracterizamos no item 3.5.1 os aspectos relativos à formação da competência para o desenvolvimento de uma atividade tendo no item anterior apresentando a proposta metodológica da transposição didática de simulação como um instrumento facilitador da competência. Sendo o treinamento uma das etapas de aprendizagem e de aquisição de competências das tarefas de inspeção, consideramos necessário a abordagem de alguns aspectos metodológicos aplicados ao treinamento dessas atividades. Buscamos na literatura, as principais abordagens sobre o tema, referenciando alguns aspectos estruturais utilizados na formulação de treinamento para a tarefa de inspeção.

Um dos trabalhos de maior relevância nesta área é o de GRAMOPADHYE (1997, p.175). Em seu trabalho o autor procura adaptar algumas metodologias propostas anteriormente por vários pesquisadores, entre eles: GOLDENSTEIN (1974); GORDON (1994); EMBREY (1979); KLEINER E DRURY (1993).

GRAMOPADHYE (1997) apresenta uma proposta de decomposição das partes, subdividindo o programa de treinamento em sub-itens, até chegar a um resultado final esperado, o de melhor rendimento. Na visão do autor, um programa de treinamento deve conter um **treinamento do contexto**, um **treinamento do método** e um **treinamento dos equipamentos** a serem utilizados.

### 3.5.3.2 Etapas dos métodos de treinamento para inspeção

Os métodos utilizados por DRURY E GRAMOPADHYE (1990, p.263-276) e por GRAMOPADHYE et al (1997) serão descritos abaixo e constituem-se das seguintes etapas:

**a) Pré-treinamento:** O pré-treinamento fornece um treinamento sobre a informação referente aos objetivos e ao escopo do programa de treinamento. Durante o pré-treinamento, pré-testes podem ser usados para medir o nível de absorção das informações e as habilidades cognitivas e perceptivas dos operadores. Nessa etapa devem ser testadas, também, as instruções a serem fornecidas. O objetivo do pré-treinamento é a introdução dos métodos de treinamento do programa, facilitando assim a assimilação do novo material.

**b) Feedback:** Segundo GRAMOPADHYE (1997), no treinamento é preciso rapidez no conhecimento da resposta, sendo necessário um "feedback" com a resposta, de forma que o indivíduo possa conhecer rapidamente se o defeito foi classificado corretamente e se a pesquisa do padrão foi efetiva. Justificando que esse procedimento é necessário para um melhor aprendizado da tarefa, "**o "feedback" com conhecimento dos resultados**" é considerado , então, um método que fornece incremento no desempenho da tarefa. Nessa etapa, o operador coloca em prática a aprendizagem dos fatos, formula conceitos de procedimentos para a solução de problemas, formula as estratégias cognitivas e os procedimentos das habilidades motoras.

O autor distingue dois tipos de feedback, o "**feedback da performance**" e o "**feedback do processo**". O "feedback da performance", na inspeção

consiste na informação do tempo gasto na pesquisa visual, bem como nas informações provenientes dos erros da pesquisa e dos erros de decisão. O "feedback do processo" informa ao operador sobre o processo de pesquisa utilizado pelo operador.

**c) Treinamento ativo** : Para manter o operador envolvido na atividade, recomenda-se um treinamento ativo, no qual o operador produz uma resposta ativa após a identificação de cada nova peça, identificando o tipo de defeito. CZAJA e DRURY (1981) usam o treinamento ativo e demonstram a sua efetividade em inspeção de tarefas complexas.

**d) Treinamento progressivo de partes** : Muitos pesquisadores têm usado com sucesso a metodologia de treinamento progressivo de partes no treinamento de inspeção. CZAJA e DRURY (1981), BLACKMON e GRAMOPADHY (1996). No treinamento progressivo, a tarefa é dividida em partes e ensinada em etapas sucessivas até que se completem todas as partes. Se, por exemplo, a tarefa consiste na inspeção de quatro elementos E1, E2, E3 e E4, então a sequência poderia ser a seguinte:

- Treine em sequência E1, E2, E3 e E4 separadamente
- Treine E1 e E2 ; E3 e E4 em sequência;
- Treine E1 , E2 e E3 em sequência e E2, E3 e E4 em sequência;
- Treine inteiramente a tarefa usando todos os critérios.

Por meio desse método o operador novato compreende cada elemento separadamente como as ligações entre os vários elementos aumentando assim o nível de habilidades.

Entretanto, devem ser feitas considerações sobre a adequação da tarefa à decomposição. A tarefa pode se apresentar inadequada à decomposição nos casos que haja um esforço cognitivo elevado, imposto por elementos da tarefa ou pelos níveis de interação de seus elementos individuais, devendo-se nesses casos, optar-se pela unicidade do treinamento.

**e) Treinamento de esquemas** : O operador precisa ser capaz de generalizar o treinamento para novas experiências e situações. Por exemplo, talvez seja impossível treinar o inspetor para todos os tipos de ranhuras que possam existir na inspeção de lentes de contato, GRAMOPADHY (1997), mas deve-se fornecer condições para que ele desenvolva habilidades para reconhecer quando uma ranhura ocorra. Mas, para tal, é necessário que o inspetor possa desenvolver um esquema mental para ranhuras, permitindo assim que uma resposta correta possa produzir novos esquemas em novas situações. A chave para o desenvolvimento dos esquemas é expor o operador a uma variabilidade controlada no treinamento.

**f) Treinamento “*feedforward*” (alimentação avançada)** : É conveniente no início da atividade de treinamento prever espaços para a inserção dos questionamentos dos operadores novatos do que deva ser percebido nos primeiros contatos com a tarefa. Quando um operador novato tenta encontrar defeitos por exemplo na lente de contato, GRAMOPADHY (1997), as indicações podem não ser tão óbvias assim. O operador precisa conhecer “o que olha” e “para onde olha”. As informações do “*feedforward*” podem assumir diferentes formas ou com diferentes orientações, podem ser também demonstrativas ou apenas uma orientação verbal. O “*feedforward*” deve fornecer ao operador novato informações claras e precisas as quais ele seja capaz de converter para a melhoria da “performance”.

### **Procedimentos de treinamento**

O treinamento pode ser classificado em treinamento de sala de aula, treinamento no trabalho e treinamento informatizado, GRAMOPADHYE (1997). A tabela 7 analisa alguns destas aplicações, apresentando alguns resultados obtidos de acordo com os métodos empregados e os procedimentos adotados, conforme a sua adequação ao tipo de tarefa a ser executada.

Tabela 7 - Aplicações de programas de treinamento de inspeção, Gramopadhy (1997).

Pesquisador	TREINAMENTO			Resultados
	Método	Procedimento	Tarefa	
Evans (1951)	Conhecimento dos resultados	Treinamento em sala de aula	Inspeção de micrômetro	Redução de 50% de erro
Chaney e Teel (1967)	Conhecimento dos resultados	Leitura e demonstração	Inspeção de partes de equipamentos	32% de aumento na detecção de defeitos
Parker e Perry (1972)	Conhecimento dos resultados	Demonstração usando fotografia	Inspeção de garrafas de vidro	50% de aumento na detecção de defeitos e 50% de aumento na rejeição de defeitos
Steven e Gale (1970)	Conhecimento dos resultados	Treinamento no trabalho com amostras conhecidas na produção	Inspeção de maçãs	Número de erros decresce com o aumento do tempo
Kundel, Nodine e Krupinski (1990)	Feedback	Treinamento informatizado	Leitura de radiografia torácica	16% aumento na detecção
Kleiner e Drury (1993)	Partes progressivas, conhecimento dos resultados	Treinamento em sala de aula	Inspeção de pequenos cilindros de aço	Reparo e taxa de rejeitos reduzida em 50%
Blackmon e Gramopadhy (1996)	Partes progressivas, conhecimento dos resultados	Treinamento informatizado	Inspeção de aeronave	Aumento na detecção de defeitos e redução do tempo de inspeção

GRAMOPADHYE (1997) apresenta apenas a estrutura esquemática da metodologia adotada para a construção do treinamento da tarefa de inspeção de lentes de contato, sem maiores detalhes de procedimentos de cada etapa. O esquema estrutural da metodologia proposta pelo autor é apresentada na figura 42.

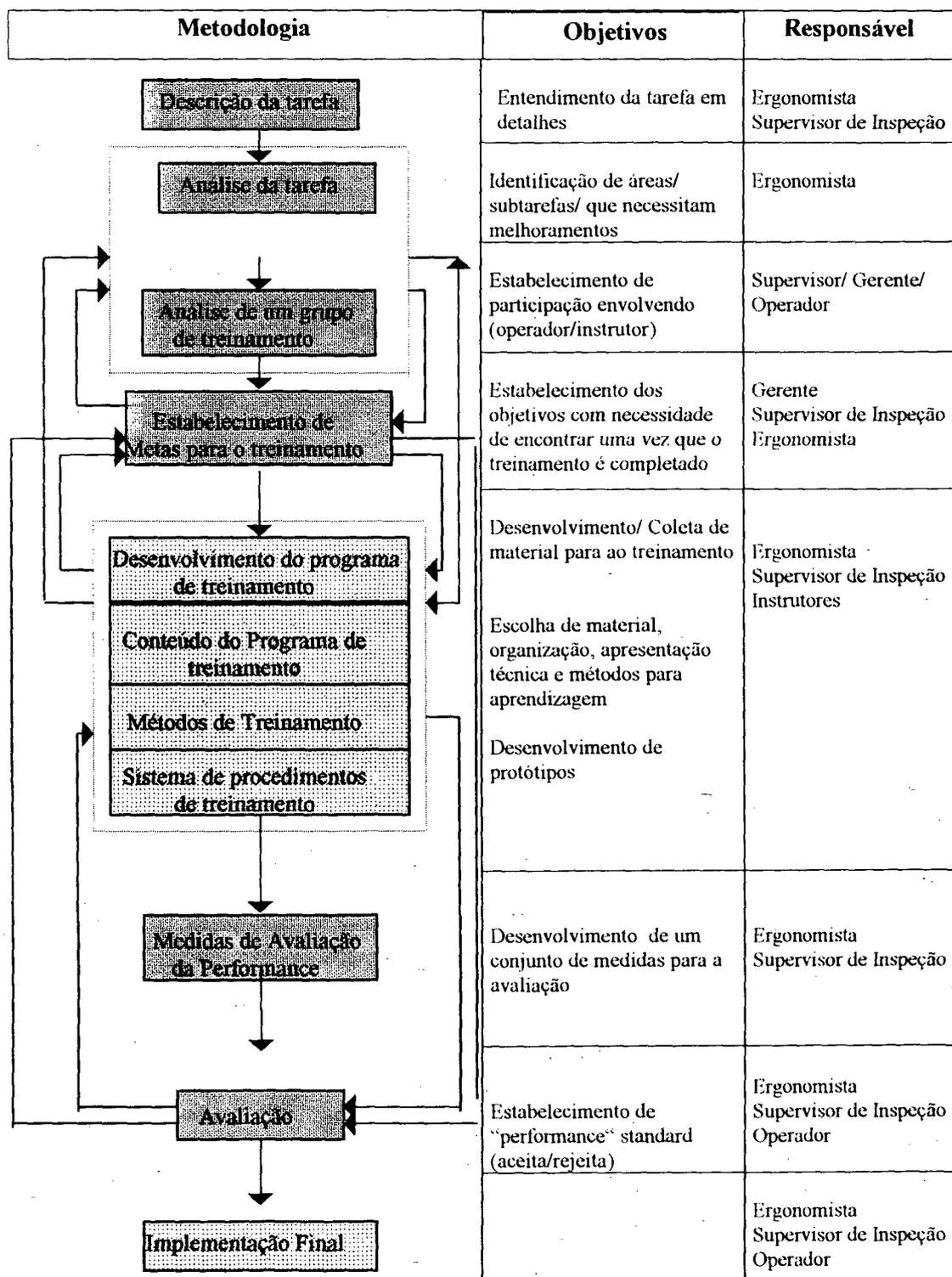


Figura 42. Metodologia de treinamento para as atividades de inspeção, GRAMOPADHYE (1997).

### 3.6 Conclusões

Procuramos destacar nesta nossa revisão teórica, as noções gerais dos modelos existentes que julgamos necessários e pertinentes ao desenvolvimento e evolução de nosso estudo. A abordagem sistêmica apresentada no capítulo 2 juntamente com as metodologias de análise do trabalho e de aquisição de competência descritadas no capítulo 3, se complementam de modo a formar a base necessária para a proposta de análise ergonômica das tarefas visuais, que se encontram no capítulo 4.

Todas as abordagens apresentadas nos capítulos iniciais, contribuíram para um aprofundamento da análise proposta. Um dos pontos que gostaríamos de destacar no desenvolvimento desta fase, é a convergência de diferentes aspectos sob o mesmo ponto de vista filosófico: o da ciência da complexidade. A propagação desta ciência se encontra em alguns casos de forma discreta com a utilização de alguns argumentos, como no caso da Teoria da Atividade francôfônica e na transposição didática de SAMURÇAY E ROGALSKI (1998) ou de forma mais explícita como na Criação do Conhecimento em NONAKA E TAKEUCHI (1997).

O entrelaçamento destes conceitos filosóficos norteiam, de certa forma, a nova visão da análise das atividades de trabalho. A era taylorista apresentou uma grande contribuição para o controle dos métodos de trabalho para os itens passíveis de mensuração. Estamos em um novo momento em que se torna necessário conhecer os aspectos interiores humanos nas suas atividades de trabalho. As tecnologias existentes permitem ao homem reproduzir muitas operações, antes manuais, por sistemas automatizados. Mas, parece que a insatisfação é sempre crescente, no sentido de não se conseguir reproduzir o que o ser humano tem de melhor: a sua percepção e reação perante os objetos, e mais ainda, quanto ao aspecto da variedade de percepção e das possibilidades de criação de novas percepções.

Esta nossa visão passa a ser um desafio dentro da análise ergonômica do trabalho, uma vez conscientes de que o ser humano não apresenta limites

definidos de percepção, procuramos fundamentar nosso estudo de análise de forma a atender estas necessidades.

Sob o ponto de vista de saúde nas atividades de inspeção, nos deparamos com uma situação de trabalho, no qual os mecanismos fisiológicos de visão estão expostos por tempo prolongado, e distante das condições de equilíbrio natural para o qual estes órgãos foram desenvolvidos. Com base no estudo do laço de regulação das atividades, podemos afirmar que a regulação da atividade de inspeção trabalha nos limites máximos, principalmente, pela quantidade de variáveis, analisadas no capítulo 2, que interferem diretamente no sistema.

Na definição do modelo de análise para as atividades de inspeção, levamos em consideração a interação sistêmica, sobretudo a associação dos conceitos de aquisição dos conhecimentos e de formação das competências. Para se avaliar a "performance" visual em uma atividade de inspeção, primeiramente precisamos compreender como o operador adquiriu o conhecimento perceptivo da tarefa. Quando um operador possui experiência na atividade é por que ele adquiriu um conhecimento tácito, formulado a partir dos conhecimentos explícitos (prescritos na tarefa) e tácitos (no desenvolvimento de sua atividade).

Nas hipóteses formuladas neste nosso estudo tivemos, também, uma preocupação em promover o aumento da "performance" visual para indivíduos inexperientes. Isso nos conduziu ao estudo da aquisição de competências e dos instrumentos facilitadores deste conhecimento. A simulação é então, sugerida como um instrumento auxiliar de promoção das habilidades de inspeção. O treinamento da atividade é visto como um processo que envolve instrumentos, operadores e instrutores, organizados de forma a promover nos recursos didáticos a externalização do conhecimento tácito em conhecimento tácito (aquisição de competência) e explícito (conscientização e explicitação da competência). Assim formulamos nossa proposta de estudo das atividades de inspeção, que se encontra descrita no capítulo 4.

## **CAPÍTULO 4**

# **PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A ANÁLISE DE ATIVIDADES VISUAIS**

### **4.1 Introdução**

Abordamos nos capítulos anteriores as bases de conhecimento que envolvem a análise das tarefas visuais, descrevendo as principais estruturas, os mecanismos e os principais aspectos envolvidos nas atividades visuais. Este conjunto de conhecimentos científicos sedimentou e norteou o desenvolvimento desta proposta metodológica.

Verificamos no desenvolver deste estudo que os aspectos mais críticos para se chegar a obter um melhor rendimento visual, concentra-se sobretudo na abordagem dada na análise. As pesquisas científicas que norteiam esta atividade contém formações distintas. E cada pólo de pesquisa procura enxergar sob sua ótica, assim, temos métodos sob a ótica da Psicologia, da Engenharia, da Inteligência Artificial, da HCI, etc. Assim como há divergências e convergências filosóficas da Análise da Tarefa e da Teoria da Atividade, conforme as influências sofridas nos diversos países (França, Inglaterra, Estados Unidos, etc.). Tornar-se-ia inviável ao analista escolher um método adequado de trabalho se tivesse que, primeiramente, dominar profundamente

todas as diversas abordagens teóricas, para aplicar convenientemente na situação de estudo.

A fim de minimizar esses aspectos o nosso estudo apresenta os seguintes enfoques: uma visão sistêmica da análise da atividade e um diagnóstico interativo a fim de serem utilizadas na aquisição do conhecimento das tarefas visuais. Na formulação das recomendações ergonômicas contemplamos as bases teóricas de análise das atividades de trabalho com uma efetiva implementação na prática contribuindo assim, para a integração entre a comunidade acadêmica e o setor industrial.

Propomos duas óticas para nosso estudo. A primeira, a *do analista*, que tem por objetivo fornecer ao analista uma visão da estrutura organizacional, da situação real de trabalho e do contexto geral em que está inserida a atividade. A segunda, a *da intervenção*, tem por objetivo instrumentalizar o analista para as ações, fornecendo as diretrizes básicas para o atendimento dos objetivos.

## **4.2 A ótica do analista**

### **4.2.1 Introdução**

Um dos pontos observados no estudo das metodologias de análise das atividades de trabalho, apresentadas no capítulo 3, é de que todas pressupõem que o analista já possua um conhecimento antecipado e profundo de todo o contexto de análise. Entretanto, verificamos na abordagem do capítulo 2, os elementos integrantes do sistema da atividade inspeção visual, mostrando um grau elevado de complexidade envolvido na tarefa. Diante deste contexto, a questão é: Como o analista deve enxergar a situação, sob que ponto de vista deve formular sua proposta de análise?

A conceitualização de uma visão sobre o tipo de conhecimento que deve ser desenvolvido e a sua operacionalização é considerado por TAKEUCHI e NONAKA (1997, p.83) como elemento crítico, mas necessário ao atendimento das metas e criador das condições capacitadoras do sistema.

## 4.2.2 Definição dos objetivos

Se vários analistas utilizam diferentes óticas para analisar uma situação, é óbvio que teremos distintos resultados, mesmo que utilizem os mesmos métodos. Mas, quando vários analistas partem de uma mesma ótica, pelo entendimento da situação, mesmo que usem instrumentos diferentes, buscam o mesmo objetivo. Pressupõe-se que a definição dos conceitos dentro de uma mesma ótica, faça com que os objetivos converjam para uma mesma direção, conforme representado na figura 43.

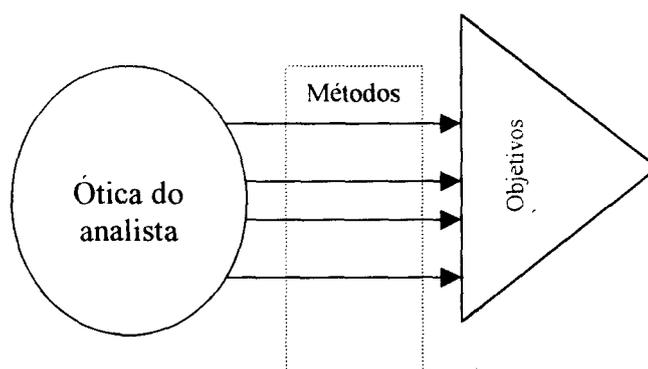


Figura 43. Unicidade da definição de conceitos de análise resultando na convergência do atendimento ao objetivo.

## 4.2.3 Formulação da base de conhecimento

### A ótica sistêmica do analista

A proposta de definição de conceitos na visão do analista, parte da idéia geral de que a situação de análise deve ser vista como um sistema complexo. Propomos a formulação de uma base de conhecimento do sistema sob a ótica do analista. Algumas metodologias de análise das atividades reconhecem o nível de complexidade da situação, mas o negligenciam na coleta e no tratamento dos dados. Afirmar a complexidade de uma situação de análise expõe o analista, na maioria das vezes, ao desconhecido e a uma incerteza dos resultados a serem obtidos. Essa visão não agrada muito às correntes de

pensamento cartesiano, acostumadas a mapear a situação de análise e apontar de imediato as possíveis soluções.

Procuramos neste estudo trazer uma contribuição às metodologias de análise das atividades visuais, com uma abordagem mais abrangente, o que significa neste caso, o rompimento de alguns paradigmas científicos. A primeira quebra de paradigma refere-se a aceitação da complexidade da situação. Mas, não nos referimos aqui a uma aceitação complacente, mas uma aceitação investigadora e instigadora de motivações para o conhecimento de uma nova situação. Outro ponto é de que as soluções para os problemas de um sistema complexo, na maioria das vezes, não são evidentes, surgindo somente com o envolvimento do analista na situação. O entendimento do conceito "complexo" é sem dúvida o elemento determinante na formulação da ótica do analista.

Para a formulação da base de conhecimento do analista propomos o seu estudo a partir de dois aspectos: o de autonomia e de unicidade do sistema. Os conceitos de BERTALANFFY (1973), discutidos no capítulo 2, fundamentam a base teórica desta ótica. Compreender o conceito de autonomia no sistema em estudo significa buscar as bases de seu funcionamento. A autonomia do sistema sugere uma "determinada" independência nos seus mecanismos reguladores e de alimentação. Assim como o termo autonomia sugere, também, uma relação de responsabilidade com os demais sistemas ou subsistemas.

Representamos a estrutura do sistema de inspeção como uma estrutura amorfa, conforme ilustra a figura 44. A estrutura amorfa é baseada nos conceitos de sistema aberto de BERTALANFFY (1973), onde predominam variáveis em constante alteração pelas interações e interferências do meio. Assim, a estrutura de estudo do sistema de inspeção visual é uma estrutura que não apresenta uma única forma, encontrando-se em constante mutação. A mutação é decorrente principalmente dos aspectos da percepção do operador. Com a representação da estrutura amorfa, procura-se enfatizar o fato de que cada situação a ser estudada, considerando-se a variabilidade dos indivíduos, da organização, do meio, da tarefa, gera um sistema singular.

## Visão Sistêmica



Figura 44. Proposta de estrutura amorfa para o estudo do sistema de inspeção e os elementos de análise.

Aplicando a estrutura de estudo de sistemas complexos proposta MATURANA E VARELA (1997), descrita no capítulo 2, ao nosso estudo, distinguimos os três elementos básicos de formação; o padrão de organização, a estrutura e o processamento que interagem com os elementos formadores (componentes) do sistema : “o homem, a tarefa e o meio”. O padrão de organização cria as condições de unicidade do sistema, integrando o homem à tarefa dentro das disponibilidades do meio. As integrações desse padrão foram representadas no capítulo 2 e esquematizadas pelo gráfico da figura 45.

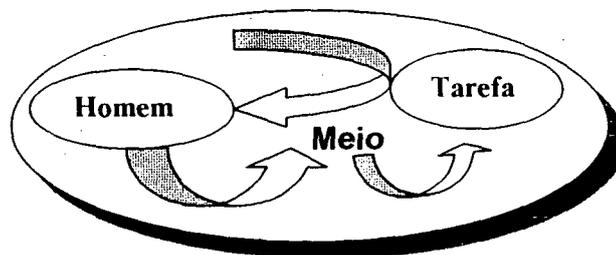


Figura 45 . Representação esquemática da proposta de estudo das componentes básicas nas atividades de trabalho e seu inter-relacionamento sistêmico.

Considera-se como estrutura do sistema em estudo os elementos físicos que incorporam os padrões determinados de organização do sistema. A autonomia do sistema fornece aos seus elementos estruturais a flexibilidade que mantém o sistema de inspeção visual dentro das condições de equilíbrio.

O processamento do sistema deve ser compreendido pelo relacionamento das componentes descritas na figura 45 : o homem, a tarefa e o meio.

A variabilidade do processamento do sistema de inspeção visual pode ser compreendido, segundo MORIN (1996), dentro dos seus aspectos de variabilidade provenientes da percepção do observador. Esses aspectos da variabilidade da percepção foram apresentados no capítulo 2. Considerando a ótica do analista, a variabilidade da percepção devendo ser compreendida pela multiplicidade, incerteza e imprevisibilidade dos defeitos, do ponto de vista da tarefa prescrita. Podemos dizer que esses são os elementos responsáveis pelos "desequilíbrios" do processamento das atividades de inspeção visual ocorridos pelas regulações entre os aspectos perceptivos e o tipo de tarefa de inspeção.

Esses aspectos estão sendo colocados a fim de elucidar a questão da unicidade do estudo em questão. Esta abordagem não é prevista em nenhuma outra metodologia, uma vez que as demais procuram quase sempre modelizar o comportamento da estrutura, de forma a reproduzi-las para qualquer situação.

## **4.3 A intervenção**

### **4.3.1 Introdução**

O objetivo da "ótica de intervenção" é fornecer subsídios ao analista a fim de que se possa promover melhorias no desempenho das tarefas de inspeção.

Propomos a concentração de esforços na análise da atividade de inspeção nos seus elementos auto-reguladores. Assim, a auto-regulação é o elemento mais importante para o entendimento e análise da "performance"

visual, considerado por BERTALANFFY (1973) como a propriedade-chave dos sistemas abertos.

Na própria definição de sistema aberto, pressupõe-se que ele se mantém em equilíbrio dinâmico. Segundo BERTALANFFY (1973), a segunda lei da termodinâmica não é aplicada em sistemas abertos, uma vez que a entropia (desordem) do sistema pode decrescer. Fundamentado por esses argumentos, o sistema de atividade de inspeção deve ser visto, dentro da ótica de intervenção, como um sistema aberto, o qual pode promover as regulações necessárias de redução dos fatores entrópicos.

#### **4.3.2 Regulação do sistema**

A Teoria da Atividade Francofônica, apresentada no capítulo 3, é o método que mais se aproxima do conceito de auto-regulação sistêmico, explicitando os laços de regulação como ajustes espontâneos de comportamento. E considerando as ações de intervenção do analista como elementos reguladores de equilíbrio no sistema.

Portanto é de extrema importância na ótica de intervenção a compreensão do funcionamento dos laços de regulação do sistema. No modelo básico da Teoria da Atividade, apresentado no capítulo 3, há a presença de dois laços regulatórios, o primeiro a ser considerado é o laço individual de regulação, que fornece o ajuste espontâneo. O segundo laço, o da intervenção ergonômica, atua como regulador dos efeitos negativos nas pessoas e na situação, afim de controlar o equilíbrio do sistema.

O nosso objetivo difere das demais abordagens de pesquisa visual encontradas na literatura que visam apenas, a mensuração do rendimento visual. O nosso objetivo é buscar o conhecimento sobre a aquisição de competência dos operadores nas atividades de inspeção. Propomos uma nova abordagem para os laços regulatórios. Procuramos conhecer no primeiro laço regulatório, o espontâneo, os aspectos relacionados às regras tácitas criadas

para o desenvolvimento das atividades. Com o auxílio de mecanismos facilitadores apropriados para a exteriorização destas regras, o laço regulatório dos inspetores experientes fornecerá as bases referenciais para a construção do conhecimento explícito para a competência da tarefa de inspeção.

As componentes a serem aplicadas nos laços de regulação da aquisição de competências (laço 2, laço regulador de equilíbrio do sistema) será alimentado pelas componentes dos laços espontâneos individuais (laço 1).

Na figura 46, apresentamos uma estrutura esquemática da proposta de intervenção ergonômica para a regulação da competência nas tarefas de inspeção. O sistema de inspeção se encontra representado pelo círculo maior, constituído por vários indivíduos com competências distintas, produzindo os laços regulatórios espontâneos. O círculo pontilhado em negrito representa a construção do laço de regulação de competência. Como demonstrado na figura, o sistema de alimentação das fases da intervenção, ao mesmo tempo que cede, recebe conhecimento, este fato justifica-se pela interação e socialização do conhecimento no processo dinâmico entre os componentes do sistema (operadores, tarefa, instrumentos, analista, etc.).

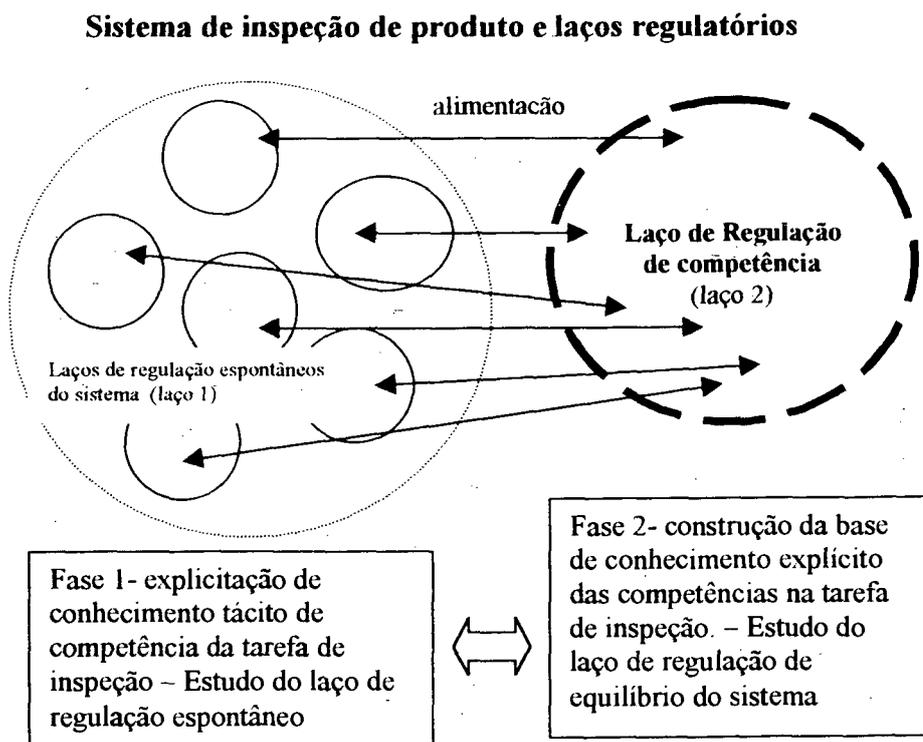


Figura 46 . Proposta de intervenção ergonômica para explicitação do conhecimento tácito nas tarefas de inspeção.

O ponto de partida para o conhecimento dos laços regulatórios em nossa proposta, é a construção da Análise da Tarefa a partir de sua reprodução. Consideramos que o processo de reprodução da Tarefa fornecerá maiores subsídios do que a sua simples análise. Utilizaremos o termo reconstrução da tarefa, por consideramos mais conveniente, uma vez que o meio físico de elaboração utilizado difere do meio físico original e a idéia de reprodução associa-se ao conceito de fidelidade do meio original.

#### 4.3.3 Etapas de desenvolvimento para os estudos de aquisição de competências nas tarefas de inspeção

A presente metodologia aplicada ao estudo das atividades de inspeção visual foi desenvolvida em um trabalho conjunto entre o Departamento de Engenharia de Produção da UFSC e o Institut für Psychologie RWTH-Aachen, Alemanha.

Da ótica da intervenção, da qual são tomadas as ações para a aquisição das competências, pode-se esquematizar as ações pelos objetivos a serem atendidos, como podemos observar na figura 47.

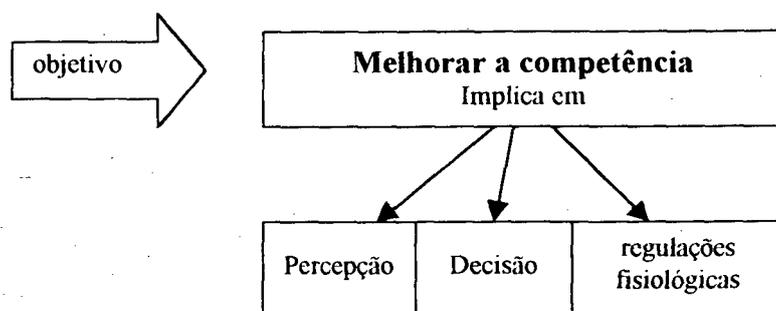


Figura 47. Representação esquemática dos aspectos iniciais de estudo de regulação da competência nas tarefas de inspeção.

Partindo-se do objetivo geral que é promover a otimização das competências dos operadores no desenvolvimento de suas tarefas de controle de defeitos, apontam-se inicialmente a regulação de três aspectos gerais para se atingir os objetivos pretendidos: o da percepção de falhas e defeitos, dos critérios de decisão e das regulações fisiológicas do operador no desenvolvimento da tarefa, conforme ilustra a figura 47.

Buscou-se uma postura de integração contemplando tanto a análise da situação existente quanto a aquisição de competência para a detecção de defeitos na tarefa de inspeção. Sugerimos a integração por meio da reprodução informatizada da tarefa. O uso desse recurso nos permitem elaborar mecanismos que funcionem tanto como instrumentos de aprendizagem quanto de treinamento.

Os fundamentos da proposta de simulação baseiam-se nos trabalhos de pesquisa de inspeção visual de produtos industriais desenvolvidos no Institut für Psychologie da RWTH-Aachen e nos trabalhos de pesquisa encontrados na literatura, principalmente de KUNDEL & NODINE (1978), GRAMOPADHYE (1998) e SAMURÇAY e ROGALSKI (1998).

#### **4.4 Estrutura geral de análise**

A análise da tarefa para um sistema informatizado implicou a construção de uma estrutura de análise e de diagnóstico próprios.

Nossa proposta compreende três distintas fases: Fase 1, A) Análise da tarefa na situação real e B) reprodução da tarefa; Fase 2, Simulação, experimentação laboratorial; Fase 3, treinamento e avaliação. As etapas propostas para o desenvolvimento deste estudo estão representadas de forma esquemática pela figura 48.

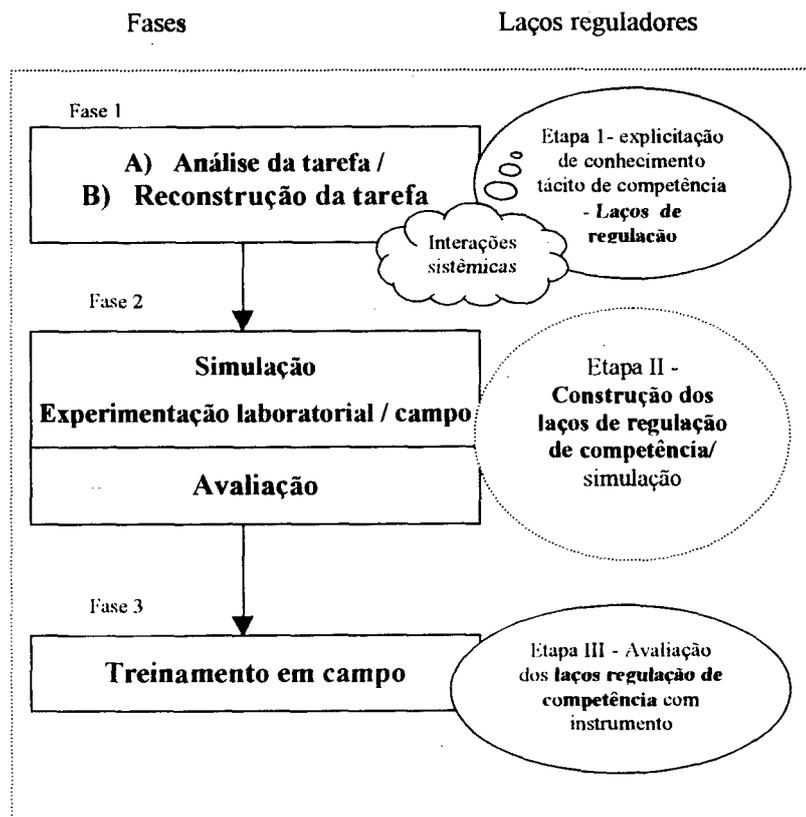


Figura 48 . Estrutura metodológica geral proposta para o estudo das competências nas atividades de inspeção.

## FASE 1

### A) Análise da tarefa - Situação real

Deve conter o mapeamento das componentes variáveis da pirâmide do sistema, conforme representado no seguinte esquema da figura 49 .



Figura 49. Componentes variáveis do sistema.

- **levantamento das variáveis do sistema**

Com a localização das tarefas visuais dentro do sistema industrial.

Uma vez que a delimitação do sistema envolve o conhecimento do contexto no qual a tarefa é parte integrante, propomos a análise das seguintes variáveis:

- a) descrição do ambiente externo, fatores de interação com o meio, ações diretivas das políticas externas, fatores regionais de localização;
- b) condicionantes externas, políticas ambientais, localização de mercados, fatores culturais, políticos, sociais e econômicos.

- **levantamento da situação de trabalho**

Condições ambientais e organizacionais do sistema, incluindo:

- a) condicionantes internas do ambiente industrial, política industrial, tipo de ambiente industrial, tipo de indústria, legislação, forças sindicais;
- b) condicionantes de produção, sistema de produção, tecnologia de produção, ritmo de produção, organização do trabalho e ritmos de trabalho;
- c) condicionantes do produto, projeto, forma, material, peso;
- d) condicionantes do posto de trabalho, condições ergonômicas do local de trabalho, posturas corporais, adequações de iluminação, ventilação, cheiros, resíduos em suspensão, etc.

- **descrição da tarefa prescrita e da tarefa executada**, e elaboração do roteiro informacional da atividade gerando um modelo do processamento da tarefa visual.

- a) condicionantes da análise da tarefa, exigências da tarefa, características físicas do produto.

- **levantamento dos dados dos atores envolvidos** (aspectos perceptuais e físicos).
- a) condicionantes dos operadores, condições físicas e psicológicas necessárias.
- **protótipo mental da execução da tarefa**, com a elaboração do Modelo Mental de cada indivíduo e protocolo verbal da atividade desenvolvida.

## B) Reconstrução da tarefa

### Etapa I – Estudo dos laços reguladores espontâneos

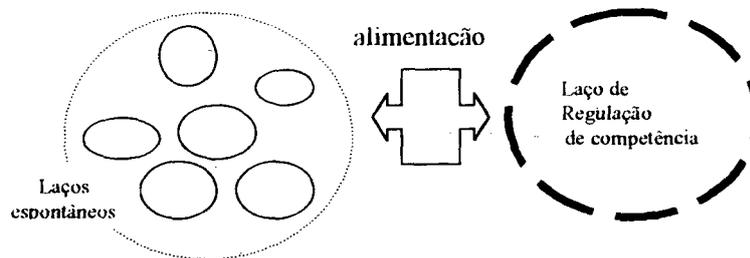


Figura 50. Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção

O objetivo desta etapa é a explicitação do conhecimento tácito envolvido na formação da competência para as tarefas de inspeção. Propomos a análise e avaliação dos laços reguladores a partir do entendimento dos aspectos da organização, estrutura e processamento, que estão contidos na definição dos elementos do sistema e que podem ser explicitados pelo conhecimento dos seguintes itens:

- a) pelo conhecimento dos elementos autônomos dos mecanismos reguladores de alimentação;
- b) pelas variáveis em constante mutação, que afetam a estrutura e a forma do sistema;
- c) pelos elementos de desequilíbrio da tarefa.

- **reconstrução da tarefa (RT)**

A reconstrução da tarefa em sistema simulado, tomará como referência a análise da tarefa visual, dividindo-a em sub-tarefas

## **FASE 2 – Simulação**

- **elaboração da tarefa simulada (TS)** - Envolve procedimentos de escolha dos instrumentos técnicos necessários à produção do programa de simulação, escolha de software, hardware, local, participantes e outros equipamentos necessários ao seu desenvolvimento.

- **análise da tarefa simulada (TS)** – Analisando os dados da tarefa prescrita e da tarefa efetiva e os mecanismos de regulação.

- **diagnóstico da tarefa simulada (TS)**

Descrição dos laços reguladores e associação dos fatores de exigência da tarefa aos fatores pessoais dos indivíduos:

Quanto às exigências da tarefa, podemos citar :

- o tamanho do alvo;
- a distinção das interferências;
- número de alvos a serem estabelecidos.

Quanto às exigências pessoais, deverão ser tomados os seguintes parâmetros:

- acuidade visual;
- experiência;
- tipo de estratégia do movimento dos olhos;
- declaração do tipo de estratégia utilizada para a localização das falhas.

Quanto às estratégias visuais dos indivíduos, deve-se considerar no diagnóstico como elas foram criadas e se pertencem ao nível consciente ou inconsciente do indivíduo, isto é, se ele tem noção de que utiliza uma determinada estratégia. Deve-se verificar também se os indivíduos conseguem identificar diferentes estratégias pelo grau de rendimento no reconhecimento de falhas, classificando-as, como estratégias boas e ruins, ou de maiores e menores rendimentos visuais.

- **avaliação dos laços regulatórios espontâneos.**

Avaliação das estratégias oculomotoras dos indivíduos

### **FASE 3 - Treinamento**

Envolve as atividades de experimentação laboratorial, experimentação em campo, pré-treinamento, treinamento e avaliação, com os seguintes objetivos:

- a) **Aplicação de técnicas para a regulação de aquisição das competências.**

Aplicação de técnicas de treinamento oculomotor.

- b) **Avaliação do laço de regulação do sistema**

- avaliação dos resultados obtidos
- validação de hipóteses

Foram desenvolvidas, a partir dos estudos iniciais, o detalhamento e descrição completa do modelo metodológico de análise e obtenção da performance visual em tarefas de inspeção, na sua experimentação, validação e conclusão final deste trabalho.

Após a fase de detalhamento e descrição dos modos operativos da metodologia, objetivou-se a sua aplicação em uma situação de trabalho, no ambiente industrial, obedecendo a todas as etapas propostas.

Enfatizamos o detalhamento da etapa de simulação da tarefa, de modo a contemplar também o treinamento da atividade de inspeção. Procurando, nesta aplicação, aprofundar mais os conhecimentos nas questões das estratégias oculomotoras.

## **4.5 Instrumentos de ação-reguladora da competência**

### **A simulação da tarefa de inspeção**

Os estudos iniciais do sistema de simulação foram divididos em duas fases : a primeira, com a identificação das exigências da tarefa e a segunda com a definição do perfil do comportamento da percepção do indivíduo durante a realização da sua atividade. Nos estudos na RWTH-Aachen, apontamos elementos determinantes para a construção da estrutura de análise e de diagnóstico das tarefas visuais, abaixo relacionados:

- **tempo de inspeção** - Buscando-se uma grande aproximação com o tempo real da tarefa. Os indivíduos normalmente possuem um tempo limitado para a localização dos defeitos nos processos produtivos.
- **fatores de visibilidade** - A identificação dos fatores de visibilidade das irregularidades que normalmente são determinadas pelo tamanho, cor, brilho, luminosidade, contraste e variações de contorno.
- **sobre o processo decisório** - Decisão sobre a informação que foi percebida, se está ou não dentro dos critérios pré-definidos. Questionamento sobre as irregularidades formais encontradas pelos indivíduos, se altera ou não a estrutura anatômica, física, ou estética do produto; sobre o momento da decisão, se o produto será rejeitado, ou não, pelo indivíduo.

- **sobre o rendimento de seleção** - Comparação de resultados pelo grau de evolução do aprendizado na execução das tarefas. Comparações entre indivíduos experientes e novatos.
- **áreas inspecionadas** - Estas áreas nos fornecem determinadas tendências quanto aos locais de maior privilégio durante a inspeção, preferências pessoais, áreas não inspecionadas, uniformidade ou não no comportamento de inspeção. Proporcionando-se uma varredura nas áreas observadas do produto, pode-se concluir em função do tipo de exigência solicitada na tarefa, as alterações e variabilidades de comportamentos.
- **complexidade da tarefa** - A análise do tipo de tarefa exigida e o comportamento do escaneamento visual, por exemplo: a localização de irregularidades de forma específica ou genérica de um determinado produto, e as alterações de comportamento do escaneamento visual. Essas comparações norteiam as regulações dos operadores quanto ao tipo de tarefa. Alguns estudos, como os de KUNDEL, NODINE & KRUPINSKI (1990), indicam uma tendência de maior complexidade do comportamento do movimento dos olhos para as tarefas mais genéricas.
- **subjetividade formal** - A análise dos fatores subjetivos formais podem afetar o rendimento visual na análise da tarefa. Por isso o interesse do indivíduo pela tarefa pode ser um fator de motivação para o aumento do rendimento de inspeção. Em contra-partida, a homogeneidade da superfície em determinadas tarefas, pode torná-las menos interessantes, desenvolvendo um maior grau de dificuldade da tarefa.
- **âmbito das causas de erros na inspeção** - Avaliação dentro do sistema de informação sobre a localização das principais causas dos erros na inspeção, fornecidos pelos laços de regulação espontâneo. KUNDEL, NODINE & KRUPINSKI (1990) justificam, dentro da estrutura da informação, os erros cometidos pelos operadores durante a realização das tarefas, dividindo-os em dois aspectos principais: a não identificação de determinadas irregularidades e os falsos diagnósticos. O primeiro refere-se

aos erros de descobrimentos, quando uma falha ou irregularidade não é enxergada. O segundo refere-se aos erros de decisão, quando uma falha ou irregularidade pode até ser vista, mas não é identificada dentro do modelo padrão determinado.

#### **4.6. Conclusões**

Consideramos que a estrutura metodológica apresentada neste capítulo atende aos requisitos gerais de uma atividade complexa. Procurou-se desenvolver uma metodologia de análise ergonômica do trabalho que apresentasse claramente uma estrutura física para o estudo da atividade de inspeção, mas contemplando os aspectos de sua complexidade, que na maioria das vezes não é transparente.

Concluimos pelo desenvolvimento desta metodologia, que não basta apenas ao analista verificar resultados de inspeção, ou seja, obter resultados de rendimento e "performance" visual, mas sobretudo buscar soluções para que os operadores tenham melhores rendimentos. Este conceito norteou as nossas buscas por métodos que possibilitassem um efetivo treinamento das tarefas visuais, com um ganho de aprendizagem perceptiva.

A metodologia apresentada concentrou-se sobretudo nos aspectos da aquisição do conhecimento perceptivo, mostrando um novo caminho para as avaliações ergonômicas. Apresentamos no capítulo 5 a aplicação da metodologia de análise num sistema industrial e os principais resultados obtidos, de forma a mostrar a validação desta proposta.

## **CAPÍTULO 5**

# **A APLICAÇÃO DO MODELO EM UM SISTEMA INDUSTRIAL**

### **5.1 Introdução**

O presente estudo das atividades de inspeção visual foi desenvolvido em um trabalho de parceria entre o Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina e o Institut für Psychologie da Rheinisch Westphalische Technische Hochschule-Aachen, na Alemanha.

O estudo de caso foi possibilitado pelo convênio estabelecido entre o Institut für Psychologie e a unidade da Philips em Aachen, do qual já haviam resultado vários estudos. No estudo da demanda, no setor de controle de qualidade da Philips em Aachen, foram identificados alguns aspectos envolvendo o rendimento das atividades de inspeção, surgindo a necessidade de um estudo mais aprofundado que envolvesse considerações a respeito dos resultados obtidos na atividade de inspeção e os aspectos da detecção das falhas no produto, dando oportunidade ao presente estudo das competências visuais.

No desenvolvimento deste estudo, foram necessárias várias etapas: a primeira acompanhada do desenvolvimentos de créditos junto ao Pós-graduação de Engenharia de Produção da UFSC, norteou as bases de estudos da Ergonomia Cognitiva, permitindo a elaboração das linhas mestras desta

pesquisa. A segunda etapa realizou-se no Institut für Psychologie da RWTH-Aachen, onde foram desenvolvidas as seguintes atividades: revisão literária, análise da situação existente, coleta de dados, análise de dados, reconstrução da tarefa e validação das hipóteses. A redação do documento, a formatação metodológica final, bem como atualização literária foram desenvolvidas numa terceira etapa, de retorno ao Brasil, junto ao programa de Pós-graduação de Engenharia de Produção da UFSC.

Para a análise final deste estudo, utilizamos a metodologia proposta no capítulo 4, de forma a compor a sua aplicação num sistema industrial, pelo conhecimento dos laços de regulação do processamento visual da tarefa de inspeção de telas de vídeo.

O Institut für Psychologie, com laboratórios apropriados, possibilitou um importante estudo do processamento visual por meio do registro do movimento dos olhos, utilizando-se câmeras de raios infra-vermelhos, com as quais pode-se obter dados mais precisos, importantes para o entendimento dos laços de regulação no desenvolvimento da tarefa.

O estudo dos laços reguladores nos permitiram avaliar as dificuldades encontradas na tarefa, o conhecimento das estratégias visuais utilizadas pelos indivíduos (experientes e novatos) durante a inspeção, bem como as causas principais, responsáveis pelo não reconhecimento de falhas no produto.

## **5.2 O contexto de análise**

### **5.2.1 Introdução**

O primeiro passo para o entendimento do sistema em questão foi a compreensão da complexidade do sistema. O contexto de análise é uma empresa de grande porte, situada na cidade de Aachen, na Alemanha. Um dos produtos de sua fabricação, que se tornou objeto deste estudo, são as telas de

vidro para televisores, computadores e monitores de aparelhos de diagnóstico médico.

### **5.2.2 Aspectos gerais de fabricação**

A fabricação das telas de vidro se inicia a partir da fusão de suas matérias primas. O vidro em estado líquido é vazado em moldes e, sob pressão, assume a forma final desejada. Antes da prensagem final são realizadas no material aparas necessárias ao acabamento. Ainda aquecido, o material já moldado recebe em cada canto a inserção de cavilhas que servirão para a sua posterior fixação nos tubos de imagem. Uma prensa chega a produzir até 288 unidades por hora.

Na saída da prensa, encontram-se três postos de avaliação. Cada produto, após o processo de moldagem, passa por uma primeira avaliação visual, 30% do total são imediatamente refugados por conter defeitos de conformação. Essa etapa é denominada de inspeção a quente. Os produtos aceitos por esse controle inicial são submetidos a um processo de polimento e em seguida guarnecidos com película de fósforo. Após esses procedimentos, o produto é novamente inspecionado, etapa denominada de inspeção a frio. Os produtos finalmente aprovados, seguem para a montagem de aparelhos na própria fábrica, ou são embalados e enviados às demais fábricas do grupo, situadas em outros países.

### **5.2.3 As rotinas das etapas de inspeção do produto**

A primeira etapa de inspeção envolve uma tarefa de difícil identificação, podendo-se apresentar mais de 40 tipos de possíveis falhas, provenientes do processo de produção. Além dessas identificações deve-se também, identificar e decidir sobre o seu possível aproveitamento ou refugo. O produto nessa etapa, apresenta resíduos proveniente da fusão e moldagem, dificultando a visualização de pequenos defeitos. Um dos principais critérios na seleção, é o tamanho e a posição da falha. Nas regiões centrais da peça, denominada zona A, superfície frontal da tela, utiliza-se um critério mais rigoroso, nas laterais da

peça denominada zona B, os critérios são bem mais flexíveis. Os defeitos identificados são circunscritos em um triângulo equilátero, com uma caneta apropriada. Somente as peças que ultrapassam os critérios iniciais é que são refugadas, normalmente pela presença de pedras e bolhas. As demais peças, não refugadas, seguem para o processo de polimento, muitas das falhas encontradas, situam-se apenas na superfície, desaparecendo na etapa de polimento.

Na seqüência dos procedimentos, as peças passam por uma inspeção final de controle visual. O sistema de inspeção final é constituído de três postos de inspeção denominados (B1, B2 e C), no fluxo normal de produção permanece apenas dois desses postos em operação. A tarefa prescrita para eles é a mesma, sendo definida em duas etapas, a primeira denominada de inspeção do vidro ou inspeção do material (na parte frontal da tela). Nessa etapa de inspeção é levada em conta basicamente a existência de corpos estranhos no material, tais como : pedras, bolhas e fissuras; ou de imperfeições no material como falhas na espessura das paredes, falhas nas bordas e nas pontas. Na segunda etapa, denominada inspeção de superfície, os defeitos são classificados e os critérios de seleção se tornam rigorosos.

Em determinados intervalos de tempo ocorre um rodízio dos inspetores nas diversas etapas do processo de inspeção, as regulações das trocas podem ser espontâneas, podendo ocorrer, diariamente, semanalmente ou estabelecidas por critérios mensais quando não são manifestadas espontaneamente. Os postos de inspeção fazem turnos de 24 horas. Devemos ressaltar o fato de que na Alemanha, a jornada semanal é de 36 horas. Não existe um horário pré-fixado para as pausas, apenas é estabelecido uma pausa de 30 minutos por turno de 7 horas, e de um modo geral a cada 3 a 4 horas os operadores fazem um intervalo, dirigindo-se normalmente à cantina para um rápido lanche. No posto de inspeção é permitido comer, fumar e ingerir bebidas não alcoólicas.

Nas condições ambientais dos postos de inspeção, a presença de ruídos exige a utilização de protetores auriculares, disponíveis a todos, mas seu uso é

negligenciado pelos inspetores. A exigência de altas temperaturas para a fusão da matéria-prima, cria nas regiões próximas do processo um aumento da temperatura em vários postos de trabalho, inclusive nos postos de inspeção, que, para minimizar o fato, utilizam ventiladores durante os meses de verão.

### **Etapa de Controle de qualidade**

Após os processos de inspeção existe um controle de qualidade dos produtos aprovados. A cada 80 produtos, um vai para avaliação, correspondendo entre 1 a 5 % do volume total de produção. Em média, retornam do controle de qualidade para o inspetor visual, 2% dos produtos inspecionados contendo falhas.

#### **5.2.4 Estrutura e organização das atividades de inspeção**

Apresentaremos, a seguir, os aspectos referentes à estrutura e à organização dos postos de trabalho. Os estudos preliminares efetuados pelo Prof. Dieter Heller, do Institut für Psychologie, junto a Philips, forneceram as bases de conhecimento da estrutura e da organização das tarefas da inspeção das telas de vídeo.

##### **5.2.4.1. Primeira fase- Inspeção a quente**

Na inspeção a quente, na etapa de controle do material, a peça movimenta-se sobre uma fita transportadora, com uma velocidade entre 12 a 20 segundos. A mesa de luz contém faixas escuras e claras no sentido horizontal. A mesa apresenta 7 faixas escuras (variando de 23 a 29 mm) e seis faixas claras (variando entre 26 a 29 mm). A mesa de luz provoca um intenso contraste claro-escuro, de forma que qualquer irregularidade seja melhor identificada nas faixas claras. A posição das faixas se alteram no comprimento da esteira de modo que as faixas brancas possam cobrir toda a superfície da

tela, durante todo o seu deslocamento na mesa, delimitando as áreas da tela a serem inspecionadas.

Como conseqüências biomecânicas para o operador, o movimento da tela sobre as faixas induz o operador a um acompanhamento do campo visual pelo movimento da cabeça, pois os olhos tendem a manterem-se fixos nas faixas. Para cada produto inspecionado são necessários movimentos do tronco e pernas para o sentido de deslocamento das peças (esquerda). A distância média do nível dos olhos à superfície mais próxima da tela é de 420 mm, e do seu extremo ao nível dos olhos é de 720 mm.

A figura 51 representa esquematicamente a estrutura do posto de inspeção a quente e os principais elementos componentes deste sistema de inspeção e a figura 52, apresenta uma foto do produto na situação real de trabalho.

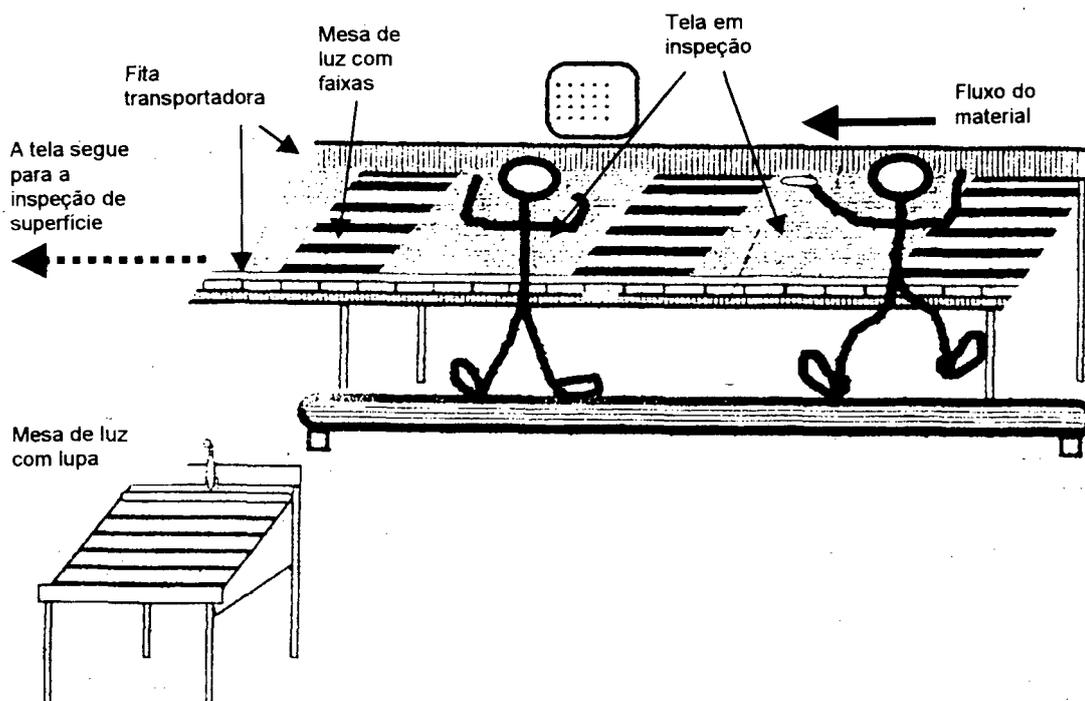


Figura 51 . Representação esquemática do posto de inspeção a quente, inspeção do material. (Philips-Aachen).

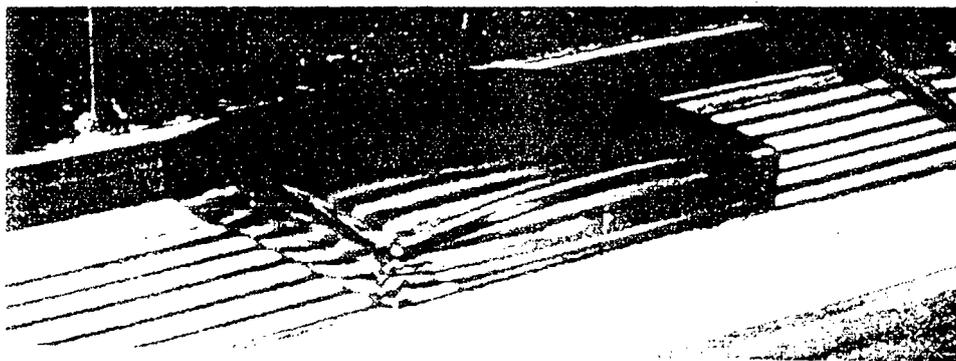


Figura 52 - Produto na mesa de inspeção – Philips-Aachen

Na mesa podem trabalhar um ou dois operadores, executando a mesma tarefa. A mesa de inspeção possui 6 metros de extensão. No layout do posto existe uma mesa de luz com lupa para medir o tamanho dos defeitos, quando necessário. Por se encontrar distante da mesa de inspeção, seu uso é esporádico, apenas se aplicando em casos de grande incerteza das características do defeito. Considerando-se o peso médio das telas, 12 kilos e o curto espaço de tempo disponível para a inspeção, torna-se inviável o seu transporte até a mesa de luz, para executar esse tipo de avaliação.

#### **a) A estrutura da tarefa**

Quando um defeito é localizado, o operador assinala-o com um giz. Cada peça possui uma pequena etiqueta com a identificação de número e lote de produção com código de barra. O painel registrador insere automaticamente, através do código de barras a identificação da peça no processo, cabendo ao operador apenas, acrescentar a informação caso a peça contenha algum defeito.

No relato dos operadores, há casos em que eles identificam a falha, mas depois a perdem, sem conseguir marcá-la. Como a falha não foi localizada, esta informação não pode ser fornecida ao painel. Os operadores na maioria dos casos sentem-se culpados pelo erro que cometeram.

## b) Condições de iluminação na inspeção a quente

Os estudos preliminares desenvolvidos pelo professor Dr. Heller, nos forneceram alguns dados de iluminação. No posto de inspeção a quente, os dados foram coletados a 80 cm acima do nível da mesa de inspeção, local onde há incidência de luz proveniente da mesa e do ambiente. Foram tomadas duas medidas da mesa, com e sem o produto, em suas nas diversas faixas. As unidades adotadas foram em  $\text{cd/m}^2$ . Os dados se encontram na tabela 8 abaixo.

Tabela 8 . Valores médios de iluminância na mesa de inspeção  $\text{cd/m}^2$ .

região Faixa	Mesa		Mesa com produto	
	escura	clara	escura	clara
1	8.6	1000	-	400
2	11.6	1400	19.5	620
3	13.9	1480	18.8	700
4	14.4	1680	19.4	830
5	14.2	1880	20.6	930
6	16.5	1460	22.0	-
7	32.0		-	

Fonte: Heller, Bedenk e Nies, 1995. Produktion und Qualitätskontrolle von Bildschirm

Os valores encontradas de iluminância, sobre as faixas claras da mesa variaram entre 1000 a 1880  $\text{cd/m}^2$  e sobre as escuras entre 8.6 a 32  $\text{cd/m}^2$ . E sobre o produto inspecionado foram encontrados valores de iluminância de 18.8 a 22  $\text{cd/m}^2$  sob faixas escuras e 400 a 930  $\text{cd/m}^2$  sob faixas claras.

### 5.2.4.2 Segunda fase - Inspeção a frio

A inspeção a frio é alimentada pela saída do processo de polimento que possui 5 unidades. Cada unidade de polimento é atendida por 4 inspetores, tendo-se no total 20 inspetores atuando neste processo. A média de inspeção de cada operador nesta fase é de 50 telas por hora.

A estrutura geral do posto de inspeção a frio é representada na figura 53.

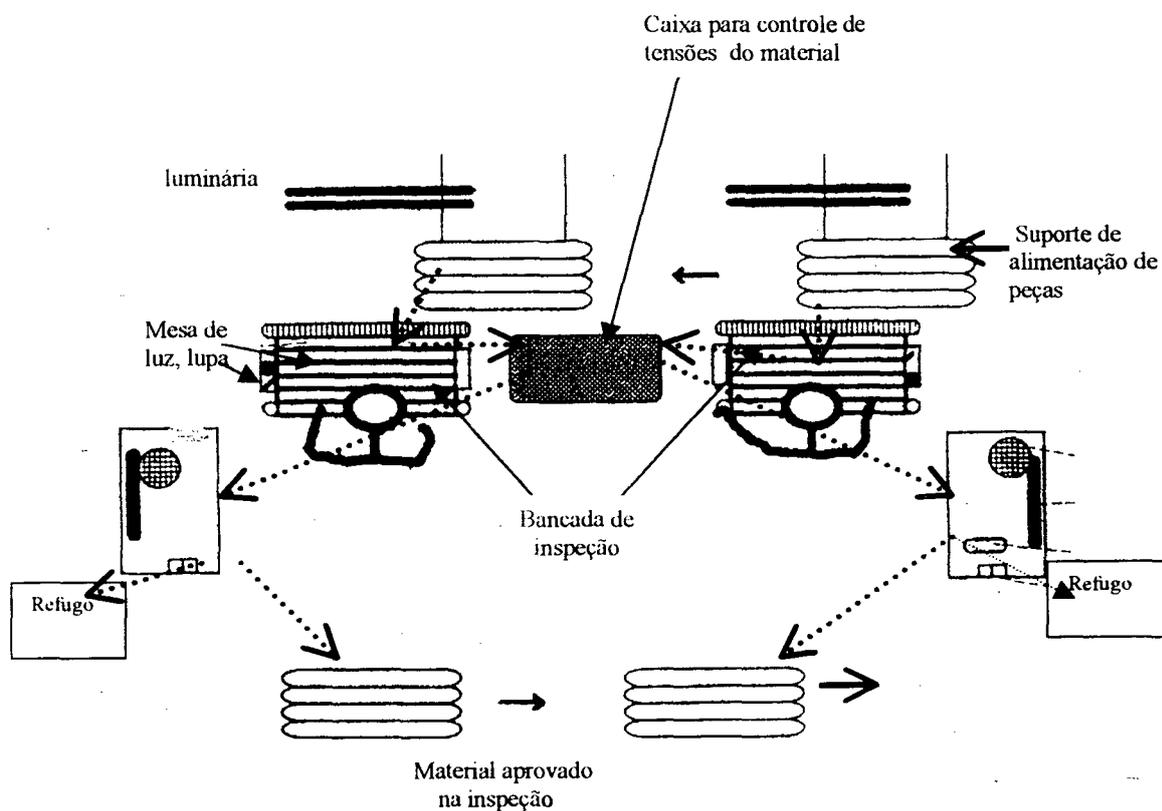


Figura 53 . Layout esquemático da seção de inspeção a frio.

A tarefa no âmbito deste posto inicia-se com a retirada da peça do painel de alimentação, que se encontra em frente à bancada de inspeção, e de sua colocação sobre a bancada de luz, devendo serem então executadas as seguintes operações:

1. Procura de falhas no material (por exemplo: bolhas)
  - 1.a medição do defeito
  - 1.b controle de falhas de tensões
2. Procura de falhas na superfície (riscos)
3. Procura de falhas nas bordas
4. Registro da peça

Após essas etapas, o produto considerado isento de falhas é colocado nos suportes móveis, que se deslocam para a embalagem final. Os produtos contendo falhas são colocados em "containers" específicos, seguindo para reciclagem. As dimensões gerais da bancada de inspeção se encontram descritas na figura 54, abaixo.

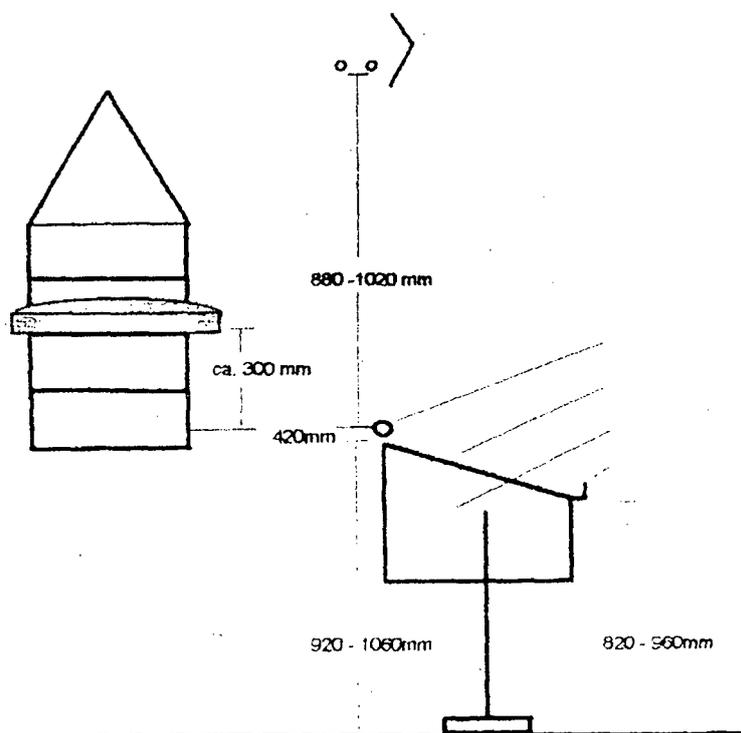


Figura 54. Dimensões gerais da bancada de inspeção a frio.

Foram coletados alguns dados sobre a iluminação nos locais de seleção de peças, na avaliação foram verificadas a luminância ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) a 80 cm da superfície da mesa. Demonstrou-se no levantamento as variações de luminâncias nas duas faixas sobre a mesa, conforme se pode verificar na tabela 9. As faixas foram numeradas, partindo-se do lado oposto em que se encontra o operador, região que possui maior proximidade com as fontes de iluminação. Esses dados se encontram descritos na tabela 9. Os valores de luminância encontrados nas faixas claras variaram de 640 a 910  $\text{cd}/\text{m}^2$  e nas faixas escuras de 4,6 a 17,1  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

Tabela 9. Valores médios de luminância na mesa de inspeção  $\text{cd/m}^2$ .

Designação da Faixa	clara	escura
1	640	4.6
2	820	17.1
3	835	13.1
4	870	10.5
5	845	10.1
6	910	9.1
7	850	7.8

Fonte: Heller, Bedenk e Nies, 1995. Produktion und Qualitätskontrolle von Bildschirm

Nestes itens 5.1 e 5.2 apresentamos um panorama geral do contexto da situação em estudo.

### 5.3 A ótica do analista

Procuramos aqui aplicar a proposta metodológica apresentada no capítulo 4 e seus métodos de avaliação no sistema de inspeção de tela de vídeos.

#### 5.3.1 Definição dos objetivos sob a ótica do analista

Reconhecendo o sistema em estudo como um sistema complexo, temos dois elementos de grande complexidade: a tarefa a ser executada e o indivíduo, ambos pela enorme variabilidade de percepção, envolvem sobretudo aspectos de observação e de tomada de decisão.

Considerando, no contexto analisado, apenas os cinco postos de inspeção a frio, onde trabalham num total de 20 operadores, temos um cenário grandioso de variáveis e de laços de regulações que procuram se manter em equilíbrio. No presente estudo, tomaremos este subsistema, o sistema de inspeção a frio da Philips GMBH Glasfabrik Aachen, como o sistema a ser detalhado e estudado. Esta etapa escolhida é a mais crítica, possuindo

critérios mais rigorosos de inspeção, principalmente porque o produto já passou pelo processo de polimento, com o qual foram eliminadas as falhas grosseiras e imperfeições. É a etapa final de controle do produto antes de sua montagem ou expedição.

A demanda inicial deste estudo começou com as preocupações por parte da empresa de conhecer a variabilidade de percepção e o rendimento dos operadores. A empresa possui um rígido controle sobre as falhas, tamanho, tipo, nome do inspetor, mas não possui nenhum mecanismo de controle do que não é percebido, das falhas que não são reconhecidas. A taxa de devolução do produto, por terceiros, foi estimada em 8% em 1996.

A empresa questiona-se como poderia controlar ou mensurar os aspectos perceptivos dos operadores? Essas questões normalmente causam grandes polêmicas sob o ótica da engenharia industrial, e se não houver uma grande sensibilidade para a abordagem do assunto, podendo ser tratado de forma trivial, sem muita ênfase nos objetivos reais.

### **5.3.2 Objetivos da análise**

No presente estudo nos deparamos com uma situação atípica, muito diferente das tarefas triviais de inspeção do setor industrial. As habilidades e competências, neste caso, são em grande parte provenientes do conhecimento tácito dos operadores. Procuramos, utilizando ferramentas didáticas, promover a explicitação deste conhecimento, tornando consciente alguns desses aspectos, para uma maior compreensão da percepção do operador. Sob este ponto de vista é que determinamos nossos objetivos neste estudo.

### **5.3.3 Formulação da base de conhecimento do sistema**

Considerando que as componentes e os procedimentos de execução da tarefa determinam a base de conhecimento do sistema em estudo nos

fornecendo, também os elementos para o entendimento da competência nas tarefas de inspeção. Esses elementos se encontram permeados na estrutura do sistema, na autonomia, na interdependência dos elementos, na unicidade e nos mecanismos de regulação, e merecem do analista a devida atenção para a formação da base de conhecimento do sistema.

### **Singularidade do sistema em estudo**

Vários procedimentos se encontram envolvidos para a realização da tarefa de inspeção. A tarefa que o operador deve executar, inicialmente parece ser simples, mas os procedimentos adotados nesta situação a diferenciam dos demais casos convencionais de inspeção de produto. Na situação em estudo, uma falha no produto não representa, necessariamente, a sua eliminação imediata, existem determinados padrões admissíveis de falhas que não chegam a comprometer o produto. Na etapa final de controle, a falha precisa ser localizada, especificada, medida e analisada num curto espaço de tempo, para verificar a sua viabilidade de aproveitamento. A dificuldade da tarefa de inspeção e seleção das telas reside no fato de que um produto considerado bom é muito semelhante a um produto considerado ruim. Um produto bom pode conter determinadas irregularidades, dentro das fronteiras permitidas. Sob o ponto de vista do tipo de erro de decisão cometido pelos operadores, o erro pode ser apresentado em duas categorias: A primeira contém produtos defeituosos não selecionados, a segunda envolve os produtos bons, mas que são considerados ruins pelos inspetores. Podemos concluir que as diferentes estratégias de decisão adotadas pelos 20 operadores, na etapa de inspeção a frio, resultam também, em distintos critérios de inspeção.

Esse fato nos alerta sobre a existência de um alto grau de subjetividade, evidente nos critérios de decisão na seleção dos produtos. Dentre as várias conseqüências nos erros de escolha dos critérios de decisão, podemos citar como exemplo a presença de um pequeno ponto numa tela de vídeo conectada a um aparelho de diagnóstico médico, podendo resultar em um diagnóstico duvidoso, porque visualmente se assemelham a um início de um processo de

formação de um tumor. Da mesma forma, um defeito na tela pode encobrir o início da formação de tumores, impossibilitando ao paciente um tratamento na fase inicial de sua doença, o que, sem dúvida, aumenta os riscos na sua recuperação.

Os critérios de decisão na inspeção da telas foram esquematizados conforme as categorias acima descritas, pelo estado do produto (bom ou com defeito) e pela decisão do inspetor (julgamento se o produto é bom ou com defeito), considerando-se defeitos no produto como sinais a serem identificados, essa estrutura é descrita na figura 55.

		Estado do Produto	
		Bom	Defeito
Decisão da seleção	Bom	Correta rejeição	Omissão
	Defeito	Falso alarme	Acerto

Figura 55. Estrutura utilizada para a explicitação do tipo de decisão tomada pelo operador.

Considera-se como *correta rejeição* quando o produto se encontra isento de falhas e é diagnosticado como isento de sinal, e de *falso alarme*, quando o operador supõe uma falha inexistente. Quando o produto apresenta um defeito, e este não é diagnosticado, ocorre a omissão, e quando o defeito é identificado ocorre o *acerto*.

### Competência e autonomia

No presente estudo, a autonomia do sistema se reflete na competência dos operadores para a execução de suas tarefas. Essa competência é estabelecida pelos mecanismos de controle e de regulação perante as variáveis de sistema. Os aspectos de autonomia do sistema concentram-se nas características dos indivíduos, refletida na variabilidade e flutuação dos resultados de inspeção, que serão objetos de análise neste documento, e se encontram de forma detalhada no estudo das regulações da atividade, denominada "intervenção".

## 5.4 A intervenção

### 5.4.1 Introdução

Toda e qualquer aplicação metodológica de análise das atividades tem como finalidade alcançar os objetivos pretendidos, mostrando as etapas a serem percorridas, a lógica utilizada e o escopo da abordagem. A metodologia de análise, proposta no capítulo 4, é aplicada neste estudo de caso, a fim de explicitar os elementos do sistema, de autonomia e auto-reguladores da competência.

### 5.4.2 Descrição das fases de desenvolvimento

A estrutura geral da metodologia utilizada neste estudo é representada pela figura 56.

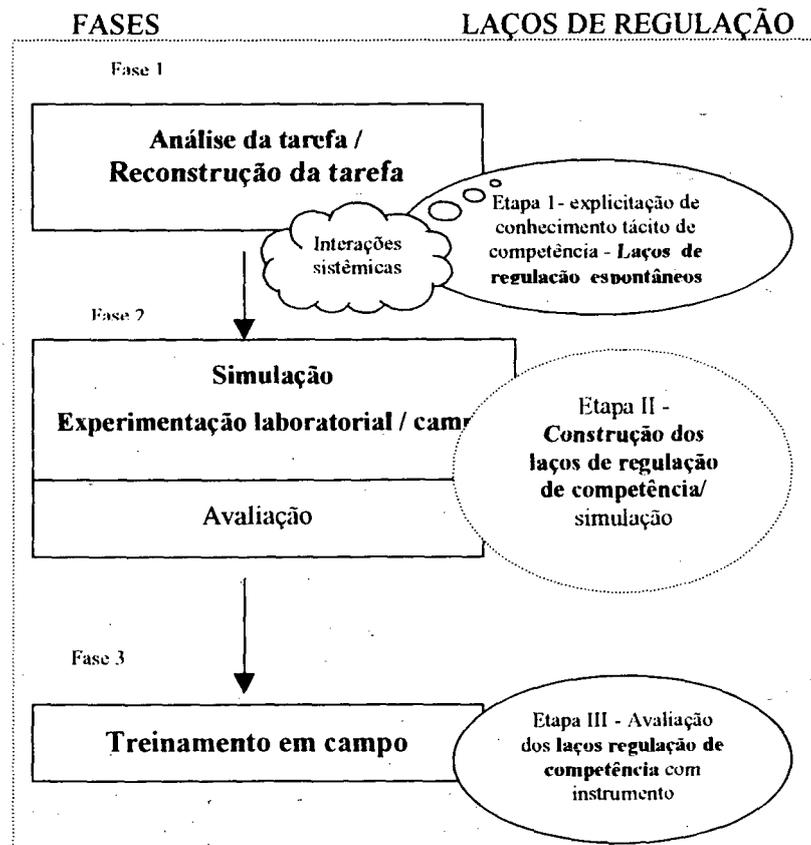


Figura 56. Estrutura metodológica geral aplicada no estudo das competências nas atividades de inspeção de telas de vídeo.

A estrutura metodológica, para o estudo das tarefas de inspeção de telas seguiu as seguintes etapas propostas nesta metodologia; análise da tarefa / reconstrução da tarefa, experimentação, avaliação e treinamento. O estudo dos laços de regulação foram os elementos alimentadores de informações para a análise e avaliação das diversas etapas.

No desenvolvimento das diversas etapas, a estrutura geral permitiu que fossem agregadas etapas auxiliares, de desdobramento das etapas principais, figura 57.

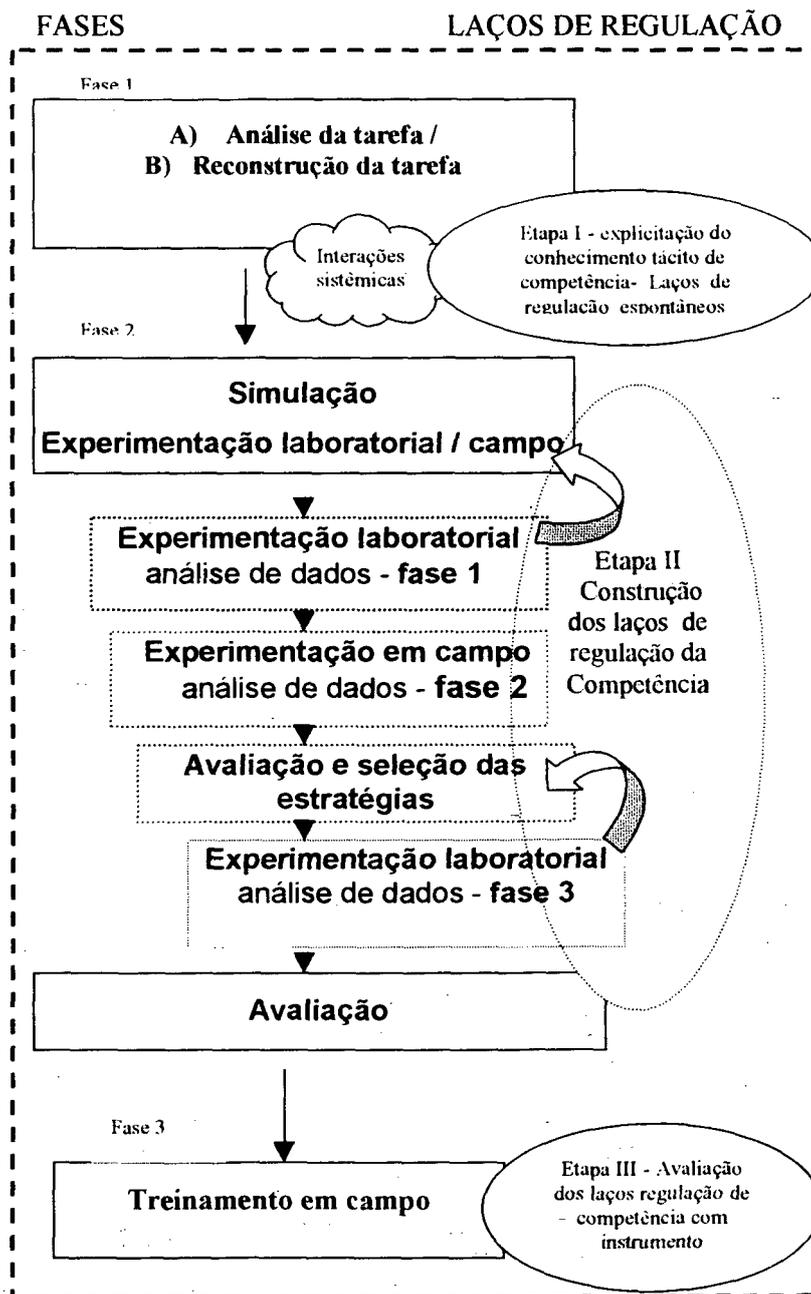


Figura 57. Estrutura metodológica e desdobramentos de fases, aplicadas no estudo das competências nas atividades de inspeção de telas de vídeo.

As etapas de desdobramento, na fase experimental, surgiram pelas próprias alimentações dos laços de regulação, sendo necessárias, uma vez que se trabalhou paralelamente a análise da tarefa e a sua reconstrução. A estrutura geral das etapas de análise, agregando-se todos os desdobramentos realizados, pode ser representado esquematicamente conforme a figura 57, visualizando-se as todas as etapas que se encontram descritas detalhadamente no decorrer deste capítulo.

O estudo da competência das tarefas de inspeção visual foi proposto pelo estudo dos laços de regulação de cada inspetor, são eles: a observação das características do alvo que apresenta o produto a ser analisado (defeito a ser detectado, tais como: brilho, contraste, cor, luminosidade e tamanho do alvo); análise das condições de acuidade visual dos indivíduos e captação do movimento dos olhos. No presente estudo foram analisadas informações de indivíduos experientes e novatos em condições normais de visão (para visão normal) ou com uso de lentes corretoras.

**Fase 1**

#### **A) Análise da tarefa real**

Captação das informações da tarefa. Na análise da tarefa foram investigados os tipos de defeitos contidos no produto provenientes da fabricação ou das etapas intermediárias do processo de produção (polimento e limpeza até a entrada no posto de inspeção).

#### **B) Reconstrução da tarefa**

A partir da análise da tarefa prescrita na situação real foi elaborada a tarefa prescrita simulada. Estes elementos deram subsídios para o desenvolvimento do programa de simulação na orientação da tarefa de inspeção de telas de vídeo. A tarefa prescrita simulada, pode ser grosseiramente dividida em três etapas distintas: a procura de falhas, o

descobrimto da falha e a tomada de decisão. Efetuando-se a transposição didática da tarefa prescrita, constituída da localização de pequenas irregularidades sobre superfície vítrea, para o meio da simulação, pode ser materializada como a localização de pequenas irregularidades apresentada na tela do monitor monocromático dentro de um determinado tempo (12 segundos).

#### Etapa I – Estudo dos laços reguladores espontâneos

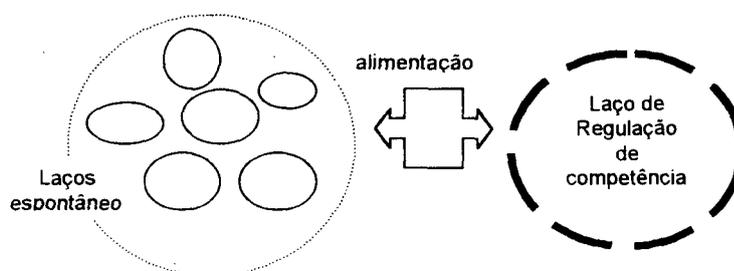


Figura 58. Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção

Para a construção da transposição didática da simulação, foram analisados os dados provenientes dos estudos dos laços de regulação da atividade de inspeção e dos laços de regulação espontâneos (individuais).

**Fase 2**

#### **Execução da reconstrução das informações**

O objetivo do programa de simulação constituiu-se na reconstrução das informações da tarefa de inspeção visual, de forma que se obtivesse um maior grau de similaridade entre a tarefa real e a tarefa simulada.

Entretanto, é necessário ressaltar algumas considerações dos pontos positivos e negativos da simulação aplicada às tarefas visuais;

#### **Pontos positivos da simulação**

Os principais pontos positivos da simulação aplicada ao estudo da competência das tarefas de inspeção são os seguintes:

- fornece maiores subsídios de conhecimento sobre as variáveis envolvidas na tarefa;
- permite um treinamento oculomotor;
- permite uma mensuração sobre o rendimento individual;
- possui facilidade de aplicação no meio industrial.

### **Pontos negativos da simulação**

Como pontos negativos da simulação no estudo da competência das tarefas de inspeção, encontramos os seguintes itens:

- limitação do meio de apresentação da informação (plano bidimensional);
- a reprodução da imagem real X imagem pixels, apresentam características diferentes.

Os pontos positivos e negativos foram ponderados no desenvolvimento da estrutura de análise. Os pontos negativos, limitantes das formas de representação do objeto real, foram minimizados, pela utilização de monitores de alta resolução. Sugerimos que as condições ideais para se reduzir este problema e aumentar o grau de similaridade da tarefa poderia ser melhorada, por exemplo, com a utilização de técnicas de realidade virtual. A nossa proposta procurou, inicialmente, elaborar um sistema de simulação simples e prático, com o objetivo de facilitar a análise da tarefa e fornecer subsídios necessários e suficientes ao diagnóstico e que seja de fácil reprodução e aplicação no ambiente de trabalho.

Partindo desta base de conhecimentos, nosso principal ponto de investigação concentrou-se na identificação dos fatores que determinam a competência das tarefas visuais.

- **condições técnicas** – Com relação às condições técnicas empregadas, faz-se necessário apresentar algumas considerações a respeito. Para aumentar o grau de similaridade da transposição da tarefa, utilizou-se um monitor de alta resolução, de menor radiação. Como as falhas encontradas na superfície vítrea da tela de vídeo da situação real, apresentam variações

de contraste entre tons do cinza ao preto, pode-se utilizar um monitor de alta resolução monocromático da marca EIZO FLEXSCAN 6500 para realizar as tarefas simuladas, pois, neste caso, não foi necessária a aplicação de cores. A maior variação ocorrida entre os dois meios, do produto e da simulação, refere-se aos índices de reflexão gerado pelo monitor, e de seu brilho, características da formação da imagem por eletrodos das telas de terminais de computadores. Procuramos minimizar esse problema utilizando no fundo da tela um tom de cinza mais escuro, a fim de reduzir o brilho da imagem gerada.

- **elaboração do cenário da tarefa** – Na etapa de reconstrução da tarefa, os defeitos foram fotografados, catalogados e identificados em tamanho, por pixel, e em cor, por tons de cinza. As imagens das irregularidades do produto foram então reproduzidas no Adobe Photoshop 5.0, permitindo uma flexibilidade na construção das imagens, variações no seu tamanho e no contraste e possibilitando o uso de 256 tons de cinza. Essas características permitiram a reprodução dos vários tipos de falhas, utilizando-se os contrastes necessários do branco ao preto. Outra vantagem do uso desse software foi a possibilidade de apresentação no sistema Windows. As imagens foram arquivadas e reproduzidas em Visual Basic, para serem mais facilmente manipuladas.
- **reproduções das falhas** - O programa foi utilizado para transpor os mesmos mecanismos encontrados na tarefa real. Da mesma forma procurou-se reproduzir todos os tipos de sinais da tarefa, bem como a sua ausência. Na situação transposta no simulador foram criadas telas que simulavam o produto com ou sem defeitos, em diferentes localizações, dentro de um período equivalente ao do posto de trabalho, 12 segundos para inspeção de cada tela. As falhas foram então apresentadas em diferentes tamanhos, procurando reproduzir a própria variabilidade de reconhecimento de cada tipo de falha. As falhas variaram em tamanho entre 5 a 10 pixels, com exceção dos "riscos" que variam até 20 pixels na tentativa de reproduzir com a máxima fidelidade a imagem real. As falhas foram estruturalmente apresentadas conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Estruturas de representação dos defeitos, transposição da tarefa .

Tipo de falha	Representação da imagem
bolha	claros pixeis envoltos em um anel escuro
pedra	pixeis escuros desalinhados de forma regular
estiramento	pixeis claros desalinhados de forma irregular
estiramento com pedra	reduzidos pixeis escuros internos e externamente pixeis claros
riscos	suave traço claro com pixeis escuros no fundo
sujeira	diversos pequenos traços escuros, espalhados
falhas periféricas	manchas claras com bordas escuras

- **prescrição da tarefa** - A tarefa para a transposição simulada foi prescrita, de forma a atender todas as etapas desenvolvidas pelos indivíduos durante o reconhecimento da falha na situação real. A tarefa da transposição apresentou a seguinte estrutura, mostrada na figura 59.

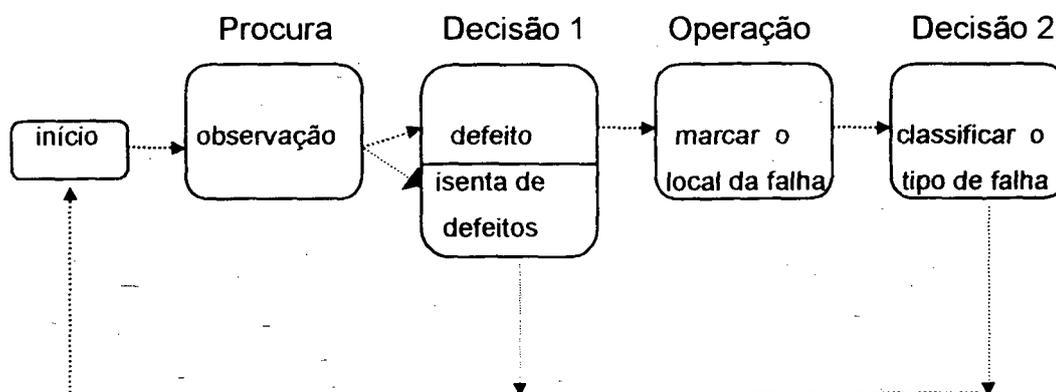


Figura 59. Esquema do programa de inspeção simulada - Nies, Bedenk, Okimoto Institut für Psychologie der RWTH - Aachen - 1996

A fim de reproduzir a variabilidade e a imprevisibilidade da apresentação dos sinais na transposição da tarefa, o programa apresentou telas com falhas, intercaladas com outras isentas de falhas, dentro da seguinte seqüência:

1. Inicialmente, surge a tela a ser inspecionada, contendo ou não falhas, num tempo máximo de 12 segundos. Esse é o período no qual o indivíduo exerce a tarefa, inspecionando a tela. Se for localizada uma falha, ela é marcada pelo "mouse", sendo clicado sobre a região da falha.

2. Após essa etapa, uma nova tela é apresentada. Nessa nova tela, o indivíduo decide sobre o conteúdo da tela anterior. A decisão a ser tomada envolve os seguintes critérios sobre a falha:

- a tela está isenta de falhas?
- é uma falha dentro do padrão ?
- é uma falha fora do padrão?
- ou é apenas sujeira no produto que pode ser removida com a limpeza ?

Buscamos na elaboração da prescrição da tarefa, a mesma carga imposta pela tarefa prescrita. Na situação real de reconhecimento de falhas, o indivíduo precisa verificar se a falha pode ser corrigida ou apenas limpa, ou o produto deve ser eliminado. Na transposição simulada, essa etapa procura conhecer o processo decisório do indivíduo junto ao reconhecimento das imagens.

3. Na seqüência, apresenta-se uma tela com a classificação do tipo de falha, na qual deve ser assinalado o tipo de falha observada. Nessa tela, procura-se verificar os aspectos de competência da memória de curto termo. O ciclo do programa continua seguindo sempre mesma seqüência.

As mesmas falhas são apresentadas cinco vezes em diferentes posições, procurando-se privilegiar todos os campos da tela, inclusive as bordas. A seqüência estabelecida é apresentada para todos os indivíduos de forma idêntica. No final os indivíduos recebem a informação de quantas telas corretas inspecionou.

- **ambiente da simulação** - A simulação das tarefas foram, numa primeira etapa, realizadas em uma sala do Instituto für Psychologie da RWTH. A luz natural foi encoberta por persianas para se evitar reflexões sobre a tela do monitor, a fim de se manter sempre o mesmo nível de luminosidade, independente das condições externas que são sempre variáveis.

- **segmentação da informação** - Utilizada no programa de simulação com dois propósitos : o primeiro, como uma estratégia alternativa para se obter informações sobre as regiões inspecionadas, dispensando os equipamentos infra-vermelhos de captação dos movimentos dos olhos e o segundo, com o intuito de induzir uma determinada estratégia oculomotora.

### **Experimentação laboratorial - fase 1**

Na fase 1 são feitos os primeiros testes práticos, executando-se os ajustes necessários no programa, com o número adequado de exercícios, a fim de evitar a fadiga dos indivíduos e a verificação do funcionamento correto do programa e da coleta de dados. Nessa etapa foram avaliados 11 estudantes (novatos).

### **Experimentação em campo- fase 2**

Antes do início oficial da execução da tarefa, os indivíduos executaram um treinamento durante 5 minutos, para se adaptarem ao computador e aos periféricos, pois no caso dos inspetores, a maioria, nunca teve um contato com esse tipo de equipamento. Após todos os ajustes necessários na fase experimental, foi implantada a fase de coleta de dados com indivíduos experientes (inspetores da fábrica) com o registro dos movimentos dos olhos durante as tarefas simuladas no computador.

### **Avaliação e seleção das estratégias**

Nesta etapa foram comparadas as estratégias visuais dos inspetores e analisadas em função do grau de acertos obtidos, do tempo gasto para o reconhecimento das falhas e da correta localização de regiões de reconhecimento das irregularidades da superfície.

## 5.5 Regulação da atividade

### 5.5.1 Os mecanismos de realimentação

Consideramos que há um estado de equilíbrio da competência no sistema de inspeção quando os elementos formadores da competência, descritos por SVEIBY (1998) : conhecimento explícito, habilidades, experiência, julgamento de valor e rede social, se encontram em equilíbrio perfeito com o sistema de inspeção. Portanto podemos afirmar que na regulação do sistema, o equilíbrio é obtido pelo comportamento dos laços de realimentação. Os mecanismos que mantêm em funcionamento os laços de realimentação são de natureza circular, possuindo características de “auto-reforço”, responsáveis pela manutenção do movimento circular de realimentação. O conceito de auto-reforço sugere que, na realimentação, todas as causas se somam ao sistema e, se não existe nenhum elemento inibidor, ocorre um crescimento acelerado de realimentação, exponencial, CAPRA (1996). Este conceito foi também utilizado por TAKEUCHI e NONAKA (1997) para explicar a espiral do conhecimento. Mas, sobre o sistema, podem também agir causas negativas, ou laços negativos que, de certa forma, controlam a equilibração do sistema, mantendo-o sob contenção através das interações equilibradoras que operam internamente.

Procuramos compreender, em nosso estudo, os mecanismos de realimentação das competências das tarefas de inspeção. Procuramos evidenciar os principais elos de realimentação na situação real, identificando-os, de forma que possam ser confrontados com os elos de realimentação da situação simulada.

Os laços de regulação de competência da atividade de inspeção podem ser compreendidos a partir do desenvolvimento da própria atividade no sistema, na qual se produz-se o conhecimento tácito, que é internalizado pelos inspetores e posteriormente externalizados pelas habilidades necessárias para intervir na tarefa. Sob este ponto de vista, ilustramos na figura 60 as possíveis situações de realimentação.

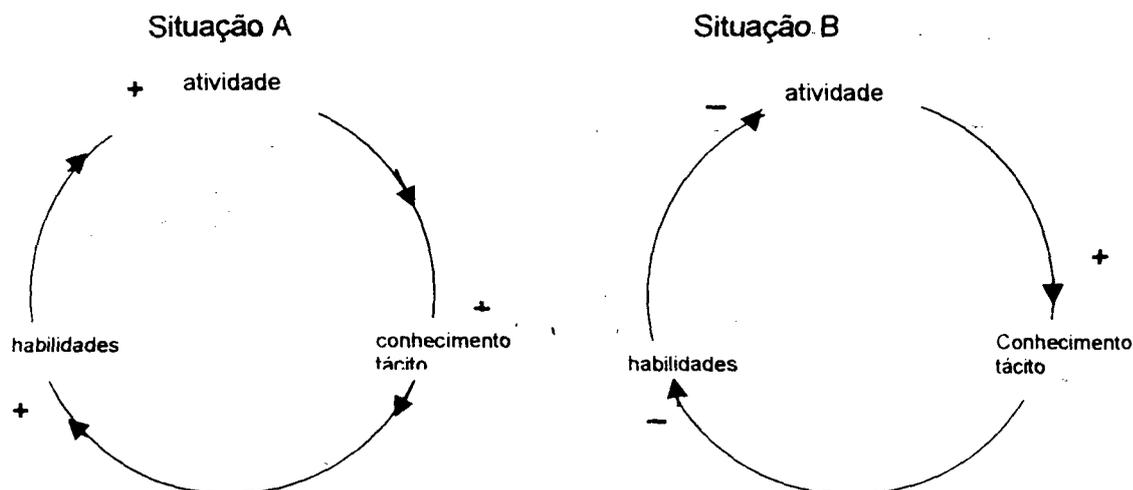


Figura 60. Laços de regulação da competência na atividade de inspeção.

Na situação "A" representamos os laços de regulação de competência da atividade com sinal positivo, representando uma situação ideal, de realimentação contínua resultando num crescimento contínuo de competência. A situação "B", sugere variações de realimentação na formação de competência, os sinais negativos representam os desvios ocasionados, de forma a manter o sistema em equilíbrio. Poderá haver inúmeros desvios necessários à equilibração do sistema.

Em nosso estudo procuramos descrever alguns elementos do sistema que orientam os mecanismos de realimentação da competência na atividade e que, de certa forma, podem ser os responsáveis pelos desvios de equilíbrio.

Retomando-se a importância das interações sistêmicas que se encontram evidenciadas na metodologia proposta, conforme demonstra a figura 61, descrevemos a seguir alguns desses elementos das interações sistêmicas.

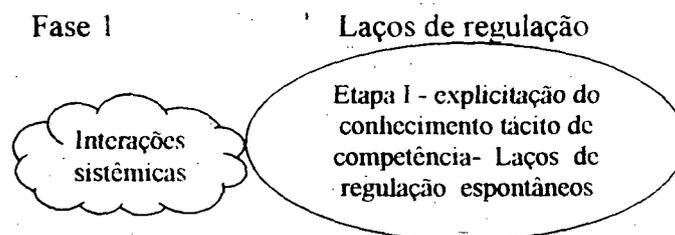


Figura 61. Envolvimento das interações sistêmicas na fase 1, da estrutura metodológica proposta para o estudo das competências nas tarefas de inspeção.

## 5.5.2 Regulações na tarefa real

### O comportamento do sinal na tarefa real

Os defeitos podem aparecer em qualquer parte da superfície do produto. Na etapa final de inspeção, apenas os defeitos localizados nas partes laterais do produto são considerados não relevantes, porque, após a montagem do produto, essas regiões não serão mais visíveis.

Na superfície do produto, os defeitos de maior frequência são as "bolhas", em torno de 20% do total dos diversos tipos de defeitos. A característica desse tipo de falha no material é a presença de bolhas de ar no seu interior, provenientes do processo de prensagem do material aquecido. Outra característica desse tipo de falha é que ela pode assumir uma infinidade de tamanhos e formas.

Os demais defeitos são categorizados como : "pedras" , que são consideradas como material estranho; "tensões", são formadas pelo resfriamento não homogêneo em determinadas regiões; "riscos", categorizados como falhas que podem ser polidas, são pequenos cortes no material provenientes da própria manipulação da peça entre as etapas de produção e inspeção.

Para cada tipo de defeito existe um determinado critério de decisão que validará a sua exclusão, reparação ou tolerância do defeito. Os elementos determinantes para a definição desses critérios de qualidade são: local do defeito, tamanho, quantidade e nos casos de riscos superficiais, a profundidade e direção dos mesmos.

Um critério importante é a região em que se encontram as falhas na superfície da tela. A tela, para fins de inspeção, é dividida em duas regiões principais, A e B, conforme a figura 62.

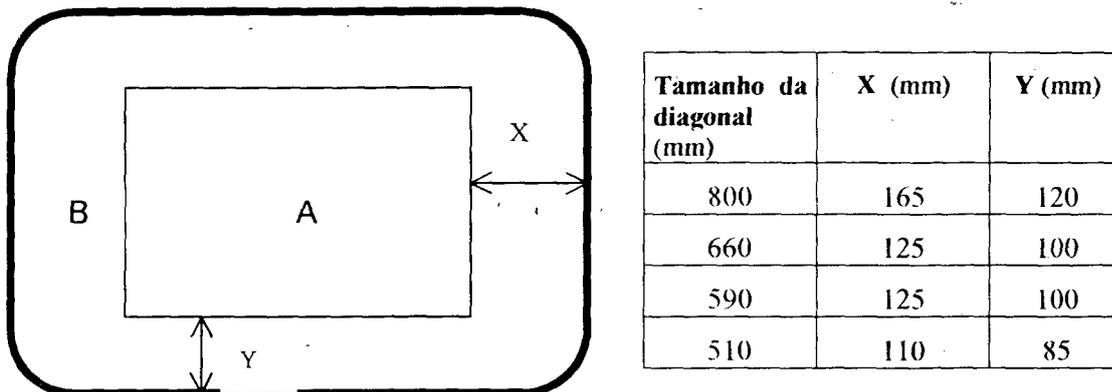


Figura & Tabela 62. Divisão de áreas da tela para inspeção, para distintos tamanhos de tela, tomados a partir de sua diagonal.

Nas zonas A e B são determinados distintos critérios, para os defeitos categorizados como bolhas e pedras, conforme a largura e comprimento dos mesmos, como se pode verificar na tabela 11.

Tabela 11. Critérios padronizados de defeitos de bolhas e pedras.

Largura (mm)	Comprimento máximo permitido (mm)	
	Zona A	Zona B
Até 0,15	1,60	Bom
Até 0,20	0,60	Bom
Até 0,25	0,55	2,40
Até 0,30	0,50	0,90
Até 0,35	0,45	0,85
Até 0,40	0,40	0,80
Até 0,45	rejeitado	0,75
Até 0,50	rejeitado	0,70
Até 0,55	rejeitado	0,65
Até 0,60	rejeitado	0,60

Entretanto, como já anteriormente citado, as bolhas se apresentam em diferentes formas, não existindo nenhum critério pré-definido para o seu reconhecimento formal.

Para a identificação dos riscos além de sua profundidade, deve ser considerada também, a sua direção. Riscos perpendiculares à tela ou até  $15^\circ$ , são necessariamente descartados pela impossibilidade de sua eliminação no processo de polimento, independentemente de sua profundidade. Para as demais direções, retomam-se os critérios de profundidade.

No simples esboço da análise da tarefa com o qual levantamos alguns aspectos de identificação dos defeitos e dos critérios de seleção, podemos considerar que os elementos de desvios do equilíbrio de regulação da tarefa de inspeção não se restringem apenas às exigências visuais que sobrecarregam o operador mas, também, ao complexo processo decisório exigido na qualidade do produto. Como consequência dessas exigências, devem ser considerados não apenas os problemas decorrentes da percepção, mas sobretudo do processo de decisão. Podemos representar esquematicamente conforme a figura 63, o laço de realimentação da tarefa de seleção de defeitos em telas de vídeo.

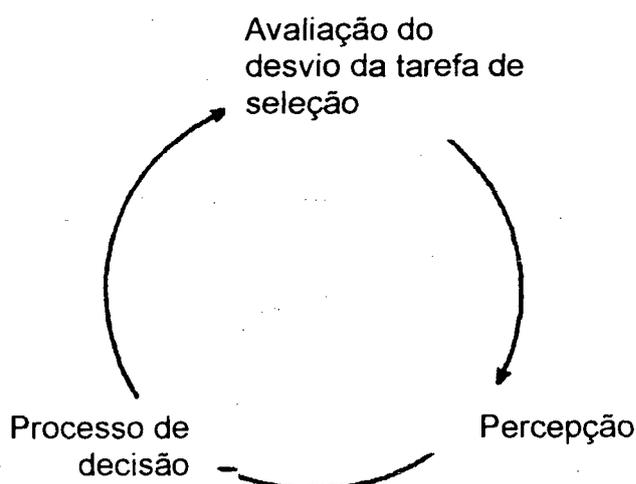


Figura 63. Laço de realimentação na avaliação do desvio da tarefa de seleção de defeitos nas telas de vídeo.

A partir da representação dos elementos de formação dos laços de realimentação da situação em estudo, podem-se mapear os desvios formulando três hipóteses de seu comportamento. Numa primeira situação, podemos ter

para o controle do processo de desenvolvimento da tarefa, desvios internos de percepção dos defeitos, ocasionados pelos laços espontâneos de realimentação, os quais geram automaticamente novos desvios para o processo decisório a fim de manter a auto-equilibração, conforme a figura . Os desvios na percepção recebem o sinal “-” (negativo), que geram uma nova auto-equilibração no processo decisório que também recebe o sinal “-” (negativo). O sinal positivo do processo de equilíbrio representa os aspectos de auto-reforço, como definido por WIENER (1943) citado por CAPRA (1996), elemento que mantém em funcionamento a circularidade do laço.

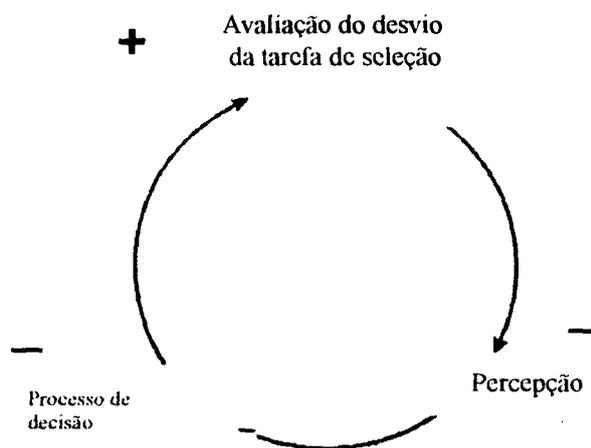


Figura 64. Formulação da primeira hipótese de funcionamento dos desvios no laço de regulação da tarefa de inspeção.

Nessa primeira hipótese de comportamento, os desvios ocasionados na percepção produzem uma influência causal no processo decisório, mantendo-se nos seus elementos (percepção e decisão) os mesmos sinais. Significando, para uma avaliação, que desvios de percepção geram desvios de decisão.

Numa segunda hipótese, os elementos de auto-reforço, laços de alimentação espontâneos da percepção, mantêm seu equilíbrio, mas geram desvios no processo decisório, resultando então em falsos diagnósticos. Essa hipótese é representada na figura 65.

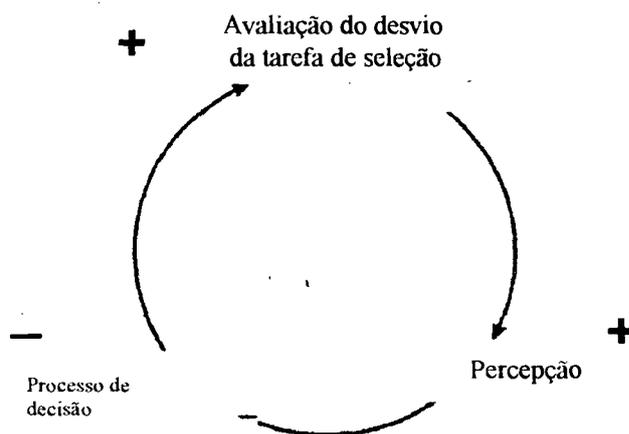


Figura 65. Formulação da segunda hipótese de funcionamento dos desvios no laço de regulação da tarefa de inspeção.

Na terceira hipótese, a de equilibração e de manutenção de auto-reforço, as influências causais da percepção sobre o processo decisório, incidem no mesmo sentido, apresentando todos os elementos sinais positivos.

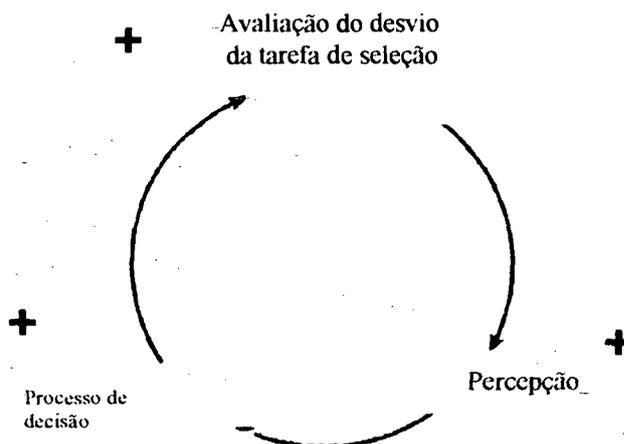


Figura 66. Formulação da terceira hipótese de funcionamento da equilibração de auto-reforço no laço de regulação da tarefa de inspeção.

Após o mapeamento das possíveis hipóteses de funcionamento dos laços reguladores da situação real, procurou-se aprofundar o conhecimento sobre os elementos reguladores dos desvios na tarefa simulada (percepção e processo decisório).

A percepção do indivíduo possui de certa forma uma autonomia, mas o mesmo conceito não pode ser aplicado para o processo de decisão. Partindo-se do estudo do laço regulatório apresentado nas figuras 64, 65 e 66, observamos que a percepção é a primeira etapa de confrontação com a tarefa, da qual o processo decisório depende diretamente. Considerando que o processo decisório produz as regulações de equilíbrio a partir das regulações dos desvios da percepção, iniciaremos o desdobramento dos elementos responsáveis pelos desvios da percepção do operador.

### **5.5.3 Interações sistêmicas e as realimentações do sistema**

Abordamos na fundamentação teórica os elementos de variabilidade envolvidos na percepção dos indivíduos, tendo sido descritos nos capítulos iniciais, os diversos fatores que afetam a "performance" do indivíduo, bem como a interferência de elementos pertencentes ao meio e às condições, pela qual a informação está sendo processada. Quando apresentamos a proposta de simulação como ferramenta de aquisição de competência, tornou-se necessário conhecer também as características dessa ferramenta, como meio de apresentação das informações. Procuramos analisar os vários aspectos de sua variabilidade como contraste, acuidade, distância do campo visual e construção da imagem simulada. O estudo desses elementos num sistema simulado nos permitem avaliar os desvios provocados pelo novo meio, com muito mais controle dos resultados e das variáveis envolvidas.

Elaboraram-se programas simulados envolvendo esses aspectos. O estudo iniciou-se com a avaliação da variação de contrastes da imagem sobre o fundo, seguindo-se a construção de programas simulados para a escolha de imagens mais adequadas a sua apresentação na tela do monitor de vídeo. Os resultados na fase inicial de avaliação, nortearam os estudos relativos à acuidade visual na situação simulada, a fim de que pudéssemos verificar a variabilidade e os mecanismos de realimentação. Tendo sido desenvolvido um

estudo de acuidade visual no meio simulado para o programa de treinamento das tarefas de inspeção.

### 5.5.3.1. Fatores de influência do meio de apresentação da imagem

Os testes clínicos de acuidade visual referem-se ao reconhecimento e à distinção de finos detalhes dentro de um determinado campo visual e utilizam dois tipos básicos de equipamentos de medição de acuidade visual. O primeiro deles é o Titmus test, um equipamento com imagens geradas por slides e recursos de focalização, que simulam as variações de distâncias, visão para perto (1,20 m) e para longe (6,0 m). O segundo equipamento são as cartelas médicas, que apresentam a imagem reproduzida em papel. Nos dois casos, as imagens geradas estão de acordo com a norma DIN.

Os dois recursos utilizados para avaliação médica, diferem do meio escolhido para a transposição da tarefa, o da simulação por computador. Partimos da hipótese de que as variáveis brilho, contraste e luminosidade, dependentes do meio em que são produzidas, interferem diretamente na acuidade visual, acarretando maior dificuldade no reconhecimento de determinado padrão do que para outro, apesar de ambos terem obtido o mesmo grau de acuidade visual no Titmus Test.

Procuramos reproduzir, na própria tela do vídeo, um teste de acuidade visual através do desenvolvimento de um programa "Sehtest", que pode ser facilmente instalado no ambiente Windows, conforme representado na figura 67.

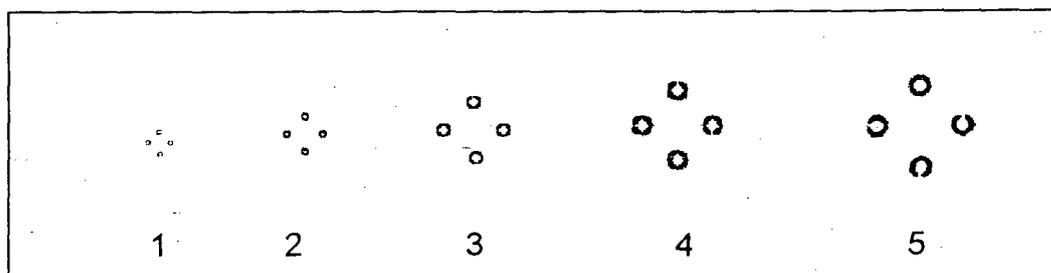


Figura 67. Representação das imagens geradas para o "Sehtest".

Descrevemos, a seguir, os vários resultados obtidos com o teste de acuidade no computador e o seu grau de correlação com o tradicional equipamento clínico de verificação da acuidade visual. Para o desenvolvimento desse experimento foram utilizados: um computador 486, softwares gráficos, Adobe Photoshop, para gerar as imagens dos "Landolts-Rings" (letra C em várias posições)", softwares estatísticos, para controle e análise dos dados, e um monitor de alta resolução. A reprodução das imagens para o teste de acuidade seguiu as recomendações estabelecidas na norma DIN 58220, e os critérios dos valores de acuidade seguem os valores obtidos pelo ângulo visual padrão, de 1 grau de minuto, conforme descrito no anexo 2. O teste de acuidade visual proposto permitiu aos indivíduos uma entrada automática de suas respostas, com a gravação desses dados diretamente em softwares estatísticos, que possibilitaram uma análise mais completa.

## **O experimento**

Foram realizados vários experimentos no Institut für Psychologie da RWTH-Aachen, com um grupo de 11 indivíduos (estudantes na faixa etária entre 24 e 36 anos que utilizam em torno de 6 horas diárias terminais de vídeo). Procurou-se manter o mesmo tratamento para todas as variáveis envolvidas, tais como : grau de contraste da informação, brilho, postura do operador e aspectos climáticos. Foram testadas diversas distâncias do campo visual do operador à tela do monitor (1,5 m; 1,3m ; 1m; 0,80 m, 0,70 m, 0,60m e 0,50m). Foram considerados na análise dados de acuidade visual dos olhos, visão binocular e de cada olho separadamente, para uma visão de perto e longe no Titmus teste, e no "Sehtest", tomando-se todas as medidas descritas acima. Nas etapas finais foram escolhidas apenas três distâncias, 0,70 m; 1,0 m e 1,3 m, para a realização do teste de acuidade visual, as quais apresentaram um maior grau de correlação dos resultados obtidos no Titmus Teste para visão de perto e uma similaridade com a situação simulada e de atividade real de inspeção, na visão binocular. A distância de 0,70 m, foi a que apresentou os melhores resultados na correção com o Titmus Test, conforme demonstrado na tabela 12.

Tabela 12. Correlação entre os dois meios com o "Titmus test" e "Sehtest", com visão binocular, para distância de 0,70 m para cada um dos indivíduos testados.

Indivíduos	Índice de correlação entre os meios
Vp 1	0,8929
Vp 2	0,9643
Vp 3	1,0
Vp 4	0,96
Vp 5	0,85
Vp 6	1,0
Vp 7	0,8929
Vp 8	0,9643
Vp 9	0,8929
Vp 11	1,0
Vp12	0,78

### Variabilidade do meio

Na tabela 13, podemos observar a ocorrência de uma variabilidade nos resultados de acuidade visual na correlação dos dois meios, apesar de se terem sido fornecidas as mesmas condições, tratamento e informação, apresentadas em 168 sequências iguais para todos os indivíduos.

Tabela 13. "Sehtest" - Valores de acuidade visual, visão binocular, de seis indivíduos que apresentavam valores de visão normal, a 70 cm, considerando dois tipos de fundos diferentes de apresentação da imagens, branco e cinza sobre imagem preta.

Indivíduos	Fundo branco $v'$	Fundo cinza $v'$
vp1	1,3	1,3
vp2	1,4	1
vp3	1,1	1,4
vp5	1	1,1
vp6	1	0,9
vp10	1,3	1,1

$v'$  = acuidade obtida para visão binocular

### 5.5.3.2 Elementos responsáveis pelos desvios de realimentação no reconhecimento de imagens no meio simulado.

A imagem gerada numa tela de vídeo para computador é composta por pixels, que apresentam 0,35 mm de largura por 0,4 mm de altura, conforme as especificações do monitor utilizado para os experimentos (Eizo Flexscan 6500, com resolução de 800 x 600 pixel). As características de tamanho do pixel produziram, na construção do Sehtest, variações no reconhecimento de imagens, conforme o posicionamento da figura na tela. Foi proposto o reconhecimento, conforme a norma DIN para "C" teste, mas foi necessária a eliminação da figura com orientação de abertura para a direita, na forma da letra "C" normal, uma vez que a sua leitura e visualização são mais facilmente reconhecidas do que a das demais figuras. Assim foram construídos agrupamentos de quatro figuras, conforme a norma DIN 58220, formados por 3 letras "C" e uma letra "O". Nas figuras, intercalam-se as aberturas das letras "C" (para cima, para baixo, para esquerda) alternadamente, de forma que no alinhamento horizontal ou vertical não gerem linhas contínuas imaginárias, conforme ilustra a figura 68. Linhas contínuas imaginárias dentro de uma composição aumentam a probabilidade de seu reconhecimento em relação às demais composições de mesmo tamanho.

Exemplo de composições empregadas na construções do "Sehtest."

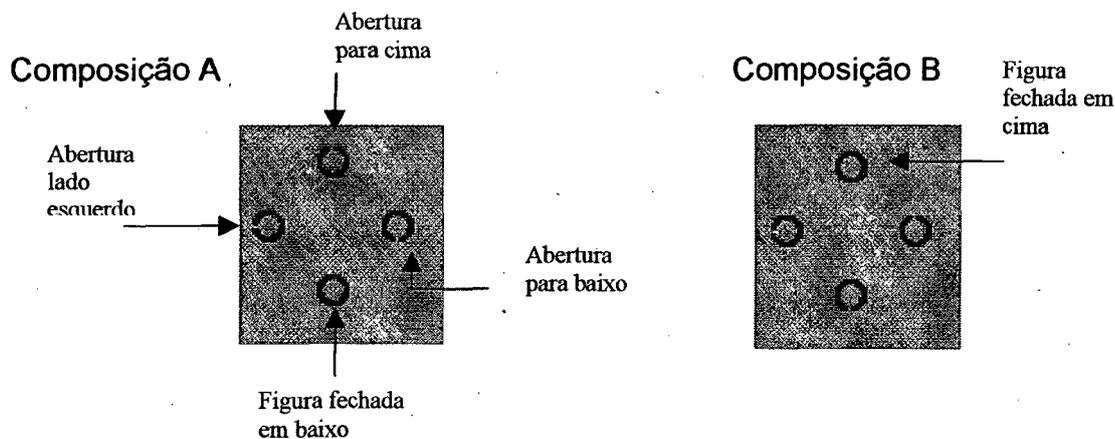
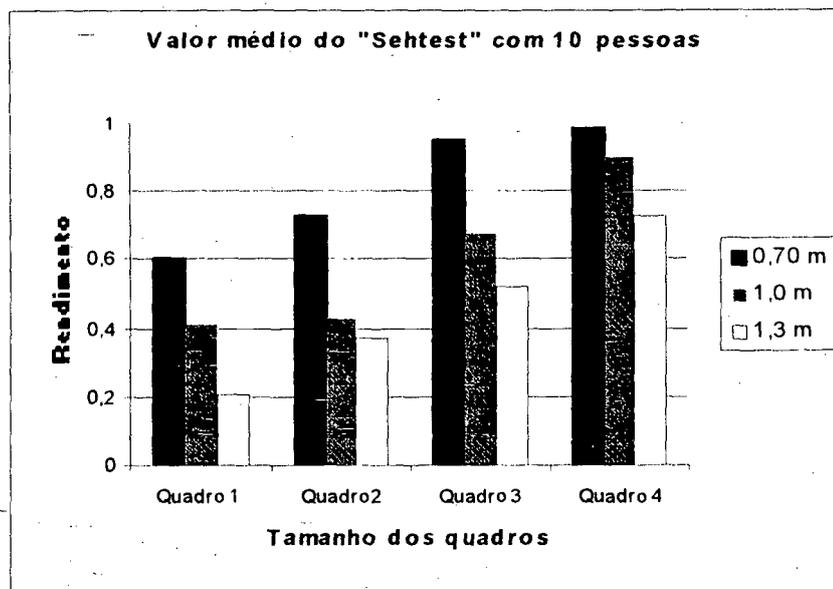


Figura 68. Representações das composições elaboradas para a construção das imagens do Sehtest.

Na definição do tamanho das imagens para o "Sehtest", o formato do pixel (retangular) foi responsável pela exclusão de 5 tamanhos dos 9 inicialmente propostos, selecionando-se apenas os que apresentavam uma maior correlação com o Titmus test, e mantinham um crescimento progressivo de reconhecimento, proporcional ao aumento do tamanho da imagem. Dessa forma, pode-se ter uma sequência de reconhecimento de imagens com distintos graus de dificuldade para visão normal. O programa consta da apresentação de 4 quadros, cada um contendo composições formadas por figuras dos seguintes tamanhos: 5 pixel, 6 pixel, 9 pixel e 10 pixel. Cada quadro é formado por sete diferentes composições, mas de mesmo tamanho. As figuras fechadas, que são os alvos de identificação dos indivíduos, apresentando a seguinte distribuição para cada quadro: duas à esquerda, duas para cima, duas embaixo e uma à direita, de forma alternada. Os valores médios obtidos no reconhecimento das figuras foi de 81,5 % na distância de 0,70 m ; 61% na distância de 1,0 m e 0,46% a 1,3 m, conforme dados apresentados na tabela 14.

Tabela 14. Valores médios obtidos no reconhecimento de cada quadro no "Sehtest", para diferentes distâncias (0,70 m ; 1,0 m ; 1,3 m)



Legenda:

Quadro 1 , h= 5 pixel ;

Quadro 2 , h= 6 pixel ;

Quadro 3 , h= 9 pixel ;

Quadro 4 , h= 10 pixel ;

O programa de simulação de acuidade visual descrito, nos forneceu vários subsídios para a construção das imagens do programa de simulação das tarefas de inspeção. Dentre esses estudos, podemos citar o limiar de contraste, a avaliação de contraste de figura e fundo, bem como o reconhecimento da imagem em diferentes posições e em diferentes localizações na tela. Esses estudos mostraram a importância da avaliação do meio pelo qual se está desenvolvendo a transposição da tarefa. Um ponto fundamental na aplicação da metodologia proposta neste estudo é que ela permite ao analista conhecer os elementos responsáveis pelos desvios nos resultados. A partir do momento que os desvios são diagnosticados, consegue-se iniciar um processo de regulação das variáveis, possibilitando a construção de um sistema em equilíbrio. A análise do contexto simulado nos permitiu concluir que o simples transporte das imagens para o meio simulado não garante que se terá um sistema em equilíbrio. Mas, o seu sucesso depende, necessariamente, do entendimento do analista acerca dos desvios de realimentação do sistema.

## **5.6 Simulação como ferramenta de explicitação do conhecimento tácito**

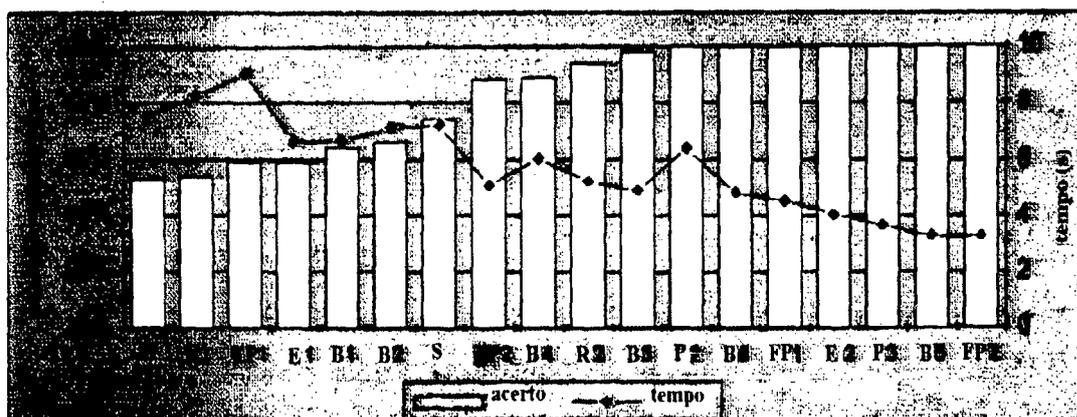
### **Resultados obtidos**

- **Análise de complexidade da tarefa**

Pelas próprias características das falhas apresentadas no produto, algumas são mais fáceis de serem reconhecidas, de forma bastante grosseira, pois apresentam um maior contraste de forma e tom sobressaindo-se visualmente no produto, são as falhas que "saltam aos olhos" e são normalmente reconhecidas por qualquer indivíduo e provavelmente não exigiram nenhum tipo de sequência de reconhecimento para serem localizadas. Dessa forma, verificou-se a variabilidade no reconhecimento de cada tipo de falha. Assim, falhas que são 100 %

reconhecidas num curto espaço de tempo, foram consideradas como de "fácil" identificação. Nessa categoria se enquadraram as falhas que são reconhecidas em menos de 4 segundos.

A Tabela 15, abaixo mostra uma média geral do acompanhamento de 18 diferentes telas, com os diferentes tipos de falhas, obtidas com 11 operadores.



#### Legenda

P = pedra; S = sujeira; B = bolha; R = riscos; E = estiramento; EP = estiramento com pedra;  
FP = falhas periféricas

Ex. P1 = simulação de incrustações de sílica representadas com tamanho de imagem igual a 1 pixel.

Tabela 15. Rendimento e tempo de reconhecimento de falhas na simulação.

Os diferentes tipos de falhas foram também apresentados em diferentes tamanhos. De um modo geral, os de menor tamanho apresentaram um maior grau de dificuldade de reconhecimento. Mas, verificou-se também, que alguns tipos específicos de falhas são de difícil identificação, independentemente do tamanho representado, menor ou maior.

#### • Resultados obtidos pela segmentação da tela

Através da segmentação da tela em regiões menores, pode-se identificar as regiões que sofreram maior e menor privilégio no escaneamento visual durante o período de inspeção. As falhas foram homoganeamente distribuídas nos 20 segmentos apresentados na tela. A média obtida dos acertos foram discriminados por diferentes tons, do

branco para 100 % ao preto para 50% , conforme podemos visualizar na figura 69.

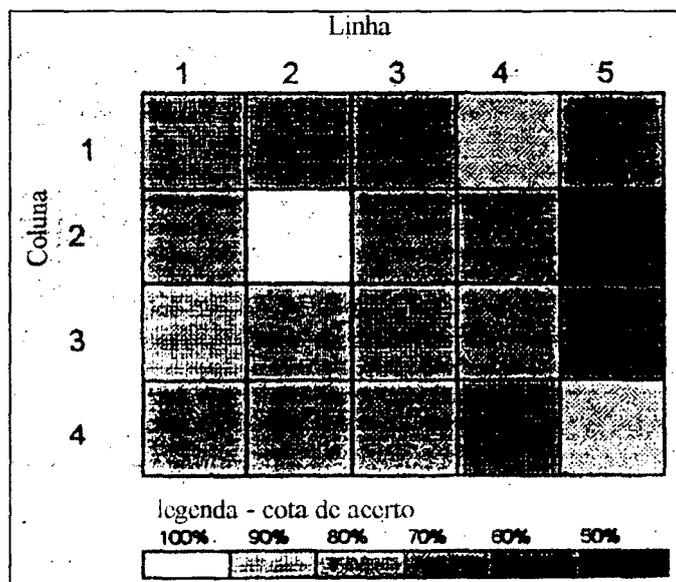


Figura 69. Localização das regiões de maior reconhecimento de falhas.

#### • Rendimentos individuais

Os rendimentos individuais de 11 participantes podem ser observados na tabela 16, abaixo, na qual podemos verificar a porcentagem total de acertos e do tempo médio gasto no reconhecimento de falhas (inspeção bem sucedida). Os resultados nos mostram uma diferença de 20% entre os melhores e piores rendimentos.

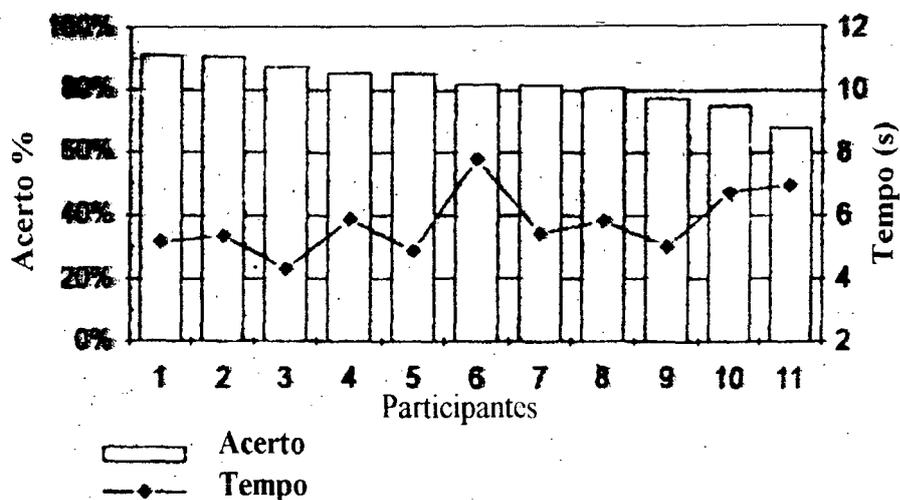


Tabela 16 - Reconhecimento de falhas, tempo médio de acertos de cada indivíduo.

Consideramos rendimentos abaixo de 80% como rendimentos não aceitáveis dentro das exigências da tarefas de inspeção, verificamos que apenas três indivíduos obtiveram rendimentos inferiores a 80%. Em valores acima de 90% considerado um bom rendimento, encontram-se dois indivíduos.

O exemplo da figura 70, apresenta o rendimento visual de 3 indivíduos, (A, B e C), em função da localização das falhas. As falhas foram distribuídas nos vinte segmentos de área da tela, tendo sido alocadas 4 falhas em cada um dos segmentos. Os indivíduos desenvolveram a mesma tarefa prescrita. A figura 70, abaixo, classifica por cor a porcentagem de erros obtidos.

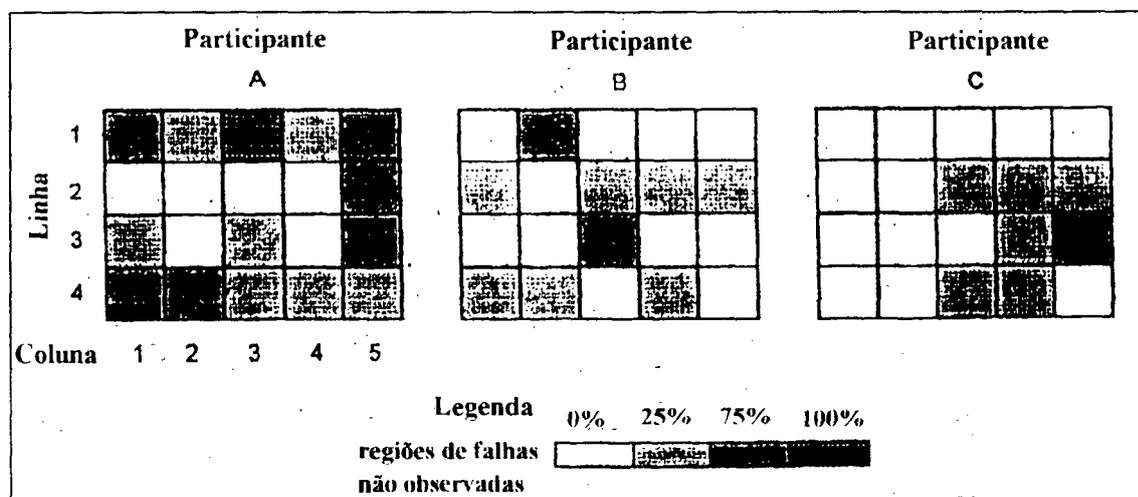


Figura 70. Porcentagem de erros obtidos pelos indivíduos A, B e C.

No gráfico pertencente ao indivíduo A, que apresenta um resultado de menor rendimento visual, podemos verificar que a região das bordas concentra um maior número de erros que a região central. O exemplo do indivíduo B, mostra que os erros por ele não observados encontram-se relativamente de forma simétrica sobre a segmentação da tela. O terceiro indivíduo C, apresenta um bom resultado na tarefa de inspeção e mostra um interessante resultado. As falhas que ele não conseguiu reconhecer concentram-se do lado inferior direito da tela. Podemos supor que o

indivíduo neste caso usou uma sistemática, mas existe uma falha de varredura nesta região, que pode estar associada ao tamanho ou à quantidade de fixações do movimento dos olhos.

- **Mapeamento do movimento dos olhos durante a execução da tarefa**

Pela disponibilidade do laboratório do Institut für Psychologie, RWTH-Aachen, com equipamentos que possibilitaram a obtenção do escaneamento visual dos inspetores durante a realização das tarefas simuladas pode-se acompanhar, com mais detalhes, o comportamento de visual da tarefa de inspeção. Verificou-se, que todos os indivíduos desenvolvem uma determinada sistemática na observação do produto na procura de falhas. E, de certa forma eles sempre tendem a seguir a mesma sistemática, quer correta, quer incorreta. Pode-se observar também, que inspetores eficientes, de certa forma, apresentam sistemáticas muito semelhantes. Dentre elas, a que mais se destacou é a de modo linear, seguindo o mesmo movimento usado pelos indivíduos durante a leitura de textos, linha a linha, conforme exemplificado na figura 71.

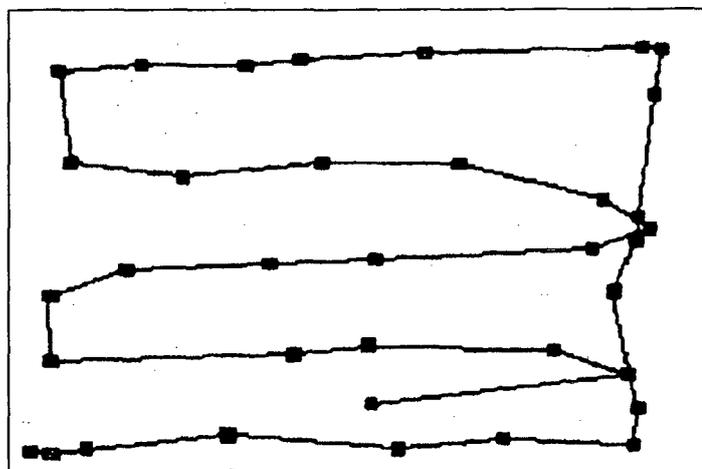


Figura 71 - Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada

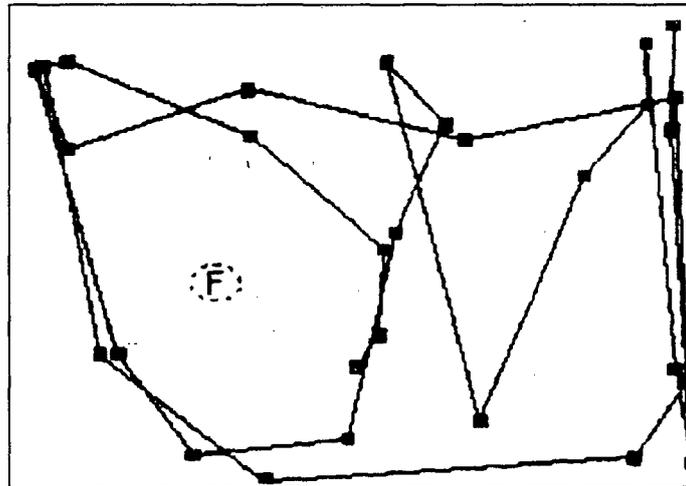


Figura 72 - Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada.

As figuras de número 72 e 73, mostram claramente alguns erros de visualização cometidos pelos inspetores, que foram responsáveis pela não detecção de falhas durante a simulação da tarefa. Na figura 72, pode-se verificar que uma forma não sistemática, produz muitos desvios, não proporcionando uma leitura completa, contribuindo para um consumo de um tempo maior de inspeção. No exemplo da figura 73, houve o esgotamento do tempo, 18 segundos, antes do encontro da falha no produto, que pode ter como causa o cansaço do operador.

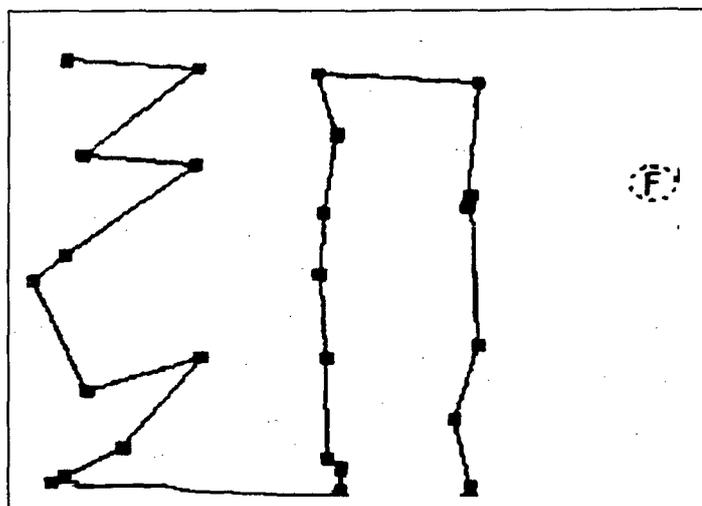


Figura 73 - Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada.

Na figura 74 pode-se observar um grande salto dado sobre a região da falha, entre os pontos 20 e 21, deixando-a desta forma, fora da região de alcance do campo visual do operador.

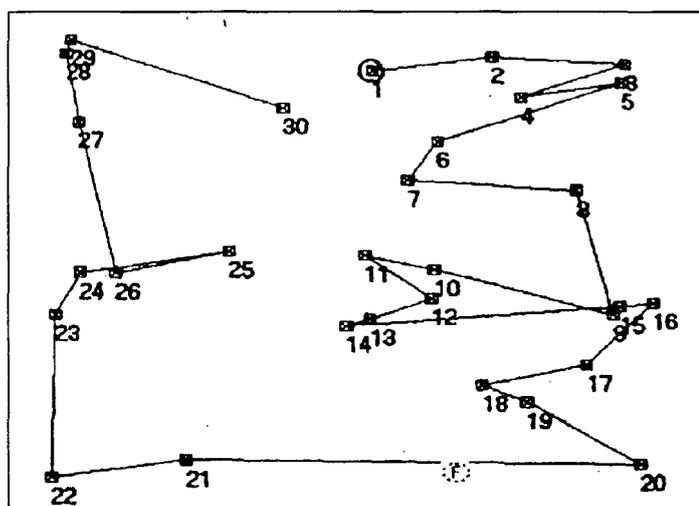
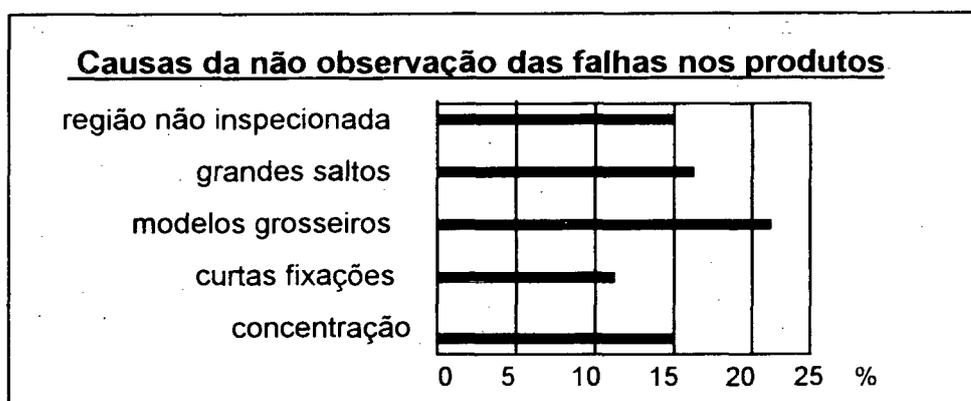


Figura 74 - Escaneamento visual durante a realização da tarefa simulada.

Na análise do movimento dos olhos durante a simulação das tarefas puderam ser levantadas e quantificadas as seguintes causas da não percepção das falhas nos produtos, conforme mostrado na tabela 17.

Tabela 17. Principais causas responsáveis pela redução da performance na inspeção simulada.



A grande maioria dos erros cometidos pelos inspetores, em torno de 15% deve-se ao fato de as falhas localizarem-se em regiões não privilegiadas durante a inspeção. Os grandes saltos dados pelos movimentos dos olhos foram responsáveis por cerca de 18% dos erros, ou seja, a grande distância entre os pontos fixados pelo olho encobre as regiões falhas do produto.

A utilização de modelos grosseiros de observação, isto é, modelos sem ritmo, de forma desorganizada, de busca aleatória, é responsável por 22 % dos erros dos indivíduos; esses modelos normalmente produzem poucos acertos.

As curtas fixações desenvolvidas pelos indivíduos em determinados pontos, com uma grande proximidade os mesmos pontos de fixação, privilegiam algumas áreas e reduzem o tempo de inspeção gasto para as demais áreas, não permitindo em alguns casos que o indivíduo completasse o escaneamento total da tela, o que contribuiu em 12 % para o não reconhecimento das falhas.

O cansaço pela execução da tarefa em frente ao terminal de vídeo proveniente do brilho e luminosidade da tela e o tempo de duração da tarefa, em torno de uma hora, contribuem para a redução da concentração dos inspetores durante a realização das tarefas, e em 15% para o aumento dos erros dos indivíduos.

## **5.7 Treinamento como instrumento de aquisição do conhecimento tácito**

### **5.7.1 Desenvolvimento do programa**

#### **Fase 3 - Experimentação laboratorial do treinamento**

Após a definição das metas, o programa de treinamento é testado de modo experimental para a averiguação de sua eficiência. Os resultados são

comparados ao desempenho de indivíduos novatos, em duas fases, primeiramente sem orientação e posteriormente com treinamento oculomotor.

### **Treinamento em campo**

O programa de treinamento é colocado em prática, tendo participado desta etapa, 78 inspetores da Philips Glasfabrik-Aachen, em suas próprias instalações, os quais executaram as duas etapas do programa de treinamento.

### **Inspeção livre**

Na primeira etapa, foram registrados os dados provenientes da inspeção livre: os inspetores executam a tarefa prescrita pelo programa no terminal de vídeo. As falhas representadas no programa procuram apresentar um maior grau de fidelidade formal e de dificuldade da tarefa real do posto de inspeção.

Na opinião geral dos inspetores, estes consideraram que a representação das pedras e bolhas no programa se assemelhava em muito com as da tarefa real, havendo também um consenso de que as falhas simuladas representando as "tensões", possuíam um menor grau de semelhança com o seu original na tarefa real. Isso se deve ao fato de que "tensões" originais, se assemelham na maioria das vezes, a um pequeno ponto brilhante e, infelizmente, essas condições não foram possíveis de serem representadas num monitor de vídeo.

No resultado global da inspeção livre na simulação, das 50 telas com defeitos, foram identificadas em média 35 telas, isto é, uma média de 64,6% de reconhecimento. As telas sem defeito foram praticamente identificadas por todos os operadores.

Observou-se que os melhores resultados de identificação das falhas simuladas são provenientes de operadores com mais de um ano de experiência na tarefa de inspeção. Com isso concluímos que a tarefa de inspeção constitui um trabalho difícil, cujo sucesso depende de uma longa prática.

Após o término dos exercícios de reconhecimento de inspeção livre simulada, os inspetores foram questionados sobre o tipo de estratégia utilizada para a execução da tarefa prescrita. A maioria dos inspetores responderam que procuram desenvolver as mesmas estratégias utilizadas no posto de inspeção, mas as diferenças do meio em que se apresentou a tarefa simulada foram os responsáveis pelos insucessos, sendo ressaltada principalmente a falta das faixas de luz existentes na mesa e o formato do monitor, diferente do produto inspecionado.

### **Etapa de esclarecimento do funcionamento do movimento do olhos durante a realização da tarefa de inspeção**

Nesta etapa foram oferecidos aos operadores, individualmente, esclarecimentos a respeito do funcionamento do movimento dos olhos durante a execução da atividade de inspeção, ou seja: demonstração do comportamento do movimento dos olhos, em pequenos saltos e de maneira desuniforme, conforme a figura 75.

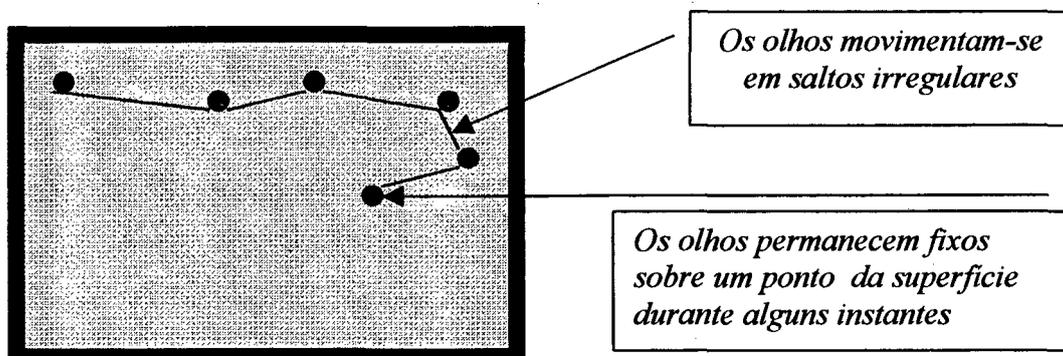


Figura 75. Representação do movimento dos olhos no programa de treinamento da tarefa de inspeção.

Também, ressaltou-se o fato de que somente conseguimos ver claramente um alvo, nos pontos de fixação, ou seja, quando o olho está parado. Quando os olhos se movimentam, temos uma visão desfocada, por

isso possíveis falhas existentes sob a região de movimento apresentam menor probabilidade de serem identificadas.

A visão binocular forma um cone de visão ótima em torno de  $30^\circ$ , permitindo assim, que se possa enxergar as regiões próximas do ponto fixado, conforme os aspectos físicos da visão, descritos no capítulo 2.3.2.3. No ponto onde o olho fixa a imagem, tem-se a imagem nítida, quanto mais afastado um alvo estiver desse ponto, pior será a sua nitidez. Procurou-se demonstrar este conhecimento de forma gráfica, por meio de um pequeno exercício no computador, apresentando distâncias diferentes de reconhecimento de pequenas ou grandes falhas, a partir do ponto fixado pelo olho, conforme ilustra a figura 76 .

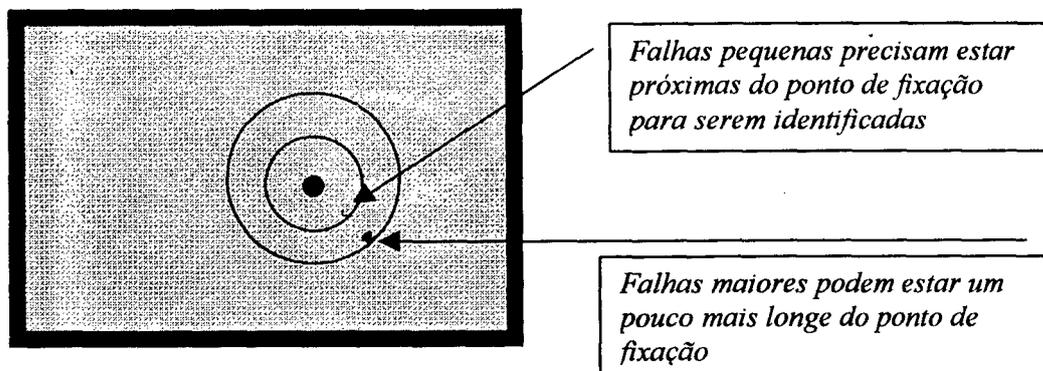


Figura 76. Quadro ilustrativo das distâncias relativas de identificação de diferentes tamanhos de falhas.

Foi proposto um exercício, demonstrando a situação acima descrita, definindo os pontos de fixação dos olhos sobre a tela simulada, como ilustra a figura 77.

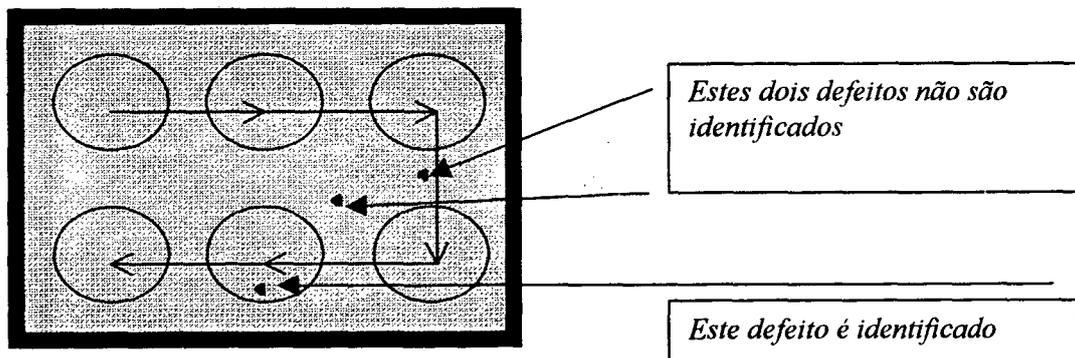


Figura 77. Demonstração de fixação dos olhos sem a identificação dos defeitos.

Sugeriu-se como estratégia para a identificação de todos os tamanhos de falhas, um espaçamento homogêneo entre os pontos de fixação dos movimentos dos olhos, resultando numa cobertura completa da tela, conforme apresentamos na figura 78 .

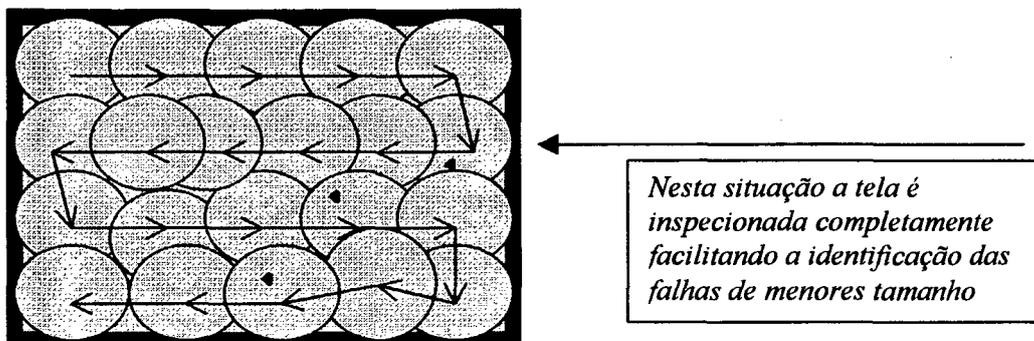


Figura 78. Divisão dos pontos de fixação do movimento dos olhos garantindo uma completa varredura da superfície de inspeção.

### **Inspeção orientada**

Após a orientação do funcionamento dos movimentos dos olhos e da apresentação da divisão dos pontos de fixação do movimento dos olhos, garantindo uma completa varredura da superfície de inspeção, os inspetores desenvolvem então, a segunda etapa da tarefa de inspeção simulada. Nessa etapa é sugerida uma inspeção com a condução dos pontos de fixação dos movimentos dos olhos de forma a cobrir toda a superfície a ser inspecionada. Essa estratégia é proveniente do estudo das estratégias adotadas pelos inspetores, através dos dados obtidos do escaneamento do movimento dos olhos, adotando-se o início do movimento á esquerda, no canto superior, de forma linear, percorrendo toda a linha até o final, passando-se para a linha seguinte executando um movimento em sentido contrário ao da linha anterior, e assim sucessivamente. No exercício de treinamento é apresentada uma tela segmentada, cujos retângulos internos cobrem toda a região do campo visual do ponto de fixação do movimento dos olhos, considerando uma distância ideal de trabalho de 50 cm, da tela aos olhos do operador.

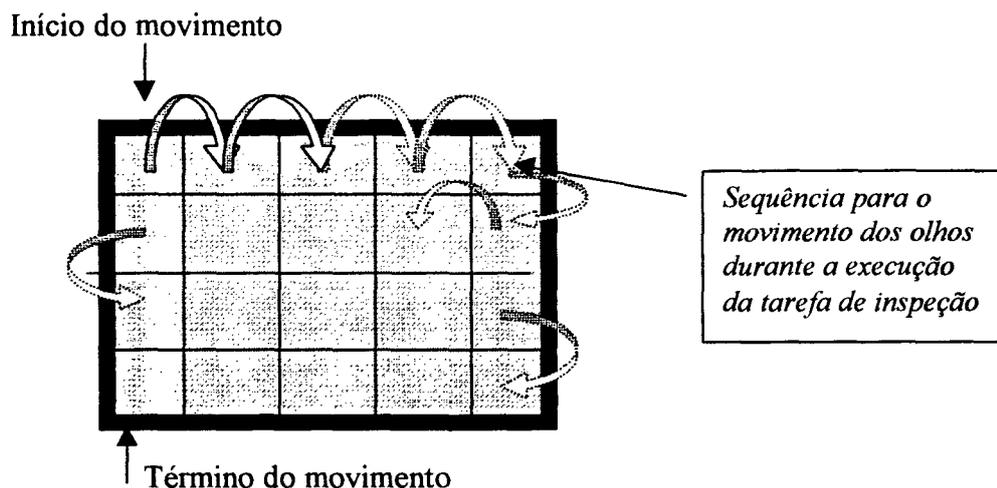
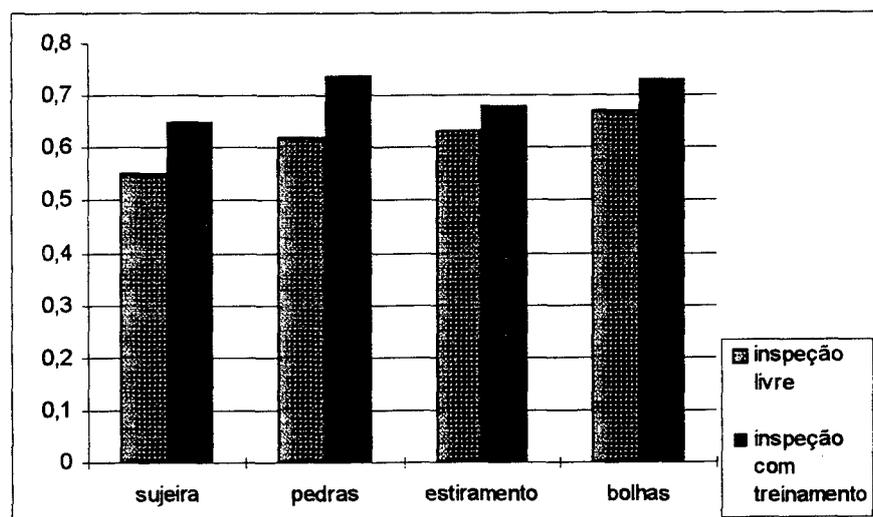


Figura 79. Representação da tela no treinamento oculomotor da tarefa de inspeção.

No exercício de treinamento oculomotor, foi feito para fins didáticos um gradeamento da tela (numa malha de 5 colunas por 4 linhas), sendo adicionado inicialmente um movimento seqüencial no contorno do retângulo, de forma a induzir o tempo de fixação, distribuindo os 18 segundos (tempo de inspeção da tarefa real) entre os 20 retângulos, promovendo também, um treinamento da seqüência dos pontos de fixação do movimentos dos olhos. Os resultados obtidos do índice de reconhecimento da tarefa, foram comparados: todos os inspetores apresentarem melhoras significativas de desempenho na identificação dos defeitos utilizando o treinamento oculomotor para a execução da atividade.

### Rendimento do reconhecimento de falhas no produto

Tabela 18. Performance na inspeção livre e na inspeção com treinamento.



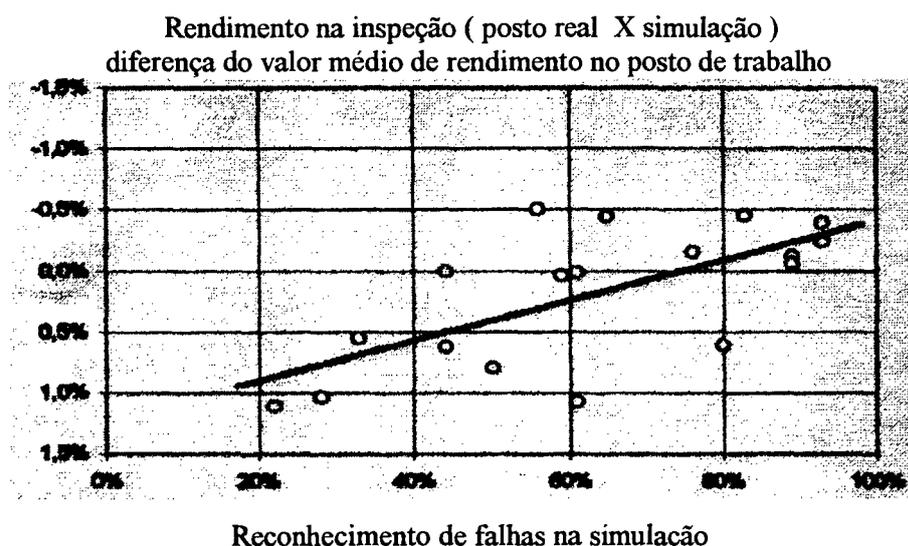
- **Performance no treinamento**

Os dados foram analisados considerando-se os diversos tipos de falhas existentes no produto, os quais podem apresentar distintos graus de visibilidade em função de suas características. Foram considerados na análise os seguintes tipos de falhas: sujeiras, pedras, estiramento e bolhas, conforme tabela 18.

Os resultados obtidos nas tarefas simuladas, após o treinamento, procurou contemplar as melhores estratégias oculomotoras, sendo considerados satisfatórios para os tipos de falhas selecionadas e para o meio em que estava sendo realizada a simulação da tarefa.

### Validação da hipótese

Tabela 19 - Rendimento de trabalho no posto real X simulação



Para verificação da validade dos dados, comparam-se os rendimentos obtidos dos inspetores no seu local de trabalho ao do rendimento obtido na simulação, considerando-se a porcentagem de defeitos identificados e retornos de peças após a inspeção. O coeficiente de correlação encontrado foi de 0,62 para 1% do significativo estatístico.

### 5.7.2 Avaliação dos laços de regulação da competência no treinamento

A base de construção do programa de treinamento foi fundamentada nos laços de regulação espontâneos dos inspetores, conforme a representação esquemática da figura 80.

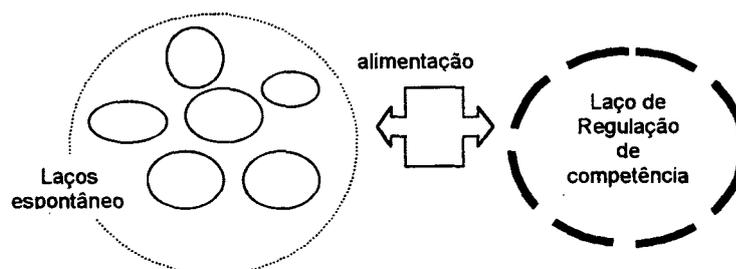


Figura 80. Elementos iniciais para o estudo das competências nas tarefas de inspeção

As realimentações necessárias foram freqüentes e inúmeras, à medida que se aprofundavam os estudos da pesquisa. A realimentação foi desenvolvida por um grupo de três doutorandos, dois da área de Psicologia da RWTH-Aachen e um da área de Engenharia de produção da UFSC, todos sob a orientação do prof. Dr. Dieter Heller. Mantendo uma interação estreita e diálogo permanente, voltados a um objetivo comum: a busca da regulação da competência da tarefa de inspeção, cada um dos analistas perseguiu seus próprios objetivos específicos. No caso do presente estudo, para a compreensão dos principais aspectos envolvidos na regulação da competência das tarefas de inspeção, realizaram-se as realimentações pela estrutura física proporcionada pelo laboratório do Institut für Psychologie da RWTH-Aachen.

Os resultados apresentados, através de um programa de treinamento simulado, só foram possíveis pelo constante estudo dos desvios dos laços de realimentação dos operadores. Muitos aspectos introdutórios do estudo deixaram de ser documentados, pela falta inicial de um acompanhamento metodológico adequado, o que foi, sem dúvida, o ponto que procuramos abordar de forma a dar uma contribuição enfocando os aspectos metodológicos e ergonômicos na análise da atividade de estudo.

## **Os elementos de desvios na regulação da competência na tarefa simulada**

Os desvios na regulação da competência na tarefa simulada foram identificados principalmente pelos resultados apresentados na tarefa simulada e pelos depoimentos dos inspetores em entrevistas pessoais.

Os dados apresentados na tarefa de reconhecimento de falhas simuladas com treinamento oculomotor mostraram claramente que os operadores conseguiram melhorar sua "performance" visual em relação à tarefa simulada com inspeção livre. A média de acréscimo de reconhecimento com treinamento oculomotor foi de 5 falhas. Alguns inspetores, que na inspeção livre haviam identificado poucas falhas, obtiveram uma grande melhora dos seus resultados, chegando a índice individual de 50% no acréscimo de reconhecimento. Apenas um, dos 78 participantes do treinamento, considerou o auxílio da grade como um fator de perturbação e de desatenção na execução da tarefa e o tempo para a execução da tarefa muito pequeno, menor do que o da tarefa real. Para os demais inspetores, o gradeamento facilitou a tarefa de inspeção, tornando-se muito mais agradável o desenvolvimento da atividade, possibilitando uma melhor concentração na tarefa.

Na opinião dos demais participantes das atividades simuladas, os diversos defeitos simulados: "bolhas, sujeiras e pedras" puderam ser melhor identificados na inspeção orientada do que na inspeção livre, apenas as denominadas "estiramento" ou "tensões" foram consideradas como difíceis de serem reconhecidas tanto na inspeção livre quanto na orientada.

As pedras apresentaram os maiores aumentos de reconhecimento, de 62% na inspeção livre para 74% na inspeção orientada. Em segundo lugar, as bolhas com índice de 68% de reconhecimento na inspeção livre e 73% na inspeção orientada.

Nos diálogos com os inspetores, três deles sugeriram que o programa de simulação da tarefa de inspeção orientada deveria ser aplicado para os inspetores iniciantes, pois poderia contribuir no aprendizado da tarefa.

Os inspetores sugeriram um redimensionamento no tamanho do gradeamento da tela, de forma que os retângulos fossem ampliados, a fim de que o movimento dos olhos tivesse um maior grau de liberdade de movimentação. Também foi sugerida uma ampliação de tipos de falhas, de forma a se ter uma maior variedade na tarefa.

## 5.8. Conclusões

Quando nos propusemos a desenvolver um estudo ergonômico de tarefas visuais buscando uma avaliação dos aspectos perceptivos, pareceu-nos um grande desafio, por se tratar de um tema pouco comum dentro da engenharia industrial. Mas, através da aplicação da presente metodologia pudemos aferir as hipóteses levantadas no início deste estudo.

Com a sua aplicação de certa forma desmistificamos o conceito de determinadas práticas de análise, usadas em áreas como a psicologia, conferindo-lhes também a sua aplicação no setor industrial no auxílio a melhoria de qualidade de uma dada tarefa. Ampliando desta forma os horizontes para as abordagens ergonômicas e sua efetiva aplicação nas mais diversas atividades.

A presente aplicação também nos elucidou vários aspectos intrínsecos do conhecimento tácito e da natureza da tarefa de inspeção visual, o que de certa forma engrandece o mapeamento desta atividade em termos de definição de cargas cognitivas necessárias ao seu desempenho. Concluímos com a presente metodologia, que é fundamental para a exteriorização de competências nas tarefas visuais um treinamento sistematizado e orientado para suas metas. A presente aplicação nos mostrou o quanto é desejável e eficaz um treinamento continuado, onde instrutores, aprendizes e operadores experientes, trocam continuamente informações, mantendo em constante renovação os laços regulatórios da atividade.

## **CAPÍTULO 6**

### **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

#### **6.1 Desenvolvimento do estudo**

O método de pesquisa apresentado fundamentou o estudo da competência nas tarefas de inspeção a partir de dois pontos distintos: o primeiro constituído da coleta de dados e análise dos resultados e o segundo, a aplicação do treinamento das atividades oculomotoras. No primeiro momento, investigaram-se os principais fatores determinantes do rendimento visual, fornecendo subsídios à busca dos fatores que contribuem para a formulação da competência visual nas tarefas de inspeção. Para este estudo foi fundamental, sobretudo, para a sua operacionalização, o suporte laboratorial propiciado pelo Institut für Psychologie da RWTH-Aachen, equipado com câmeras de gravação dos movimentos dos olhos, softwares apropriados e outros equipamentos necessários.

As pesquisas desenvolvidas no Institut für Psychologie da RWTH-Aachen, forneceram as diretrizes básicas sugeridas no estudo da competência visual. No âmbito da Ergonomia, as metodologias existentes são generalistas, não privilegiando casos particulares. Na nossa proposta, procuramos demonstrar, que este conceito metodológico pode não se aplicar em alguns casos. É o caso das tarefas de inspeção, que apresentam um grau de

complexidade elevado, como se procurou demonstrar neste estudo, devendo, portanto, serem tratadas de forma diferenciada.

A grande similaridade do produto com o meio em que foram realizados os experimentos, produto x meio, facilitou o estudo dos laços de regulação. O grau de semelhança quanto ao tipo de superfície inspecionada (superfície em vidro reflexiva), apenas com diferenças no tipo de formação da imagem do alvo, pixel versus objeto real foi, sem dúvida, um elemento importante na identificação dos desvios individuais de realimentação. Esse fato nos forneceu uma contribuição extraordinária na identificação dos desvios, além disso, esta experiência, pelos resultados apresentados neste trabalho, nos leva a considerar o treinamento oculomotor uma ferramenta adequada para o incremento da competência visual, podendo a sua aplicação se estender a outros produtos ou estações de trabalho.

Para checar o efetivo aumento nas habilidades visuais recomendamos que sejam elaboradas aferições estatísticas a cada etapa, mesmo nas experimentais, correlacionando-se os dados de rendimento obtidos na avaliação da inspeção com treinamento a uma nova coleta de dados do rendimento no posto real de trabalho.

## **6.2 Avaliações do estudo**

### **Validação das hipóteses de trabalho**

No desenvolvimento do estudo das tarefas de inspeção visual, pudemos validar as hipóteses formuladas e apresentadas no capítulo 1. As regulações espontâneas, referentes ao grau de acuidade visual e o rendimento na realização da tarefa foi o ponto de partida, para o estudo das regulações espontâneas, que culminou com o desenvolvimento do "sehtest". O grau de acuidade, estabelecido pelo Titmus Test, consideramos apenas como um

referencial fisiológico de resposta, produzido num determinado meio físico de apresentação de imagens, "slide". Quando se muda o meio de apresentação da imagem, tem-se uma nova situação, surgindo novas regulações espontâneas, que diferem de indivíduo para indivíduo. Nos referimos, na descrição da primeira hipótese, à relativa independência da acuidade visual, conforme o meio pelo qual são apresentados os sinais a serem identificados. Verificamos, também, que as diferentes estratégias visuais, produzem distintos rendimentos de identificação dos sinais.

O que inicialmente denominamos de regras conscientes e inconscientes aplicadas na formação da competência visual, descritas na formulação da segunda hipótese, podem ser melhor compreendidas pelos estudos de TAKEUCHI NONAKA (1997), SVEIBY (1998), SAMURÇAY E ROGALSKI (1998). As regras denominadas conscientes podem ser consideradas como partes do conhecimento explícito, do qual temos de fato consciência, pois a construímos. E as regras denominadas inconscientes, como parte do conhecimento tácito, de cuja existência não temos consciência imediata. Os autores citados, procuraram justamente demonstrar a possibilidade de se externalizar estes conhecimentos ou regras conscientes e inconscientes por meios didáticos a fim de promover os mecanismos reguladores de competência das atividades. A formulação desta hipótese, inicialmente um tanto polêmica, principalmente no que diz respeito aos aspectos de transporte das regras inconscientes para os instrumentos didáticos, foi elucidada no referencial teórico da aquisição de conhecimentos e de competência, tornando-se cristalina na análise dos resultados obtidos nas atividades de treinamento, comprovando também, desta forma, a terceira hipótese apresentada.

### **O estudo de um sistema não-linear**

O primeiro aspecto de impacto do ponto de vista do analista, no estudo das tarefas de inspeção visual, é a complexidade da situação. A nebulosidade permeia as ações a serem tomadas, enxergam-se apenas pontos isolados, os

pontos de ligação não são visíveis. Coletam-se dados, mas estes inicialmente, parecem não apresentar significado. Os resultados gerais e as médias aritméticas, em algumas situações, não eram representativas, mas em contrapartida, os dados individuais nos mostravam as particularidades das regulações espontâneas e individuais. A construção deste estudo na tarefa de inspeção visual somente foi possível pelo entendimento das partes. O principal elemento de decomposição foram os próprios inspetores, sendo cada um deles considerado um elemento de estudo à parte, o qual produzia as suas próprias regulações. E à medida que os estudos avançaram, foram se formando os diversos nós da rede, clarificando os pontos de análise.

Conhecendo-se as regulações e os desvios utilizados na execução da tarefa, procurou-se manter em equilíbrio o laço de realimentação, com base no desempenho efetivo para a competência da tarefa.

Um dos principais aspectos da metodologia aplicada, que a diferencia de outras metodologias de atividades visuais, é a grande consideração pelos aspectos da singularidade do indivíduo, conhecendo antes de tudo os seus potenciais. Não existindo, portanto, uma receita para as estratégias a serem adotadas, devendo estas emergirem da própria situação.

### **Operacionalização do treinamento**

O treinamento simulado, compreendeu várias etapas preliminares denominadas pré-treinamento. Estas etapas iniciais foram determinantes para o sucesso do programa, compreendendo os seguintes tipos: instrução de funcionamento do computador, do método utilizado para a inspeção e dos equipamentos. Abrangeu também a inserção dos indivíduos na nova situação, no novo meio.

Nas etapas de pré-treinamento, foram ainda desenvolvidos pré-testes com coleta de informações das habilidades perceptivas e cognitivas dos operadores, permitindo a realização dos ajustes necessários ao programa final.

### **Aquisição da competência pela simulação da tarefa de inspeção**

Pelos fundamentos apresentados por NONAKA e TAKEUCHI (1997) podemos representar a espiral do conhecimento da tarefa de inspeção como uma interação contínua entre o conhecimento tácito e o explícito. A tarefa simulada pôde fornecer uma aceleração do movimento dinâmico da espiral, facilitando o exercício da atividade, contribuindo para a criação do conhecimento tácito e auxiliando o processo de conversão do conhecimento tácito em explícito, do inconsciente para o consciente.

As cinco condições facilitadoras apresentadas por NONAKA e TAKEUCHI (1997) puderam ser evidenciadas na simulação, permitindo a descrição dos aspectos relativos ao direcionamento das intenções do operador para atingir as metas de desenvolvimento das tarefas, com o seu envolvimento progressivo com o meio simulado. O envolvimento foi propiciado sobretudo pelo grau de novidade da tarefa simulada, com a aquisição de conhecimento dos aspectos do movimento dos olhos durante a realização da tarefa. Fato que levou, também, a promover a segunda condição facilitadora: a motivação do indivíduo em desenvolver a tarefa simulada, permitindo a ele o conhecimento imediato do resultado da tela inspecionada, uma vez que, a cada apresentação de uma tela simulada para a inspeção, após sua identificação, foi fornecido o resultado da inspeção, se o defeito foi devidamente identificado ou não, ou se a tela era isenta de defeito.

A tarefa simulada mesmo para os inspetores "experts" foi uma experiência nova, estimulando também as interações entre os demais colegas, categorizando-se assim, a terceira condição facilitadora proposta por NONAKA e TAKEUCHI (1997). A interação contribui principalmente para o levantamento

dos aspectos críticos da percepção durante a tarefa, pois os indivíduos sentiam a necessidade de falar sobre a experiência no meio simulado, recordando muitas vezes, experiências anteriores ocorridas no posto real de trabalho. As interações contribuíram para a formação de juízo de valores no desenvolvimento da tarefa e auxiliaram, também, o compartilhamento espontâneo entre os diversos grupos de inspetores: a quarta condição facilitadora da conversão do conhecimento. A tarefa simulada provocou uma interrupção no estado habitual de pensar e enxergar a tarefa de inspeção, criando novos conceitos na realização da tarefa, gerando a quinta condição facilitadora da aquisição do conhecimento.

As condições facilitadoras de aquisição da competência apresentadas no treinamento funcionaram como elementos de extrema importância para o sucesso do método de transferência da competência; uma vez que o método de conhecimento pela tradição, o indivíduo aprende fazendo, como demonstrado na revisão literária, e é o mais produtivo de aquisição de conhecimento. Consideramos o método utilizado eficaz, também, pela grande participação dos indivíduos tanto no processo de regulação quanto na construção da espiral de conhecimento. A simulação da tarefa permitiu a inserção de dois elementos importantíssimos na aquisição da informação, a redundância e a ambigüidade na apresentação dos defeitos durante a realização da tarefa, o que não é possível na aprendizagem da tarefa na situação real.

A situação simulada permitiu desenvolver algumas dimensões da competência no nível das sensibilidades perceptivas e motoras, refletindo-se na intensidade das ações, na evolução dos parâmetros perceptivos e na redução do tempo de inspeção.

Pelo auxílio da tarefa simulada, os indivíduos podem desenvolver um conhecimento mais profundo, envolvendo os processos e as relações que determinam as competências. Pela formulação antecipada de um diagnóstico e

das ações a serem tomadas na tarefa, explicitando as habilidades necessárias para a competência na tarefa de inspeção.

O controle da variabilidade dos sinais na tarefa simulada de inspeção, como nos ensina GRAMOPADHY (1997), permite a construção de esquemas mentais. Assim, a partir do conhecimento dos resultados das ações de inspeção, possibilita ao indivíduo a construção de novos esquemas mentais diante de novas situações. Utilizou-se a alimentação progressiva das informações, na medida em que estas eram absorvidas pelos indivíduos, de forma a facilitar a construção de modelos mentais, a serem aplicados na fase seguinte. A alimentação progressiva das informações permite também um espaço para a inserção de questionamentos e a verbalização dos esquemas adotados.

Podemos definir como mediadores na situação simulada, que contribuíram para os resultados obtidos, a transposição dos elementos da tarefa real, a atividade desenvolvida pelos operadores e a análise das regulações efetuadas no desenvolvimento da atividade. E, na construção do programa de treinamento, podemos definir a decomposição da tarefa em módulos, como um elemento decisivo para o bom desempenho dos operadores na tarefa simulada. Esse fato contribui para orientar as competências, a fim de atingir os objetivos maiores, baseados principalmente na análise da competência dos indivíduos experientes, por meio do estudo das estratégias bem sucedidas, e no estudo da natureza das habilidades perceptivas decorrentes da tarefa de inspeção.

### **6.3 Conclusões**

A apresentação do caso de simulação permitiu-nos avaliar algumas questões envolvidas nas tarefas visuais, como a correta localização das regiões não inspecionadas, difíceis de serem obtidas numa avaliação da tarefa

genérica, a não ser com a utilização de câmeras de captação dos movimentos dos olhos.

A simulação da tarefa visual forneceu também, dados importantes sobre o comportamento de inspeção na presente situação; mesmo dentro das suas limitações do meio, possibilitou a formulação de recomendações individuais aos operadores, sendo então fornecidas orientações específicas para os problemas singulares.

Acreditamos que esta metodologia poderá ser aplicada no treinamento de operadores novatos, ou mesmo nos casos de alterações na linha de produção, com a introdução de novos produtos. Sua aplicação, contribui para que se possa reduzir o tempo de aquisição das habilidades naturais, implementando uma familiarização da tarefa, através do conhecimento antecipado de uma maior quantidade de sinais que devem ser identificados na tarefa, minimizando-se os erros de inspeção.

Confiantes de que os mecanismos didáticos da transposição da tarefa possam contribuir para a formulação de conceitos de inspeção, de forma que o operador possa utilizá-los na produção de novos conceitos, em novas situações. Este desencadeamento de novos conceitos da percepção de defeitos, fundamenta-se no próprio conceito de rede em sistemas complexos, propostos por Morin, no qual uma rede pode se reproduzir continuamente.

Propiciar ao indivíduo um aumento de sua competência visual implicou na redução de erros durante a execução de suas tarefas, e envolveu variáveis complexas de várias ordens: psicológicas, cognitivas e físicas do operador, além das referentes ao ambiente e à organização do trabalho, ou mesmo o grau de satisfação, motivação e remuneração obtido pelo indivíduo pelo seu trabalho. Assim, também, nos deparamos com as variáveis intra-individuais que afetam o indivíduo, alterando o seu comportamento, verificamos que estes aspectos refletem-se tanto na percepção do defeito quanto no processo decisório na escolha das estratégias oculomotoras.

Concluimos, neste estudo, que o comportamento construído na execução da tarefa de inspeção varia de acordo com a tarefa a ser realizada, com o meio no qual ela se realiza, e sem dúvida nenhuma, de indivíduo para indivíduo.

As observações apresentadas por OMBREDANE E FAVERGE, sobre a variabilidade e diversidade da situação, discutidas no capítulo 3, normalmente negligenciadas na análise da tarefa de inspeção, foram consideradas na elaboração do programa de treinamento.

Os elementos de indeterminação na tarefa de inspeção mostraram claramente a diferença entre o trabalho prescrito (determinado) e o trabalho real (efetivamente desenvolvido), que puderam ser claramente evidenciadas neste estudo.

Para WISNER (1995), as diferenças entre o trabalho prescrito e o trabalho real, surgem pelas dificuldades encontradas na situação, pela percepção do operador, pelas estratégias adotadas para satisfazer às demandas do trabalho em particular, aos riscos e perigos da situação.

Concluimos pelos resultados obtidos que o indivíduo adquire a competência na sua atividade, quando consegue interpretar os elementos da tarefa prescrita, de acordo com os seus próprios desvios, regulando-os adequadamente nos laços de realimentação durante a realização da tarefa, tornando-se de certa forma explícita a regulação efetuada.

#### **6.4. Sugestões para trabalhos futuros**

O nosso envolvimento com o presente assunto desencadeou uma série de investigações mas, para atender os objetivos estabelecidos deste estudo, direcionamos os rumos destas investigações centrando nos apenas nos

aspectos pertinentes as pesquisas visuais e suas devidas aplicações industriais.

Dentre os aspectos que consideramos de grande relevância, e que não se restringem as aplicações industriais estão aqueles relativos aos aspectos das variáveis envolvidas no processo de percepção e os diversos meios nos quais o sinal é apresentado. Estes aspectos foram inicialmente por nós abordados, tendo sido desenvolvidos alguns experimentos laboratoriais, os quais nos orientaram na formulação do programa de simulação. Estes estudos iniciais nos permitiram compreender que a complexidade das variáveis no processo de percepção somadas as variabilidades do meio e do contexto em que são aplicados permitem um extenso e amplo campo para futuras investigações.

Assim, consideramos que a crescente utilização dos recursos tecnológicos de transmissão de imagens cria novas formas de recebimento de informações, criando-se desta forma, meios que precisam ser investigados, pesquisados e analisados sob a grau de eficiência ou, mesmo, o grau de perturbação ocasionado aos seus leitores.

Consideramos ser também de grande relevância para estudos futuros a aplicação da metodologia apresentada, em outros campos de aplicação tais como; nas atividades com terminais de vídeo (ensino, treinamento e operação de softwares), nas atividades de controle e operação de painéis, na leitura de textos de pessoas normais e deficientes, etc.

## ANEXO 1

### DEFINIÇÕES DAS MEDIDAS DE ILUMINAÇÃO

- **Iluminância** - No sistema International, SI, a iluminância é medida em lux, e é definida como a quantidade de luz incidente em uma superfície. Uma unidade de lux é igual a um lúmen por metro quadrado,  $1 \text{ lm/m}^2$ . O aparelho utilizado para medir a iluminância é o luxímetro. Pulat (1997, p.220). A iluminância é obtida pela seguinte formula:

$$\text{iluminância} = \cos \theta \cdot \frac{I}{d^2}$$

onde:

$\theta$  = ângulo formado entre a linha perpendicular da superfície e o ângulo de luz incidente.

$I$  = intensidade da fonte de iluminação

$d$  = distância entre o objeto iluminado e a fonte que o ilumina.

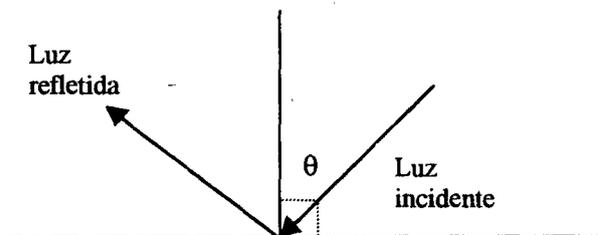


Figura 81. Ângulo de refletância da luz. Pulat (1997,p.221).

- **Refletância** – é definida como o raio de luz refletido em uma superfície difusa por meio de uma luz incidente. A refletância depende das

propriedades dos materiais. Pulat (1997,p.222) apresenta valores de refletância de alguns materiais conforme a tabela 20 abaixo .

Tabela 20 - Valores de refletância

Material	Refletância (%)
Vidro espelhado	80-90
Superfície branca pintada	75-90
Alumínio pintado	60-70
Concreto ( recente)	55
Latão escurecido	35
Ferro fundido	25
Superfície preta	3-5

Fonte: Pulat (1997,p.222)

- **Luminância** – A luminância é definida como a quantidade de luz emitida em uma dada direção pelas fontes luminosas. O aparelho utilizado para medi-la é o fotômetro. É medida em candelas por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) no SI e calculada como :

$$\text{Luminância} = \frac{\text{Iluminância} \times \text{refletância}}{\pi}$$

$\pi$

Bullinger (1994, p.95) apresenta os aspectos da fotometria, conforme mostra a figura 82. A fotometria preocupa-se com a mensuração da luz, usualmente por meio de equipamentos eletrônicos, luxímetro e fotômetro, que são empregados nas avaliações ambientais ergonômicas.

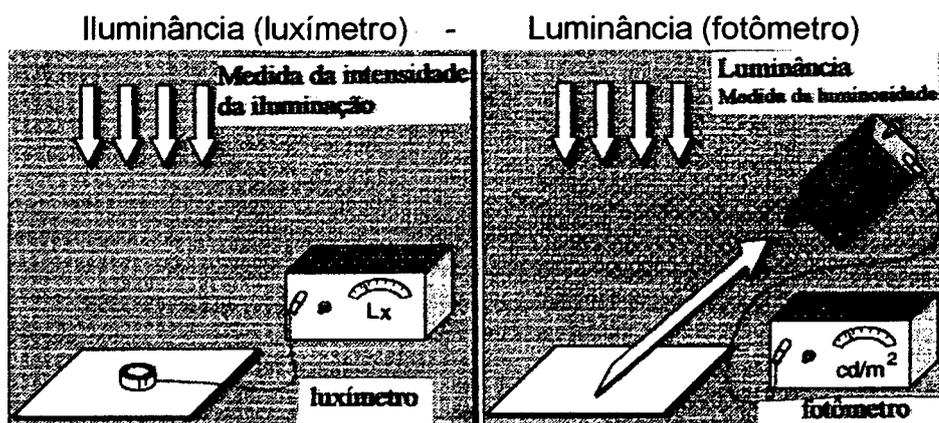


Figura 82 – Medições de iluminância e luminância. Bullinger (1994, p.95.)

## ANEXO 2

### SELEÇÃO DE ILUMINÂNCIA

A seleção de iluminância ao tipo de trabalho é dada pela NBR 5413, na seção de iluminância de interiores a NB-57/1991 da ABNT. A iluminância é definida por meio dos seguintes fatores: idade do observador, velocidade e precisão da tarefa e refletância do fundo da tarefa, com os seguintes pesos, conforme a tabela abaixo:

Tabela 21 - Fatores determinantes de iluminância

Características da tarefa e do observador	Peso		
	- 1	0	+ 1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Dados da NBR 5413- Iluminância de interiores, NB-57/1991- item 5.2

O procedimento recomendado pela NB-57/1991 é o seguinte:

- A)** Analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1);
- B)** Somar os valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal;
- C)** Usar a iluminância inferior do grupo quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminância média, nos outros casos.

A NB-57/1991 considera que a maioria das tarefas visuais apresenta pelo menos média precisão. E recomenda que se utilize o valor mais alto de luminância quando :

- a tarefa se apresente com refletâncias e contrastes bastante baixos;
- os erros sejam de difícil correção;
- o trabalho visual seja crítico;
- alta produtividade ou precisão sejam de grande importância;
- a capacidade visual do observador esteja abaixo da média.

Na NB-57/1991 os valores recomendados para a tarefa de inspeção dentre os diversos setores industriais se encontra na seguinte faixa:

**150 – 200 – 300 lux** - na abertura para inspeção do algodão na indústria textil.

**300 – 500 – 750 lux** , indústrias de : couros; classificação na confecção de malhas; ensaios e inspeção de materiais elétricos e telecomunicações; inspeção de papel; inspeção de chapas pretas, laminadas, estanhadas, e outras superfícies claras; inspeção de farinhas em moinhos; na inspeção na máquina de lavar e na inspeção durante o enchimento nos laticínios.

**750 - 1000 - 1500 lux**, para as indústrias: alimentícias; automobilística; de fumo; tipográfica; trabalhos com couro.

**1500- 2000 – 3000 lux** – nas tarefas de inspeção de luvas; inspeção e remoção de manchas em tinturarias.

#### **Observações:**

A NB-57/1991 apresenta algumas falhas no que diz respeito à classificação das atividades, apresentando interpretações dúbias. Como por exemplo, na determinação da iluminância nas “Indústrias de Couros”, item 5.3.4.2 que fornece os valores de inspeção e acabamento de 300 – 500 – 750 lux ; e no item 5.3.7.3 que refere-se às tarefas de “Trabalhos com couros” fornece os valores para inspeção, classificação, corte e costura de 750 – 1000 – 1500 lux.

Imprecisão da informação referente ao valor de iluminância na “Inspeção de cor” nas usinas de açúcar, item 5.3.7.6 da referida norma, apresentando os valores na seguinte seqüência: 750–500–750 lux. Consideramos que tenha faltado uma correção dos dados na referida norma, pois o item 5.2. da NB-57/1991, no subitem “C”, determina pelo critério de peso através dos valores de: idade, velocidade e precisão, e refletância de fundo da tarefa, três faixas de luminância, a inferior, a média e a superior, sempre descritas nesta ordem crescente.

Sugerimos uma revisão urgente da norma de iluminância registrada no INMETRO como NBR 5413, na seção de iluminância de interiores NB-57/1991. Pelo grau de comprometimento da iluminância na performance do operador na tarefa de inspeção, sugerimos que se tenha uma norma específica de iluminância para as atividades de inspeção, de forma que esta possa abordar com muito mais profundidade o tema. Faz-se necessário uma norma mais detalhada, com a qual se tenha maiores subsídios para que ergonomistas, engenheiros de produção e gerentes de fábricas planejem corretamente o local das tarefas de inspeção, a fim de melhor adequá-los aos indivíduos.

## ANEXO 3

### ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DO “SEHTEST”

Padronização do ângulo de visão, de 1 minuto, para testes de acuidade visual. Norma DIN 58220.

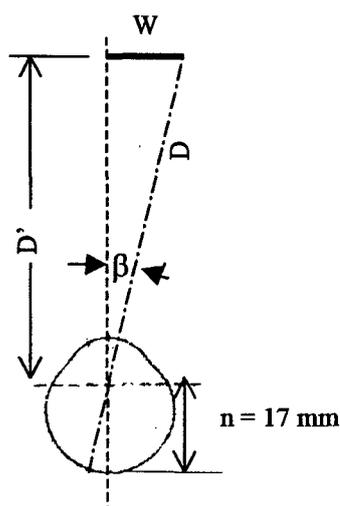


Figura 83. Ângulo de visão de 1 minuto, para testes de visão.

$$\beta = W / D \text{ (RAD)}$$

$$\beta = 3450 W / D \text{ (ARCO DE MINUTO)}$$

$$\text{tg} ( 1/60)^\circ = W / D$$

$$\text{acuidade visual} = v = D' / D$$

$$W' = n. W / D$$

$W'$  = a imagem geométrica na retina

$D'$  = é a distância do ponto nodal (olho do observador) ao objeto de teste.

$n$  = distância média do ponto nodal na retina até a sua imagem geométrica, média de 17 mm

Tabela 22. Valores dos ângulos de acuidade visual para uma distância de 70 cm

Acuidade $v$	Distância testada $D / D'$	$W$ (mm)	Tamanho da imagem Pixel	Tamanho da imagem (mm)	Angulo/ minuto $\theta'$
0,6	70/123,7	0,36	5	1,8	1,7'
0,5	70/144,38	0,42	6	2,1	2,1'
0,4	70/171,88	0,5	7	2,5	2,5'
0,36	70/192,5	0,56	8	2,8	2,75'
0,32	70/220	0,64	9	3,2	3,2'
0,28	70/240,64	0,7	10	3,5	3,5'
0,25	70/275	0,8	12	4,0	4,0'
0,20	70/337	0,98	14	4,9	4,8'
0,14'	70/448,2	1,42	20	7,1	7,0'

**D = DISTÂNCIA TESTADA = 70 CM**

Sehtest – Imagens geradas pelo Sehtest.

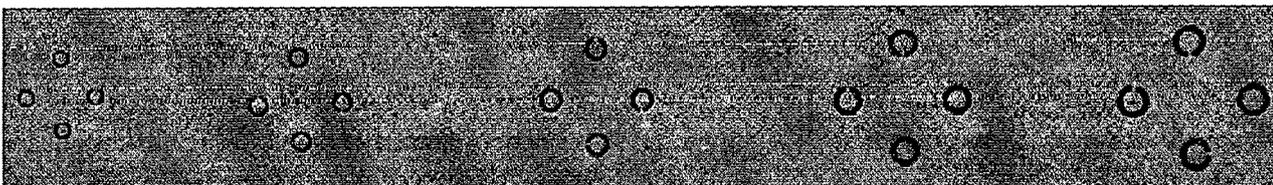


Figura 84. Disposição das composições para o Sehtest.

Dimensões das imagens para "C testes" – Norma Din 58220

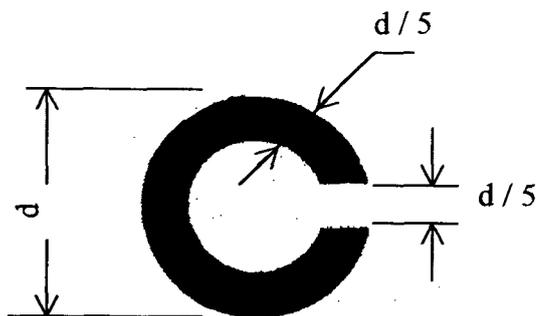


Figura 85. Dimensões da imagem para o "C" test.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, Merrill J. et al. ***Forensic aspects of vision and highway safety***. USA : Lawyers & Judges Publishing Co, 1996.
- ANNETT, J.; STANTON, N. ***Task analysis, special issue***. Ergonomics London, 1998 . Taylor & Francis Ltd, v. 41, n. 11, p. 1529-1536.
- BARTHET, M.F. ***Logiciels interactifs et ergonomie : Modèles et méthodes de conception***. Paris : Dunod, 1988.
- BARTLETT, N. ; BROWN, J.; HSIA, Y.; MUELLER, C. et al. ***Vision and visual perception***. New York : John Willey & Sons, Inc, 1965.
- BAKER, C et al. 1960. ***Target recognition on complex display***. Human factors, 2, 51-61.
- BEDENK, Birgit. ***Strategien als leistungbestimmende faktoren bei visuellen suchaufgaben***. Deutschland : Institut für Psychologie der RWTH-Aachen, 1996.
- BEEVIS, David. ***Progress in systems ergonomics : A selective review***. Ergonomics, London : 1995 . Taylor & Francis Ltd, v. 38, n. 429, p. 574- 587.
- BERTALANFFY, Ludwig. ***General system theory***. USA : George Brazillier, 1973.
- BULLINGER, Hans-Jörg. ***Ergonomie, produkt und arbeitsplatzgestaltung***. Deutschland : B. G. Teubner Stuttgart, 1994.
- CAPRA, Fritjof. ***A teia da vida. The web of life***. São Paulo : Cultrix, 1998.
- CARMODY, D.P. ; Nodine, C. F. and Kundel, H.L . ***Global and segmented search for lung nodulos of different edge gradients***. Investigative Radiology 15, p. 224-253, 1980.
- COUTO, H. de Araújo. ***Ergonomia aplicada ao trabalho: Manual técnico da Máquina Humana***, v.2. Belo Horizonte : Ergo Editora, 1997.

- DE KEYSER, V. ; NYSSSEN, A. *Improving training in problem solving skills: analysis of anesthetists' performance in simulated problem situations.* In: **Le Travail Humain.** Paris: 1998. tomo 61, n° 4 , p.387-401.
- DE KEYSER,V.; SAMURÇAY,R. *Théorie de l'activité, action située et simulateurs.* In : **Le Travail Humain.** Paris, 1998. tomo 61, n° 4 , p.305-312.
- DONK, Wilhelmina. *„How Optimal“ is the Human Sampler ? Some experiments on human behavior in process monitoring.* Deutschland, 1991. Theses von der Philosophischen Fakultät der RWTH-Aachen.
- DRURY, C. G. ; GRAMOPADHYE,A. *Visual search in industrial inspection.* In : **Visual Search.** London, 1990, Taylor & Francis, Edited by David Brogan, Chapter 27, p263-276.
- ENGESTRÖM, Yrjö. *Developmental studies of work as a testbench of activity theory : the case of primary care medical practice.* In **Understanding practice : perspectives on activity theory and context.** 1993, UK : edited by Seth Chaiklin and Jean Leave, pg 64-103.
- EYSENCK, M. *Psicologia Cognitiva.* Porto Alegre : Artes Médicas, 1994.
- FOGLIERINE, Carneiro,I. *Organization et gestion des entreprises, la conception moderne du management.* 2ed., Paris: AENGDE /DUNOD, 1992.
- GLEICK, James. *Caos: A criação de uma nova ciência.* São Paulo: Editora Campus, 1990.
- GRAMOPADHYE, Anand et all, *The use of advanced technology for visual inspection training.* In: **Applied Ergonomics,** Oct. 1998, Elsevier Science, v.29, n.5, p.361-375.
- GRAMOPADHYE, A. K.; DRURY, C.G. e PRABHU,P.V. *Training strategies for visual inspection.* In: **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing,** 1997, John Willey & Sons, v.7, 171-196,
- GRAMOPADHYE, ANAND, K; WILSON, Kim. *Noise, feedback training, and visual inspection performance.* In: **International journal of industrial Ergonomics,** 1997, Elsevier Science, v.20, 223-230.
- GRANDJEAN, Etienne. *Manual de Ergonomia, Adaptando o homem ao trabalho,* 4. ed. São Paulo : Bookman, 1998.

GRAU, J.; DOIREAU, P.; POISSON, R. *Conception et utilisation de la simulation pour la formation: Pratiques actuelles dans le domaine militaire*. In : **Le Travail Humain**. Paris, 1998. tomo 61, n° 4, p.361-385.

GOLDSTEIN, E. Bruce. ***Sensation and perception***. 3.ed. USA: Califórnia, Brooks / Cole Publishing Company. 1989.

HAASE, W., HOHMANN, A. *Ein neuer Test (C-Test) zur quantitativen Prüfung der Trennschwierigkeiten (crowding)*. Deutschland: **Klinikum Monatsblatt Augenheilkd**, Enke Verlag Stuttgart, 1982.

HEEMANN, Ademar; VIEIRA, Leociléia. ***A roupagem do texto científico: estrutura, citações e fontes***. 2.ed. Curitiba : IBEPX, 1999.

HELLER, Dieter; BEDENK, Birgit; NIES, Ulli. *Visuelle Endkontrolle von Bildschirmen Computer-simulation der Sortierung*. Deutschland: **Institut für Psychologie-RWTH-Aachen**, 1995.

---

Produktion und

*Qualitätskontrolle von Bildschirm*. Deutschland: **Institut für Psychologie-RWTH-Aachen**, 1995.

HENDEE, William R.; WELLS, P.N.T. ***The Perception of Visual Information***. USA : Springer-Verlag, 1997.

IIDA, Itiro. ***Ergonomia, Projeto e Produção***. São Paulo : Editora Edgard Blücher, 1990.

JOHANNSEN, Gunnar. ***Mensch-Maschine-Systeme***. Deutschland : Springer-Verlag Berlin, 1993.

JURAN, J.M. GRZYNA, F. M. ***Controle da qualidade, Handbook, Ciclo dos produtos: inspeção e testes***. São Paulo: v.4 , Makron Books, 1992.

JUST, M.A. & CARPENTER, P.A. *Eye Fixations and Cognitive Processes*. In : **Cognitive Psychology**, 1976, UK: v.8, p.441-480.

KEYSER, V SAMURÇAY, R ;. *Théorie de L'activité, Action Située et Simulateurs*. In : **Le Travail Humain**. Paris: 1998. tomo 61, n 4 , p. 305-312.

KUNDEL, H. L.; NODINE, C.F.; CARMODY, D.P. *Visual Scanning, pattern recognition and decision making in pulmonary nodule detection*. In: **Investigative Radiology**. 1978, UK: v. 13, p. 17-181.

MAAR, David. ***Vision***. USA : W. H. Freeman and Company, 1982.

- MATURANA, H; VARELA, Francisco. **De máquinas e seres vivos : autopoiesis a organização do vivo**. Porto Alegre: 1997.
- MEGAW, E.D.; RICHARDSON, J. *Eye movements and industrial inspection*. In: **Applied Ergonomics**. UK: 1979, Setembro, p. 145-154.
- MICHASHI, H. D.; HAACK, J. *Trends in der blickbewegungs-forschung*. In: **Bericht der Blickbewegungsforschung**. Deutschland, 1996.
- MONTMOLLIN, Maurice de. **Les systemes Hommes-machines**. Paris, Puf, (1967).
- \_\_\_\_\_. **Introducción a la Ergonomia**. Espanha: Aguilar, (1969)
- MORIN, E. **Complexidade e ética da solidadriedade**. In : Ensaio de Complexidade. Porto Alegre : UDUFRN, 1997. p16-24.
- \_\_\_\_\_. **Ciência com consciência** : São Paulo : Bertand Brasil, 1996.
- NEBOIT, M ; RICHARDSON, J. *Eye movement recording in ergonomics and applied research eye movements*. In : **From Psycholog to Cognition**. Holanda : Elsevier Science Publishers B.V (North-Holland), 1987.
- NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka,. **Criação de conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- NORO, K. *Analysis of visual and tactile search industrial inspection*. In : **Ergonomics**. 1984. n. 7, p. 733-743.
- NORROS,. *Le Travail Humain*, tome 61, n.4, p 735 -754, 1998.
- PICCOLLI, Bruno; ZAMBELLI, Pierluigi. **Curso internacional de Ergooftalmologia**.. São Paulo: Apostila SENAC-SP,1999, 82 p.
- PIKAAR, Rurd N. **Man Machine Interaction in process control, Human decision Making and Manual control**. New York: Elsevier Science Publishing Co, 1986, p 157- 172.
- PULAT, B. Mustafa. **Fundamentals of Industrial Ergonomics**. 2. ed. , USA : Waveland Press, 1997.
- RASMUSSEN,Jens. **Information processing and human-machine interaction, an approach to cognitive engineering**. New York : Elsevier Science Publishing Co., 1986.

RAYNER, Keith. *Eye movements in reading and information processing*. In : **Psychological Bulletin** , University of Rochester, 1978. v. 85 N.3, p. 618-660.

\_\_\_\_\_. *Eye movements in Reading and Information Processing: 20 years of research*. In: **Psychological Bulletin** , 1998, v. 124, n.3, 372-422.

RICHARD, Paris, 1983, Universidade de Paris VIII.

RIGGENS, Lorrin A.. **Visual Acuity**. In : Vision and Visual Perception , Columbia University , Clarence Graham Editor, p. 321-350, 1965.

SANTOS, N. dos; FIALHO, F. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**, Gênesis Editora, 1997.

SAMURÇAY, R ; ROGALSKI, J. *Exploitation didactique des situations de simulation*. In : **Le travail Humain**. Paris: 1998. Tomo 61, n4. p 333-359.

STAMMERS, R.B. *Factors limiting the development of task analysis*. In: **Ergonomics**. London: 1995. V.38, n.3, p.588-594.

SCHIFFMAN, Harvey R. **Sensation and Visual Perception** , 2. ed, USA : John Wilwy & Sons, 1982.

SHAPIRO, Kimron L.; RAYMOND, Jane E. **Training of Efficient Oculomotor Strategies enhances skill acquisition**. N-Holland, Elsevier Science Publishers B.V , 1989.

SHINGO, Shigeo. **Zero Quality Control : Source Inspection and the poka-yoke System** , USA, Productivity Press, Cambridge, 1986.

STANISLAW, Harold. *Effect of type of task and number of inspectors on performance of an industrial Inspection-type task*. In : **Human Factors**, 1995, p. 182-192.

SVEIBY, Karl. **A nova riqueza das organizações. Gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento**. São Paulo: Editora Campus. 1998.

TAN, Anne Y. M. **The Investigation, Analysis and Comparison of the Francophone Activity Analysis to Task Analysis**. Institut of Technology Linköpings Universitet. 1999.

WICKENS, Christopher D. **Engineering psychology and human performance** , 2.ed, USA : Harper Collins Publishers Inc, 1992.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho**. *Textos selecionados de ergonomia*, São Paulo : Fundacentro, 1994.

\_\_\_\_\_. *Situated cognition and action; implications for ergonomics work analysis and anthropotechnology*. In : **Ergonomics**, Taylor and Francis, 35,n.8, pg. 1199-1219. 1995

ZEGERS, Ir. Some experiences with the "NAC-V eyemark recorder" during agricultural selection tasks. In : **Human decision making and manual control**. Holanda: North-Holland, 1986. Elsevier Science Publisher B.V, p.25-29.

NB-57- ABNT/1991/BR

Interfaces Homme/machine. In : **Rapport Final**. France: Centre de Transfert, Compiègne, 1993.