

***A Relação do Homem  
com o Ambiente Laboral***

***A Relação do Homem  
com o Ambiente Laboral***

**2ª Edição**

**Versión em portugues**

**Autores: JOAQUIN ARAMIS GARCÍA DIHIGO**

Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, profesor de Ergonomía y Seguridad y Salud Ocupacional

[joaquin.garcia@umcc.cu](mailto:joaquin.garcia@umcc.cu)

**GRETHER LUCÍA REAL PÉREZ**

Máster en Gestión de la producción, Profesora axiliar, profesora de Ergonomía y Seguridad y Salud Ocupacional

[gretherreal@gmail.com](mailto:gretherreal@gmail.com)

[grether.real@umcc.cu](mailto:grether.real@umcc.cu)



**Agradecimientos,**

**A La vida por darnos la oportunidad de presentar este trabajo.**

**Fruto del esfuerzo y la dedicación de los autores al camino profesional.**

**A nuestros Hijos por ser el motivo y la razón para vivir.**

## SUMÁRIO

### INTRODUÇÃO AO AMBIENTE DE TRABALHO

**!Error! Marcador no definido.**

#### CAPÍTULO 1. Carga de trabalho mental

**!Error! Marcador no definido.**

1.1. Introdução ao trabalho mental .....	<b>!Error! Marcador no definido.</b>
1.2. Fundamentos fisiológicos e psicológicos do trabalho mental .....	10
1.3. ISO 10075 e sua relação com a carga mental do trabalho .....	17
1.4. Relação entre a fadiga mental e regimes de trabalho - descanso .....	19
1.5. Indicadores para medir a carga mental .....	25
1.5.1. Nível fisiológico .....	25
1.5.2. Nível Psicofisiológicas.....	27
1.5.3. Nível Psicológico.....	29
1.6. Medidas para enfrentar e prevenir a fadiga ou estresse .....	42
1.7. Teletrabalho .....	44

#### Bibliografia Referida

**!Error! Marcador no definido.**

#### Bibliografia Consultada

**!Error!**

#### **Marcador no definido.** CAPÍTULO 2. RUÍDO

51

2.1. Parâmetros e características do som .....	52
2.2. Classificação do Ruído .....	58
2.3. Fundamentos da audição .....	59
2.4. Avaliação de Ruído .....	61
2.5. Origens e propagação do som.....	65
2.6. Sobre a protecção auditiva .....	68
2.7. Os danos causados pelo ruído.....	69
2.8. Medidas de controle de ruído.....	71

2.9. Control do ruído: Desenvolvimento da metodologia .....	73
Bibliografia Referida	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografia Consultada	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO 3. ILUMINAÇÃO</b>	<b>80</b>
3.1. A Luz .....	83
3.2. O dispositivo ocular .....	85
3.3. Grandezas e unidades de iluminação.....	89
3.4. Sistema de iluminação .....	97
3.5. Métodos de iluminação.....	94
3.6. Os níveis de iluminação.....	99
3.7. As fontes de luz .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.8. Cálculo das instalações.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografia Referida	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografia Consultada	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **PREFÁCIO**

Diversos textos tratam com frequência das relações que se estabelecem entre o homem e o ambiente de trabalho. Estes temas têm sido abordados a partir de uma visão técnica, sociológica e humana. Uns isoladamente e outros tratando de dar um caráter mais integrador.

A presente obra pretende realizar um estudo técnico de alguns problemas laborais, buscando, fundamentalmente, uma forma de avaliar as características de um ambiente de trabalho para sugerir uma forma de controle deste ambiente. Os exemplos aqui evidenciados trazem resoluções de casos em que foram dadas respostas adequadas a situações desfavoráveis em um ambiente de trabalho hostil.

Procurou-se incorporar ao trabalho referências bibliográficas atuais, incluindo vários sites da internet, todos eles reconhecidamente sérios e de qualidade incontestável.

Os três capítulos da obra foram elaborados a partir de contribuições de diversos autores que tratam do tema, fruto de conhecimentos advindos de experiências práticas, adquiridas ao longo de anos de pesquisas, o que tem enriquecido o acervo cultural de cada um.

Outros muitos aspectos relacionados ao ambiente laboral não se encontram no presente trabalho: ventilação, radiações ionizantes, contaminação ambiental e outros. Isso porque não é nossa intenção esgotar o tema, ao contrário, este é um convite a novas abordagens. Sendo o começo de um estudo científico, aberto às curiosidades e buscas dos leitores, nosso convite à leitura da obra se faz presente aqui.

Que cada leitor compreenda e cuide dos detalhes da sua vida laboral para, conseqüentemente, cuidar da sua saúde.

Boa leitura.

Os autores

## RELAÇÃO HOMEM/TRABALHO: BREVE HISTÓRICO

O estudo científico do ambiente laboral (ambiente de trabalho) tem surgido, na contemporaneidade, como produto do desenvolvimento da sociedade. É o mesmo que dizer que o ritmo acelerado do desenvolvimento social e econômico é que tem provocado este estudo sistemático sobre as condições em que se desenvolvem as atividades laborais.

A origem dos problemas no ambiente laboral é tão antiga quanto o surgimento do próprio trabalho. Isto é óbvio. O que precisa ser levado em consideração é que naqueles tempos os instrumentos de trabalho eram tão rudimentares que não se podia pensar que os riscos a que os homens estavam expostos poderia constituir uma preocupação para eles.

As condições de trabalho em suas sucessivas fases históricas não demandaram a atenção do homem com ele mesmo. O grau de desenvolvimento das ciências o impedia. Apenas alguns lúcidos homens da ciência, intuía, mais que descreviam, o efeito sobre a saúde do homem das condições em que ele desenvolvia a sua atividade. As pesquisas históricas coincidem quando assinalam Hipócrates (século V, a.C) como o primeiro nestas investigações. Seu livro: "Dos ares, águas e lugares" é uma obra que trata da influência da natureza sobre a saúde do homem e assinala duas causas fundamentais para as enfermidades que se apresentavam: as influências externas, que podem ser inanimadas (temperatura, clima, alimentação, venenos...), animadas (parasitas de origem animal...), psíquicas (emoções...) e internas (raça, sexo, idade...).

Outra tentativa de proteger a saúde humana em uma época tão longínqua como o século I a.C nos foi oferecido por Plínio, chamado de "O Velho", em sua obra "História natural". Essa obra perdurou longo tempo representando os elementos nocivos e valores reconhecidos pela humanidade de particular interesse na saúde ocupacional, pois descreveu os primeiros meios utilizados para a proteção pessoal utilizado pelo homem para evitar a inalação do pó, utilizando máscaras produzidas com bexigas de animais.

A Fisiologia humana, este complexo sistema de mecanismos que possibilitam a vida, oferece um apoio particular ao campo da segurança humana. É possível conceber um estudo sobre as capacidades e limitações do homem no desenvolvimento da sua atividade fundamental sem conhecer os mecanismos o regem, sem conhecer o seu funcionamento? Galeno, no séc II d.C, descreveu anatomicamente o coração e algumas estruturas cerebrais do homem. Descreveu também os músculos que possibilitam o movimento indispensável para o trabalho, localizados



nos braços e peito. Inicia-se, então, um estudo do corpo humano e a sua capacidade de trabalho.

Outros homens, desta mesma época, contribuíram nestes estudos, sem dúvida, e alcançaram valiosos conhecimentos que estabeleceram as bases e, sobre elas, se embasaram estágios superiores do conhecimento.

Durante mais de dez séculos a literatura não recolheu estudos neste campo, até encontrar uma obra muito objetiva e precisa no campo que nos ocupa: “Dos ofícios e das enfermidades das Montanhas”, escrita por Aureolus Tецfrastus Von Hchemchein, conhecido como Parecelso (1493-1541). Ela descreveu as doenças profissionais que padeceram os mineiros e fundidores de metais, enfatizando as patologias que apresentaram os profissionais que trabalhavam com sílica e as intoxicações por chumbo e mercúrio.

Todas as obras e contribuições realizadas até o momento por seus precursores permitiram a um Italiano erguer-se como o “Santo Patrono da Medicina Industrial”, Bernardino Ramazzini, nascido em Capri em 1733. Ele se destacou extraordinariamente por sua capacidade de observação e de investigação. Cultivou com brilhantismo um conjunto de diferentes profissões que assombra por sua diversidade, tais como historiador, poeta, filósofo, clínico, epidemólogo e especialista em sanidade.

No seu famoso livro “De Morbis Artífice Diatriba” (Doenças dos artífices) ele recolhe um conjunto de observações sobre as águas subterrâneas, as características da terra, seus odores e seus gases.

Nos 40 capítulos desta obra o autor recolheu informações do trabalho realizado pelos trabalhadores com os metais, a pedra, a seda, o vidro. E de profissionais como os curtidores, padeiros, químicos e outros. Descreveu os sinais e os sintomas do envenenamento do chumbo e mercúrio. Condenou a falta de ventilação e a realização do trabalho a alta temperatura. Se interessou pela questão da organização do trabalho e propôs intervalos de descansos nas jornadas de longa duração.

Hoje, que os médicos higienistas são colocados dentro das indústrias, vemos que se cumpre a recomendação do autor que pregava que “os médicos devem aprender sobre a natureza das doenças profissionais em oficinas, moinhos, minas ou em qualquer lugar em que o homem trabalhe”. Recomendação oposta às que existiam na época.

Outros investigadores como Pottes, Willian e Percival, contribuíram no século XVIII para impulsionar os estudos em campos mais estreitos da saúde industrial.

Durante o século XVIII um acontecimento que teve início na Inglaterra e que rapidamente propagou-se pelos países da Europa, estremecendo, não só os alicerces do que até então havia sido a proteção do trabalho do homem, também repercutindo em outras esferas como a econômica ou a social: a criação da máquina a vapor. É de tal importância histórica, que marcou uma época conhecida como Revolução Industrial.

Com a introdução da máquina a vapor o trabalho manual foi substituído pelo trabalho mecanizado.

King, em 1984, disse que, com os avanços surgidos na tecnologia se acelerou o processo no qual as máquinas tomaram as tarefas que anteriormente as pessoas realizavam.

Agora o homem só tinha como função principal controlar tudo o que acontecia no processo (trabalho mecânico), o que não lhe dava espaço para o trabalho físico, muito menos exigia-se dele um desenvolvimento mental grande, o que poderia ser prejudicial para a saúde psicológica do trabalhador. Ao referir-se ao que foi mencionado anteriormente, Becerra (2005) considerou que:

outro aspecto tão prejudicial como as doenças e os acidentes que se produzem com o aparecimento das máquinas e a especialização do trabalho é o fato de que vigiar as mesmas não é atividade que exige do homem um esforço de pensamento e não dá também lugar às atividades físicas.

No início dessa época cabe assinalar que os acidentes eram muito mais prováveis devido às condições de trabalho que tinham que enfrentar os operários das máquinas (calor, pouca iluminação, exposição ao pó, entre outros). A estes se adiciona a pouca capacitação que recebiam antes de começar a usá-las, dando a possibilidade de cometer inumeráveis erros. Além das características que apresentavam essas máquinas, sendo incômodas e inseguras de operá-las, pois, ao fabricá-las não se levou em consideração as habilidades e as capacidades de quem as manipularia, tendo somente em conta que as mesmas seriam fabricadas para ser mais produtivas possível.

Ante esta situação, Osborne (1990) afirma que

em termos metafóricos, alargou-se os braços para conseguir controles inalcançáveis e as habilidades percentuais foram 'esticadas' para ouvir o inaudível ou para ver o virtualmente invisível no mundo dos sinais.

E mais a frente o mesmo autor indica que "...foram cortadas as pernas para ajustar-se aos espaços reduzidos e estreitos e as capacidades cognoscitivas encolheram-se para ajustar-se às tarefas chatas".

O descobrimento e a exploração da máquina a vapor significou o início da era industrial. A produtividade das máquinas que utilizavam a nova descoberta de fonte de energia era muito superior a tudo o que se imaginava. Os lucros eram enormes. Isto representou uma tragédia para o proletariado. As máquinas eram construídas unicamente para a alta produtividade. Pouco ou nada era adicionado para preservar a saúde do homem. Sua implantação foi tão acelerada que não existia legislação que regulava o trabalho das crianças e das mulheres ou o excessivo regime do trabalho.

O que se tinha, naquele momento da história, era o trabalhador trabalhando em lugares contaminados, com jornadas de 12 ou 14 horas, expostos a emanção de gases e vapores produzidos pelo próprio processo de produção.

O panorama neste período é talvez, o mais cruel de todas as épocas que antecederam-lhe e que sucederam-lhe.

O contínuo desenvolvimento industrial trouxe consigo a maior complexidade nas tecnologias das maquinarias que eram construídas, isto exigia uma maior qualificação do pessoal que a operava e, capacitados, estes operários se tornavam insubstituíveis, pelo menos por um tempo. Isso implicava que o empresário tinha que zelar para que esse homem qualificado não ficasse doente ou acidentasse, pois sua ausência repercutiria no seu bolso.

O ritmo do desenvolvimento industrial seguiu o seu avanço com a introdução de novas tecnologias surgindo também, deste modo, novos riscos. Assim a indústria química, acelerada durante a Primeira Guerra Mundial para abastecer de substâncias químicas e preparar armamentos teve grande repercussão.

Depois outros campos como a agricultura, farmacologia e os têxteis também se desenvolveram extraordinariamente.

A indústria de construção de máquinas implicava grandes fundições, onde o homem se expunha diretamente ao trabalho com metal a altas temperaturas. E na medida em que surgem ou se desenvolvem qualitativamente estas indústrias surge também um novo campo ao estudo do ambiente de trabalho.

No início o que parece é que o ritmo do desenvolvimento sócio-econômico seria o objeto de estudo dessa ciência, mas é precisamente as novas condições de trabalho do homem que a obriga a estudar essas novas características.

Talvez o exemplo mais claro seja a implantação na escala industrial da energia do átomo. As grandes vantagens no seu uso indicavam um avanço científico, mas antes do seu descobrimento e aplicação, poderia se pensar nos perigos a que o homem estava se expondo?

Para finalizar este esboço histórico é preciso falar, pelo menos de forma sucinta, como foi o surgimento de uma disciplina que prima pela proteção no trabalho: a Ergonomia.

Em 12 de julho de 1949 em Almirantazgo, Inglaterra, reuniu-se um grupo de cientistas interessados nos problemas laborais humanos. A este grupo deu-se o nome de Sociedade de Investigaçao Ergonômica, onde o psicólogo britânico K.F.H Murrel faz referência ao termo Ergonomia, com o fim de ser usado para denominar a nova ciência que começava a surgir (APUD, 2003).

Murrel (1969), no seu clássico livro denominado “Ergonomics”, indica a razão que o levou a propor a palavra Ergonomia. Ele considera que é simples, que pode-se traduzir para qualquer idioma e, o mais importante, que não outorga preponderância a nenhuma especialidade em particular, o que ressalta o seu caráter multidisciplinar.

Um pouco mais tarde, Zander (1986) assinala que “a ergonomia é o estudo do homem no trabalho, com o propósito de conseguir um ótimo sistema homem-tarefa, no qual pode-se manter um balanço adequado entre o trabalhador e as condições do trabalho”.

Outros autores como Viña (1986) a difine como

Ciência aplicada que estuda o sistema integrado pelo trabalhador, os meios de produção e o ambiente do trabalho, para que o trabalho seja mais eficiente e adequado às capacidades psicofisiológicas do trabalhador, promovendo a sua saúde e obtendo a sua satisfação e bem estar.

Embora muitos investigadores tenham definido esta ciência, tomando como base diferentes critérios e opiniões, todos fazem referência à forma mais simples em que se pode explicar o significado da mesma; os termos gregos *ergo*: trabalho e *nomos*: leis naturais. Pode-se então concluir que seu significado é, em outras palavras, “Leis do trabalho”, concordando com ele todos os autores que tratam deste tema.

As relações que estabelecem entre a máquina e o operário que a opera, fizeram-se tão complexas, em elementos tais como a determinação da capacidade intelectual do homem para dominar a nova tecnologia, ou o estudo das dimensões com que são construídos os meios de produção para que possam ser usados com comodidade pela maioria da população e outros aspectos desta ordem, embora estejam relacionados com a saúde do trabalhador, que constituem esta nova disciplina com o objetivo relacionado com a proteção do trabalho. Sobre esta fica a grande tarefa de se colocar a altura do seu tempo e enfrentar os riscos que temos hoje na indústria.

King (1984), afirma que foi o controle numérico (NC) e posteriormente os computadores de controle numérico (CNC) que proporcionaram os meios que permitem a extensão da automatização nos processos de produção.

São vários os autores que concordam que com os novos avanços na tecnologia uma nova relação que se estabelece entre o homem e as máquinas e cada vez mais se tornam estreitas e de fácil comunicação essa relação, considerando o operador como a pessoa que estuda todas as possíveis opções que o entorno lhe demonstra, as analisa e é capaz de tomar as decisões que lhe correspondem. “Com este avanço da tecnologia e a interação homem-máquina é mais apropriado considerar o operador como alguém que resolve o problema e toma as decisões”, diz Teja (2003).

Muitas são as tarefas que a Ergonomia tem pela frente. Por mais desenvolvida que possa parecer uma tecnologia, por mais cômoda que possa parecer uma máquina, por compatível que aparenta ser um meio de produção, sem dúvidas, exige certa mobilização de estruturas corporais particularmente envolvidas no desenvolvimento deste trabalho. É a tarefa principal da Ergonomia investigar quais são as capacidades reais do homem para assimilar estas novas condições, prever os efeitos que possam causar, não de maneira imediata mas sim a longo prazo, quando dia após dia estas exigências laborais incidam, repetidamente no homem, que é quando mais oculto é o risco. Talvez o melhor exemplo é o de continuar trabalhando para

fazer mais compatíveis os atuais computadores, não só para avaliar o homem em ordem fisiológica ou antropométrica, mas também nos períodos do trabalho em que o homem, como ser social. Se se separa o trabalhador do seu meio imediato e o absorve e transporta para fora do seu contexto e das suas realidades, é preciso estudá-lo com estas variantes. As transformações que ocorrem na personalidade destes operadores, dessa forma, estão por estudar.

## Referências

1. APUD, E. **La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud**. Ciencia y enfermería, 2003, Volumen 9. Consultado: 2 marzo, 2005, Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php%3Fscript%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS0717-95532003000100003%26lng%3Des%26nrm%3D%26tng%3Des](http://www.scielo.cl/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0717-95532003000100003%26lng%3Des%26nrm%3D%26tng%3Des)
2. BECERRA, A. A. **Impacto sobre el hombre de la evolución de los sistemas hombres - técnica - ambiente"**, Consultado: 16 de febrero, 2005]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/ergonomia.shtml>
3. KING, J. **Is there any future for man in man-machine manufacturing system**. Proceeding of the 1st International Conference of Human Factors Manufacturing, Editado por T. Luptum, 1984.
4. MURREL, K. F. H. **Ergonomics**. Inglaterra: Ed.: Chapman and Hall, 1969.
5. OBORNE, D. **Ergonomía en Acción La adaptación del medio de trabajo al hombre**, 1990. Consultado: Disponible en:
6. TEJA, G. M. M. D. L. **Ergonomía Cognitiva**, 2003. [Consultado: 23 de febrero, 2005]. Disponible en: <http://www.ergoprojects.com>.
7. VIÑA, S. **Ergonomia**. Ciudad de la Habana, Cuba: Departamento de ediciones internas del IPSJAE, 1986.
8. ZANDER, J. **Introduction to Ergonomics**. Documentos del Curso Internacional de Ergonomía. Wageningen., 1986.

## **CAPÍTULO 1. CARGA DE TRABALHO MENTAL**

A importância do trabalho mental aumenta com a tendência generalizada do aumento de profissões onde o homem tem que receber informações e tomar decisões de controle. Esta situação se agrava, e muito provavelmente de forma irreversível, com o desenvolvimento de computadores que afetam radicalmente as características dos trabalhos até agora conhecidos.

Esta tendência parece que humanizaria o trabalho, e talvez assim fosse, se se conhecesse com profundidade os efeitos negativos que estas profissões teriam, tal e como tem sido estudado e esclarecido para trabalhos com os componentes físicos dominantes.

Esta incerteza que hoje está sobre a mesa, não nos dá muito tempo. As tecnologias desenvolvem-se rapidamente impondo condições duras sobre o homem, como aconteceu durante a Revolução Industrial, não permitindo outra alternativa senão trabalhar sob a sua tirania.

Tratar de entender as bases psicofisiológicas que permitem desenvolver essas atividades, tratar de informar sobre como avaliar o seu impacto e recomendar soluções para a investigar suas consequências é o objetivo deste capítulo.

### **1.1 Introdução ao trabalho mental**

É sabido que o desenvolvimento científico e tecnológico tem levado, como nos períodos anteriores, a alterações nas condições de trabalho dos trabalhadores, no entanto, com a implementação em escala industrial dos meios modernos de produção, o estudo de tais condições tem provocado alterações qualitativamente diferentes no que existia antes.

A criação de equipamentos modernos altamente eficientes tem favorecido a sua rápida difusão e exploração em escala global, exigindo do trabalhador não só a força física, mas também a atenção, a vigilância e o controle do processo. Estas novas exigências estão geralmente acompanhadas de uma atividade física muito pequena, o que aumenta seus efeitos prejudiciais. Em profissões com estas exigências é conveniente que o trabalhador tenha que realizar, de alguma forma, uma atividade física.

O exceder dos limites das capacidades mentais podem ser tão prejudicial ou mais para o desenvolvimento normal do trabalho que o exceder das capacidades físicas, visto que um trabalhador com maior exigência mental é acompanhado, geralmente, de maiores responsabilidades. Isso pode gerar um erro em sua atuação e, o que pode culminar em um acidente de grande proporção, tais como operações de caldeira, ou defeitos na produção como os pontos de controle de qualidade, ou em maior consumo de combustível como em operações da usina de energia ou em muitas manifestações.

Por outro lado, o convívio constante com a tensão emocional ou o stress, repercute de forma desfavorável sobre o organismo humano, provocando transtornos cardiovasculares, arterosclerose, diabetes mellitus, distúrbios digestivos, psiquiátricos e outros (Dihigo, 1989).

As principais consequências e os efeitos negativos que são produzidos pelo stress podem ser vistos em “Diretrizes para a Prevenção do Stress no Trabalho” (2000), onde se expõe também as causas que os produzem. Essas consequências serão elencadas em seguida:

- a. **Ao nível do sistema de resposta fisiológica:** taquicardia, aumento da pressão arterial, sudorese, alteração do ritmo respiratório, aumento da tensão muscular, aumento da glicose no sangue, aumento do metabolismo, aumento do colesterol, supressão do sistema imunológico, sensação de nó na garganta, pupilas dilatadas, dentre outras.
- b. **Em nível do sistema cognitivo:** sensação de preocupação, indecisão, baixo nível de concentração, desorientação, mau humor, hipersensibilidade à crítica, sentimentos de falta de controle, e outras.
- c. **Ao nível do sistema do motor:** falar rápido, tremores, gagueira, voz embargada, imprecisões, explosões emocionais, consumo de drogas legais como tabaco e álcool, excesso ou falta de apetite, comportamento impulsivo, risos nervosos, bocejos, e outras.

Entre as principais alterações que podem ser mencionadas pela presença de stress incluem:

- a. **Transtorno Respiratório:** Asma, taquipnéia, hiperventilação etc
- b. **Transtorno Cardiovascular:** doença coronariana, hipertensão arterial, alterações do ritmo cardíaco etc.
- c. **Transtorno Imunológico:** Desenvolvimento de doenças infecciosas.



- d. **Transtorno endócrino:** hipotireoidismo, hipertireoidismo, síndrome de Cushing etc.
- e. **Transtorno dermatológicos:** prurido, suor excessivo, a dermatite atópica, queda de cabelo, urticária crônica, rubor facial etc
- f. **Diabetes:** Normalmente agrava a doença.
- g. **Dores Crônicas e cefaléias constantes.**
- h. **Transtornos Sexuais:** impotência, ejaculação precoce, vaginismo etc.
- i. **Transtornos psicopatológicos:** ansiedade, medos, fobias, depressão, comportamentos de dependência, insônia, transtornos alimentares, transtornos de personalidade etc.

Ou seja, tanto do ponto de vista social como do ponto de vista econômico, a adequação do trabalho mental para as capacidades intelectuais dos homens traduz em grandes benefícios, tanto para o homem quanto para a empresa.

## **1.2. Fundamentos fisiológicos e psicológicos do trabalho mental**

Quanto à importância de se estudar a fadiga mental, pode-se afirmar que há um crescente interesse na investigação de sua origem, sua evolução, seu efeito sobre o homem e soluções destinadas a evitá-la.

A predisposição para a ação tem sido fundamentalmente a maneira pela qual filogeneticamente o homem tem respondido às situações que coloca em risco, de alguma forma, a sua segurança para satisfazer as suas necessidades.

O homem perante situações emergentes mobiliza seu aparelho vascular cuja terminação natural é o efeito muscular, mas que, nas emoções emergentes do homem moderno, este último não tem ocorrido, e ele se mantém em um estado de suspensão, de prolongamento, sem a sua neutralização por aqueles mecanismos fisiológicos para os quais foi destinado.

As novas exigências do desenvolvimento é a causa da arritmia biossocial. É uma situação já caracterizada porque as reações biológicas e neuropsiquiátricas deixam de responder a essas

demandas e que, por sua natureza, o ritmo fisiológico é mais estável e mais conservador. Este fator caracteriza também o aumento do stress da vida moderna.

Claude Barnard (*apud* Villavicencio, 2001), no século passado, havia notado que os homens tendem a manter a constância do ambiente interno, apesar das mudanças no ambiente externo, tende a induzir este controle no organismo.

Uma série de investigações conduzidas por Walter Cannon (*apud* Villavicencio, 2001), cujo foco era demonstrar a constância do ambiente interno permitiu-lhe estabelecer a homeostase para designar esta característica tão importante, ou seja, que o organismo tenta neutralizar a influência que o meio externo tende a induzir, de modo que impede ou minimiza a perturbação, desde que o rigor das mesmas não ultrapasse certos limites. Mas a maneira como o corpo reage às ações do meio é estereotipado, o qual aumenta os efeitos negativos que o ambiente induz, pois representa a resposta inespecífica do organismo perante agentes agressores de natureza, reforçando o sofrimento geral do corpo ou stress sistêmico.

É importante ressaltar o papel da individualidade nos padrões de respostas às tensões mantidas por um longo tempo. Neles incluem uma grande quantidade de aspetos, podendo indicar as características na dinâmica e nas peculiaridades do comportamento e, em geral, a relação biossocial, como uma forma de expressar a individualidade.

Dizendo de outra forma, o homem modifica o estímulo dependendo da sua personalidade, com as múltiplas variáveis que a compõe, manifestando uma determinada resposta (CUESTA, 2002).

As regularidades encontradas de respostas bioquímicas, principalmente de catecolaminas em relação à tipologia do SNC (Sistema Nervoso Central) e a sua reatividade emocional, não provam mais que certa tendência, muito específica, para um padrão de resposta particular.

Kulka (1980) diferencia a carga psicológica do stress como casos independentes de formas principais de carga mental. Sugere que a carga psicológica ou mental aparece no processo de assimilação de informações, quando, durante a atividade, se requer funções psíquicas, enquanto que o stress é descrito como um estado de extrema motivação perante determinados fatores ambientais, assim como uma reação não específica do organismo perante um requerimento complexo, dependendo da sua magnitude e sensibilidade pessoal.

Não obstante, sugere ainda que um dos fatores de stress mais comum é a alta densidade de informações.

O grande número de variáveis que interveem na origem e na evolução da fadiga tem provocado disparidade de opiniões em torno da sua definição, mas não é difícil encontrá-la definida como a perda temporária da capacidade de realizar trabalho consecutivo a uma conclusão prolongada do mesmo (Almirall, 1986). De forma mais simples “diminuição temporal da eficiência funcional mental” (Arquer, 1997 e Rosa, 2004).

Autores como Vidal (2003) a define, com outras palavras, dizendo que é um estado de defesa primária que está representada pelo esgotamento nas áreas sensoriais, mentais e físicas, dizendo depois que impede o melhor desempenho ou rendimento no trabalho que realiza.

O gráfico que se segue mostra um esboço geral dos estados decorrentes do trabalho, apresentando-as como positivas e negativas.

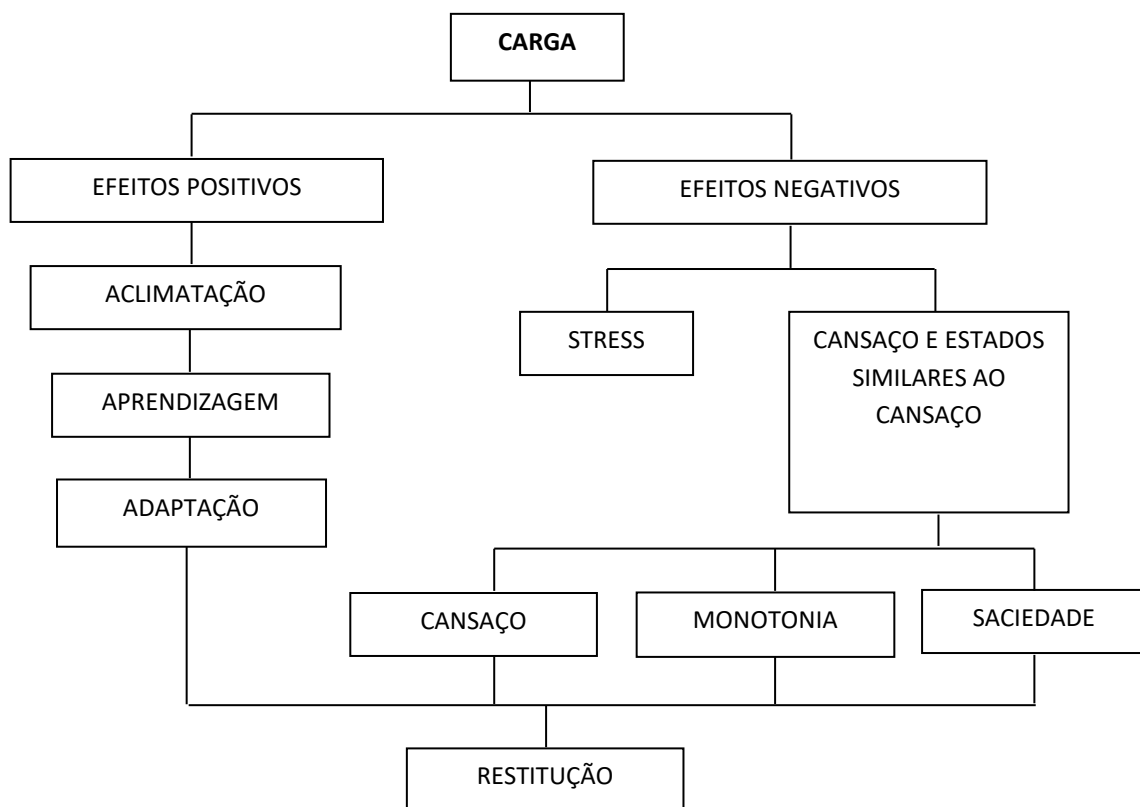


Figura 1.1- Efeitos da carga de trabalho mental

Cuixart (2003) faz referência à resposta que tem o corpo como consequência do stress, analisados desde o ponto de vista biológico, lembrando que a resposta do corpo varia, dependendo da fase em que se encontra, ou seja, a **fase da tensão inicial** (ocorre uma ativação geral do corpo, onde as alterações que se produzem são facilmente remissíveis, ou seja, se excluído melhora a causa), ou a **fase de tensão crônico ou prolongado stress** (os sintomas convertem-se em permanentes e desencadeia a doença).

A tabela 1.1 traz vários exemplos das alterações que ocorrem em alguns parâmetros:

**Tabela 1.1 Consequências biológicas do stress**

Afetação	Tensão (Fase Inicial)	Stress
cérebro	Ideação valiosa e rápida	Dor de cabeça, câimbras, tremores, insônia, pesadelos
Humor	Concentração mental	Ansiedade, perda do senso de humor
Saliva	Muito reduzida	Boca seca, nó na garganta
Músculos	Maior capacidade	Tensão e dores musculares, tic nervoso
Pulmões	Maior capacidade	Hiperventilação, tosse, asma, taquipnea
Estômago	Secreção ácida aumentada	Ardor, indigestão, dispepsia, vômitos
intestino	Aumenta a atividade motora	Diarréia, cólicas, dor, colite ulcerativa
bexiga	Diminuição do fluxo	Poliúria
Sexualidade	Irregularidades menstruais	Impotência, frigidez, amenorréia, dismenorréia
Pele	Baixa umidade	Seca, prurido, dermatite
Energia	Aumento de gasto energético, aumento consumo de oxigênio	Fadiga fácil

Coração	Aumento do débito cardíaco	Hipertensão, dor no peito
---------	----------------------------	---------------------------

A restituição dessa energia desempenha um importante papel na reversibilidade dos efeitos negativos produzidos, pois se esta não é adequada ou suficiente, a sensação de fadiga passa a constituir um estado desagradável, chegando a ser intolerável, resultando em diferentes estados: esgotamento e excesso de trabalho.

A atividade laboral exige um determinado esforço, o que representa para ele, uma carga de trabalho mental que exige determinados requisitos do organismo. Entende-se por carga de trabalho mental a diferença “...entre as demandas cognitivas de um posto de trabalho ou tarefa e a capacidade de atenção do trabalhador ...” (Almora, Urgell e Cortadaa, 2001).

A adaptação das exigências que impõem o trabalho ao homem, de forma que não ultrapassem as suas capacidades é a base do problema.

A fadiga afeta três diferentes níveis básicos, destacando-se sua unidade de ação a:

- a. **Nível fisiológico**, com a diminuição da atividade do organismo e a diminuição do desempenho no plano de trabalho.
- b. **Nível psicológico**, com uma sensação de desconforto acompanhado por uma série de alterações funcionais.
- c. **Nível psicofisiológico**, considerado como um estado intermediário entre os dois anteriores.

Apesar da disparidade de opiniões sobre a fadiga há um consenso, mais ou menos geral, de considerá-la como um fenômeno de caráter central, com manifestações psicológicas, fisiológicas e psicofisiológicas, que para serem avaliadas necessitam correlacionar as informações tomadas em diferentes níveis.

Há também uma concordância ao afirmar que ao surgimento da fadiga intervém, não só as características da tarefa que o indivíduo desenvolve, mas também é importante considerar as condições ambientais presentes nas zonas onde se desenvolve a atividade do trabalhador, assim como o fator humano e social. Entre os autores concordam com isso está Rosa (2004)

que insiste em esclarecer duas coisas, um: “cansaço nem sempre é motivado pelo trabalho”, e outro, “nunca é motivado apenas pelo trabalho”.

Apud, (1999) afirma que: “A fadiga é um estado de espírito de cansaço e de exaustão devido ao esforço físico e mental extremo, resultante das condições ambientais, do clima social do trabalho, das características próprias da atividade desenvolvida e de elementos associados a sua vida pessoal e familiar”.

**Outros fatores que devem ser considerados são:**

- a. A reação não específica do organismo perante o trabalho físico e mental.
- b. Os variados mecanismos de compensação do homem perante o seu esforço.
- c. O estado que se encontra os diferentes estágios da fadiga.

A tensão adicional criada como consequência da atenção necessária para as necessidades extra laborais: superação técnica ou profissional, atenção aos filhos e familiares em geral, e outras, pode representar uma carga adicional para o trabalhador, cuja magnitude dependerá da urgência da situação.

Determinadas circunstâncias econômicas ou políticas também podem mascarar a fadiga, em especial reivindicações salariais ou determinado contexto político que impulsionam a tensão interna, e, muitas vezes não são percebidos, no ambiente de trabalho, os seus efeitos. Essas situações podem ser toleráveis em curto prazo, mas insustentável, se prolongadas.

Outros pesquisadores têm abordado o problema da fadiga tentando encontrar a base neurofisiológica que a sustenta.

O cientista Pavlov disse, há muitos anos, que a atividade organizada, destinada a uma meta requer a manutenção de um “tono cortical ótimo”. Isso quer dizer que para que os processos mentais humanos sigam seu curso correto, o estado de vigília é fundamental. É apenas em condições ótimas de vigília que o homem pode receber e analisar informações; que os necessários sistemas seletivos de conexões podem ser trazidos à mente, sua atividade programada e o curso de seus processos mentais verificados, seus erros corrigidos e sua atividade mantida em um curso apropriado.

Investigações posteriores mostraram, porém, que a estrutura que regula o tono cortical encontra-se no subcórtex e tronco encefálico.

Outros pesquisadores demonstraram que a formação reticular, não só tem muitas proporções ativadoras, mas também que tem muitos efeitos de inibição. A estimulação de certos núcleos produzia invariavelmente ativação enquanto que a estimulação do restante dos núcleos levou a mudanças características do sono e do desenvolvimento adequado dele.

Na primeira fase de estimulação o efeito inibidor se manifesta como uma diminuição da capacidade de reação e sonolência. Se a estimulação continua, o relaxamento geral continua, aparecendo a sonolência e finalmente o sono. Foi provado mais tarde que esta inibição ativa pode ser estendida para o córtex cerebral.

Quando a variedade de estímulos provenientes do exterior é muito grande e exige um nível de atenção sustentada e elevada, a formação reticular por certo período de tempo, responde às exigências da tarefa, que prolongada, começa a ocorrer um retardo, uma demora entre aparição do estímulo e a conseqüente resposta, aumentando a defasagem na medida em que se amplia a tarefa. A intensidade de um estímulo requer certa postura de atividade de SNC que há de modular a resposta adequada na medida em que o estímulo o condiciona.

O tônus de vigília normal que normalmente desenvolvemos a nossa atividade é insuficiente para enfrentar novas situações que se transformam em estímulos relevantes exigindo uma postura de vigília maior.

**As fontes de ativação são:**

- a. Os processos metabólicos.
- b. A chegada de estímulos do mundo exterior.
- c. O desejo, as intenções e os planos.

As duas últimas fontes de ativação podem, no homem imerso no subsistema, meios de produção/ambiente, desempenhar um papel importante no aparecimento da fadiga.

O trabalhador, cujo trabalho demanda constantemente mudanças dos estímulos, requer um elevado nível de alerta que se manifesta em uma mobilização do organismo para enfrentar as possíveis surpresas. Pavlov o chamou de “reflexo de orientação”.

No entanto, em situações caracterizadas por uma baixa estimulação ou por uma repetição de um mesmo estímulo se traduz, igualmente, em uma redução em nível de ativação cerebral. Luria (1981) explica este efeito, considerando que cada resposta a um estímulo exige uma comparação com os antigos e que, esta é a que permite comparar se o estímulo é novo e deve dar lugar a um novo reflexo de orientação. Se não for assim, não requer um movimento especial do organismo, de forma que não se constrói o hábito ao perder a sua novidade, isto é, ou porque os estímulos externos demandam uma mutante e sustentada atenção, em nível muito elevado, ou porque os estímulos são monótonos e redundantes, surge então, como uma consequência possível, a fadiga.

### 1.3. ISO 10075 e sua relação com a carga mental do trabalho

Vários autores têm se referido às questões abrangidas na norma ISO 10075, relacionada com a carga mental. Entre eles podemos encontrar Apud (1999) e ARQUER (2002).

Apud (1999), descreve os três estágios da fadiga, provocada pelo efeito da ativação mental (excesso ou defeito): a monotonia, hipovigilância e a saturação mental. O quadro resumo a seguir apresenta cada um desses estágios, com a descrição e as consequências que eles trazem.

**Tabela 1.2- Declarações, descrições e consequências da fadiga mental, de acordo com a norma ISO 10075.**

Estados de Fadiga segundo a Norma ISO 10075	Descrição	Consequência do Estado
<b>Monotonia</b>	Estado de ativação reduzido, principalmente nas tarefas ou atividades longas, uniformes e repetitivas.	Sonolência, apatia, diminuição e flutuação de desempenho, redução da adaptabilidade e da capacidade de resposta e elevado nível de variabilidade da frequência cardíaca.
<b>Hipovigilância</b>	Estado de evolução lenta.	Redução do rendimento na detecção, em tarefas de vigilância pouco variadas.



<b>Saturação mental</b>	Estado de transtorno nervoso e rejeição fortemente emocional a uma tarefa ou a uma situação repetitiva.	São irritabilidade, diminuição do desempenho, sensação de fadiga física e uma tendência a guardar-se, encolher em si mesmo.
-------------------------	---	---

Muitas são as fontes de pressão mental que afeta os indivíduos no seu ambiente de trabalho. Dentre elas podemos citar:

**1) As exigências da tarefa:** É extremamente importante considerar cada um dos fatores e/ou condições que a integram, os mesmos exercem pressão sobre a pessoa que executa o trabalho e tem uma estreita relação com o resultado final em cada um dos postos de trabalho onde se trabalha, entre as principais exigências da tarefa estão:

a- Atenção sustentada em uma ou mais fontes de informação.

b-Tratamento da informação: relacionado com a carga de trabalho mental, referindo-se ao número e à qualidade das informações que se devem tratar e às fontes de informação, a disponibilidade em que se encontram, as inferências que se deve fazer e as decisões que devem tomar.

c- O nível de responsabilidade que é atribuído à pessoa, seja responsabilidade pela saúde e pela segurança de outras pessoas (clientes internos e externos da empresa) ou por perdas de produção.

d- A duração e o perfil temporal da atividade: o horário de trabalho, pausas, trabalho por turnos.

e- O conteúdo das tarefas: controle, planejamento, execução e avaliação.

f- O risco que envolve a tarefa a ser realizada: o local em que se desenvolve (aéreo, subterrâneo ...), por questões de tráfego, pelos materiais (explosivos, citostáticos) que são gerenciados etc.

**2) As condições de trabalho:** É de extrema importância que na organização, se esforcem e trabalhem para garantir as condições que permitam o bom desempenho do trabalho. Para isto

é necessário criar um ambiente que facilite a percepção e a atenção de cada pessoa que trabalha na área, mantendo o controle adequado sobre alguns elementos que podem impedir a consecução dos objetivos pretendidos, tais como:

- a- Excesso de ruído.
- b- Mau desenho do sistema de iluminação.
- c- Condições térmicas inadequadas.
- d- A má qualidade do ar.

**3) Características individuais:** Cada pessoa tem diferentes níveis de tolerância e/ou reação ao stress ou cansaço, razão pela qual se explica as variações que se observa no desempenho e na saúde dos trabalhadores em atividades similares. Estas características alteram a relação entre as pressões de trabalho e as tensões da pessoa, no sentido de que modulam a relação entre as exigências da tarefa e os esforços realizado para satisfazê-lo.

De modo geral, pode-se destacar as habilidades e atitudes, o estado geral da saúde e as necessidades pessoais e o estilo de vida.

**4) Fatores sociais e organizacionais:** Dentro dos elementos próprios da organização que podem afetar os trabalhadores e causar stress estão:

- a- A hierarquia dos controles.
- b- O tipo de organização.
- c- O conflito.
- d- Os contatos sociais.
- e- Os fatores do grupo.

#### **1.4 Relação entre a fadiga mental e regimes de trabalho/descanso**

Em análises realizadas sobre os diferentes aspectos envolvidos no surgimento e na evolução de fadiga mental, se evidencia que um correto planejamento dos regimes de trabalho/descanso, desempenha um papel importante.

A aplicação adequada dos R-T-D (Regimes de Trabalho/Descanso), é fundamental para prevenir os efeitos nocivos da fadiga, pois muitas vezes não é a duração do trabalho o mais cansativo, mas a forma como é realizada de forma contínua.

Quando as pessoas estão executando um trabalho mental contínuo, as sensações subjetivas de fadiga provavelmente aumentam na mesma proporção, independentemente da duração do trabalho.

O descanso tem sido definido como o período para se recuperar dos efeitos do trabalho. Uma definição posterior afirma que:

**Tempo de descanso:** É o que se necessita para o trabalhador possa se recuperar e prevenir a fadiga que lhe produz o trabalho em função das características do processo de produção e das condições existentes.

É importante destacar que este conceito não inclui o tempo para as necessidades pessoais, ou seja, como necessário para a realização das necessidades fisiológicas e conservação da higiene pessoal.

Por regimes de trabalho e descanso, deve ser entendido não só o tempo do trabalho, mas também sua distribuição no mesmo dia, assim como o carácter ativo e passivo das pausas.

Os efeitos negativos do trabalho podem surgir não apenas no sobreesforço do trabalhador, mas também durante o subesforço. Assim sendo, tanto nas tarefas que ultrapassam as capacidades e limitações do trabalhador, como quando estas exigem muito pouco os efeitos negativos podem surgir.

O estudo dos regimes de trabalho/descanso desempenha um papel importante no aperfeiçoamento da organização do trabalho, isso contribui para o equilíbrio ideal entre as condições em que se realiza um determinado trabalho, e a capacidade do homem para realizá-lo, contribuindo para o aumento da produtividade e a eficiência econômica, sem prejuízo para a saúde do trabalhador.

Para a eficiência do estudo é imprescindível conhecer a capacidade de trabalho do trabalhador e detectar quando ocorrem alterações que podem conduzir à deterioração da atividade ou a dar origem a alterações fisiológicas ou psicológicas.

## **Elementos que integram os regimes de trabalho e de descanso**

Viña (1985) levanta os aspectos que devem ser levados em consideração para a organização de regimes de trabalho e descanso.

**1) Determinação do tempo total de descanso necessário:** A determinação do tempo total de pausa ou de suplementos por descanso é, em essência, o considerado para que o trabalhador recupere o cansaço e para que possa atender suas necessidades pessoais.

A determinação destes suplementos por descanso é um elemento que tem sido altamente controvertido. É difícil estabelecer este tempo e há diversos autores que criaram suas metodologias próprias para determiná-las. Inclusive se considera que “a maioria dos especialistas de renome de todo o mundo tem cada um a sua própria metodologia e parecem dar bons resultados” (OIT, 1998).

A dificuldade reside no grande número de elementos envolvidos. Entre os mais importantes se encontram:

- a- Fatores relacionados ao indivíduo.
- b- Fatores relacionados à natureza do trabalho.
- c- Fatores relacionados ao meio ambiente.

Esta mostra da diversidade de fatores que intervêm no cálculo exato dos suplementos de descanso têm provocado que prestigiadas instituições, como a Organização Internacional do Trabalho, adotem regras relativas à sua determinação (OIT, 1998).

Mas, de qualquer forma que seja efetuado seu cálculo, sempre será melhor do que defini-lo arbitrariamente.

Uma vez calculado o suplemento de descanso é aconselhável verificar o seu resultado com o objetivo de verificar se se ajusta ao tempo que realmente necessita o trabalhador a fim de que o método utilizado não sofra por ser muito rigoroso ou generoso.

Os conhecidos benefícios que os períodos de repouso bem organizados trazem, pode-se agregar que contribuem para o controle da disciplina do trabalho, já que estes constituem uma necessidade na maioria das situações, que se não se programa, o trabalhador tenta levá-lo por

vontade, então o correto é programá-los e controlá-los. O risco de que um trabalhador leve mais tempo do que o necessário, argumentando que ele necessita de um maior tempo de descanso, é mais provável onde se remunera o trabalhador por tempo, ao não existir descontos no salário por este motivo.

Os suplementos por descanso têm dois componentes principais:

### **Suplementos Fixos**

**a) Suplementos por necessidades pessoais:** Aplicado aos casos inevitáveis de abandono do posto de trabalho.

**b) Suplemento por fadiga básica:** É sempre uma quantidade constante e se aplica para compensar a energia consumida na execução do trabalho e para aliviar a monotonia.

**Suplementos variáveis:** Se adiciona quando as condições de trabalho impedem de realizar a tarefa sentado, com más condições ambientais e que o trabalho não seja considerado como rápido.

**a) O caráter do descanso:** Diferentes autores têm sugerido ou aplicado uma modalidade de descanso que consiste em mudar com relativa frequência a atividade que se desenvolve habitualmente com outra atividade que envolve outras estruturas anatômicas que tenham estado em descanso parcial ou total. Alguns pesquisadores têm chamado multiofício, outros simultaneidade.

Dentre as dificuldades que se pode atribuir à implementação desta variante de descanso pode-se mencionar:

- 1) Que o trabalhador domina a atividade de ambas profissões, o qual pode exigir uma qualificação adequada.
- 2) Pelo menos um dos postos de trabalho permita manter-se sem o trabalhador por um curto período de tempo, o que facilita que se produza a mudança. Em processos de produção contínua, isto poderia ser uma limitação.
- 3) Que a proximidade das operações possibilite a alteração, pois pode ocorrer que se são áreas muito distantes dentro da empresa, se traduziria em tempo improdutivo.

4) Ajustar o salário pago às novas condições, remuneração diferente para cada profissão.

Conseguir essa mudança de conteúdo do trabalho se torna mais fácil na medida em que o nível de qualificação seja mais baixo, pois é mais frequente encontrar trabalhadores que conheçam os conteúdos dos dois trabalhos.

Nas tarefas eminentemente intelectuais, não é tão fácil, pois nelas trabalham, normalmente, trabalhadores de uma alta qualificação, de grande experiência, nas mãos dos quais se encontram importantes decisões industriais.

O problema é que é exatamente aí onde é mais necessário se promover a mudança de atividade, pois é aí que o trabalhador está submetido a um maior rigor, a uma maior pressão de trabalho.

Nessas situações, poderia ser conveniente, não existir objetivamente uma possível mudança de atividade, pois o trabalhador que está exposto a alta carga de trabalho mental, durante curtos períodos de tempo que estiveram incluídos dentro dos suplementos variáveis de descanso (que devem ser grandes pelas características complexas da tarefa), realizará uma atividade totalmente alheia ao seu conteúdo de trabalho, sempre que ele demonstrar muito baixo rendimento e não exigir esforços semelhantes na tarefa básica.

A vantagem seria demonstrada pela redução do tempo improdutivo dado pelo descanso inativo.

Este tipo de procedimento pode ser classificado como **descanso ativo produtivo**.

Outra forma de ativação de descanso constitui a **ginástica de trabalho**. Esta deve ser aplicada onde não há a possibilidade de alternativa de atividades ou como um complemento da mesma.

O outro método de estabelecer os suplementos variáveis é a partir das **pausas inativas**. Mesmo nestas, introduz-se alguns elementos que têm favorecido a aceleração da recuperação do homem.

Qualquer que seja o caráter que se dá ao descanso, tem que ajustar-se ao tempo estabelecido, caso contrário, poderia quebrar a disciplina do trabalho.

**3) Distribuição total das pausas de descanso:** A distribuição das pausas de descanso depende dos efeitos negativos que tem tido o trabalho no homem.

Nas tarefas mentais, as alterações que sofrem os indicadores relacionados com os três níveis que se tomam como indicadores de fadiga mental, pode-se assinalar o momento de estabelecer o descanso.

Outros elementos que podem ser utilizados são os indicadores próprios da tarefa, quer dizer, a redução ou deterioração do trabalho evidenciados em um aumento do número de erros, em uma diminuição da qualidade, ou talvez, na produtividade. Estes não são facilmente detectáveis em todas as tarefas, pois em algumas ocasiões a diminuição da capacidade de realizar trabalho, como consequência de um trabalho precedente, se esconde em um conjunto de fatores. O que impossibilita individualizar a deterioração que sofreu a tarefa. Especialmente quando, no produto final, há a intervenção de uma grande quantidade de elementos, é muito difícil tratar de particularizar que a deterioração sofrida nesse produto final é a fadiga do trabalhador e não de qualquer outro fator, objetivo o subjetivo, cuja deficiente aplicação traria como consequência um efeito igual à má operação do trabalhador, produto da fadiga.

Em todos estes casos é preciso programar as pausas quando se começa a detectar a ocorrência de um comportamento anormal dos indicadores relacionados com os três níveis antes mencionados, ou dos próprios da tarefa.

Se se realiza uma avaliação conjunta deles, a distribuição das pausas será, logicamente, mais precisas.

Existem alguns critérios gerais que devem ser considerados ao estabelecer a duração e o número de pausas de descanso.

Quando o trabalho pode ser considerado ligeiro e monótono, as pausas breves e frequentes contribuem a aliviar a monotonia.

Geralmente as pausas devem ser mais frequentes pela tarde do que pela manhã, devido a acumulação de fadiga durante o dia.

Caso se considere necessário, pode-se destinar uma das pausas para o lanche, com uma duração variável de 10 - 15 minutos, dependendo da distância do local de trabalho e o lugar do lanche.

Em trabalhos de turnos corridos ou prolongados, as pausas devem ser estabelecidas nos momentos que os fatores tecnológicos e organizativos o fazem inevitáveis. Em linhas gerais se contemplarão uma ou duas pausas mais longas, de aproximadamente 10 - 15 minutos, garantindo a não necessidade da substituição ou da renúncia dos trabalhadores.

Além destes fatores é necessário considerar o tempo ou a duração da jornada do trabalho assim como o horário para seu cumprimento.

## **1.5 Indicadores para medir a carga mental**

A necessidade de conseguir nos sistemas homem/máquina altos graus de satisfação, eficiência e bem-estar, e segurança no desenvolvimento do trabalho, é o que tem levado, ao longo da história, a investigações sobre as formas de avaliação da carga mental.

Variados indicadores para avaliar a fadiga mental têm sido aplicados com mais ou menos frequência pelos pesquisadores, no entanto, há um consenso de que estes são agrupados em três níveis: **fisiológico**, **psicológico** e **psicofisiológico**, chamando-os de procedimentos baseados em desempenho, procedimentos subjetivos e medidas fisiológicas (Almora, Urgell e Cortadaa, 2001).

### **1.5.1 Nível fisiológico**

Os indicadores fisiológicos são utilizados sob a suposição de que a carga mental de uma tarefa se pode avaliar através do grau de ativação fisiológico. Apresentam algumas desvantagens onde se destaca suas enormes requisitos implantação. A má aceitação com que é recebido pelos sujeitos que participam na avaliação e, sobretudo, as dúvidas sobre sua validade como índice de carga mental de trabalho. Entre eles se destacam a medida do componente P300 dos potenciais evocados, o diâmetro pupilar e a frequência cardíaca (Almora, Urgell e Cortadaa, 2001).

Serão comentados, então, aqueles que são de uso relativo e boa aceitação.

#### **a) A frequência cardíaca**

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é considerada como um indicador de alta sensibilidade e especificidade para atividades que exigem esforço mental considerável.



Perante situações de stress ocorre um aumento da frequência cardíaca, que, segundo Selye (*apud* Villavicencio, 2001), não segue um aumento uniforme, por estar estreitamente relacionada com determinados traços de personalidade. Hirschman Harvey (*apud* Villavicencio, 2001) encontraram variabilidade de respostas destes indicadores quando compararam a resposta em indivíduos extrovertidos e indivíduos neuróticos, o que confirma a afirmação feita por Selye.

O ligeiro aumento da FC é devido a pequenos movimentos e à manutenção de posições específicas, que exigem uma determinada atividade muscular específica.

#### **b) Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)**

É o indicador fisiológico mais associado ao esforço mental, mas também tem sido controverso.

A VFC é uma alteração no grau de excitabilidade do tecido cardíaco, produto de uma variação na origem do estímulo elétrico excitado ou em sua condição normal.

A origem fisiológica da diminuição da VFC perante esta situação se deve a diversos reflexos circulatórios.

Outras causas são distintos reflexos vasomotores, que, como resultado da variação no tônus vagal, podem ser a causa da arritmia sinusal e sugerem que tais variações podem ser causadas por uma ataxia do SNC, talvez influenciada pela ação da formação reticular.

A magnitude da sua variação está comprometida em grande parte por fatores individuais, fatores externos e a dificuldade de medi-la, o qual provavelmente seja a causa dos resultados controversos encontrados.

No entanto, ao contrário do que acontece com a frequência cardíaca, há um consenso geral de que a VFC, é sensível ao esforço mental, como é corroborado os trabalhos de Almirall (1986) e Dihigo (1989).

Recentes pesquisas sugerem que a VFC pode chegar inclusive a refletir, antes de qualquer outro indicador, a intensidade de esforço mental, mesmo que momentaneamente.

### **c) Alterações nos níveis de colesterol**

Em pessoas submetidas a situações de stress foram observadas evidências de aumento dos níveis de colesterol, como resultado do metabolismo lipídico. Parece ser que as alterações hormonais, sobretudo, elevados níveis de cortisol e catecolaminas circulantes exercem uma forte influência sobre essas mudanças.

Selye, em 1930, havia postulado a teoria da Síndrome Geral de Adaptação (SGA) baseada na relação entre o SNC e o sistema endócrino (*apud* Villavicencio, 2001).

O colesterol e seus ésteres têm o maior potencial aterogênico entre os lipídicos podendo acelerar a progressão da doença vascular aterosclerótica sobre todas coronariopatias, presença de hiperlipemias.

Amaro Méndez observou em pacientes com neuroses de ansiedade, sob tratamento de ansiolíticos e depressivos uma diminuição significativa da colesterolemia após tratamento em aqueles que apresentavam um valor inicial patológico ou duvidoso.

Embora existam algumas discrepâncias, alguns estudos mostram um aumento do colesterol nos homens em comparação com as mulheres, assim como a herança desempenha um papel importante na concentração de lipoproteínas no plasma.

A dieta e sua íntima relação com o peso corporal parecem ser fatores decisivos sobre o assunto. Tampouco parece haver dúvida da influência que neles exercem as características da personalidade.

Outros aspectos relativos aos estilos de vida, principalmente o fumar e o consumo de bebidas alcoólicas, também aumenta a concentração de lipoproteínas.

O colesterol, em contraste com outras frações lipídicas, se altera especificamente quando a atividade exige o concurso das capacidades e rendimento do homem, assim como quando põe em risco os planos futuros do seu desenvolvimento intelectual.

#### **1.5.2 Nível Psicofisiológicas**

Os principais indicadores que se encontram neste nível são:

**1- Tempo de Reação (TR):** É o registro do tempo que transcorre desde o início do sinal do estímulo até que se executa a ação de resposta.

Alguns autores têm definido o tempo de reação como um tempo empregado para reagir voluntariamente com um movimento dado, a um determinado estímulo, sugerindo que é uma medida importante para estudar numerosos processos mentais.

O TR é capaz de revelar o déficit funcional produzido como resultado de prolongadas atividades com elevada carga emocional e com a participação do analisador visual.

Além dos atrasos em que podem decompor-se o TR este está influenciado pelas características individuais. O TR aumenta quando a atividade exige uma carga mental considerável e, portanto, a fadiga é maior.

Uma modalidade deste indicador é o tempo de reação simples redundante, em que há indícios de que é melhor que o TRS ao participar dois canais de entrada de informação, indicando a mesma mensagem.

**a) Umbral de discriminação tátil (UDT):** É a mínima distância em que é possível distinguir entre dois estímulos táteis.

Os receptores fásicos são notavelmente sensíveis a mudanças no nível de atividade do sistema nervoso central, o qual permite a introduzir como indicador de fadiga mental, tal e como mostram muitas pesquisas.

Selye estabelece que existe uma diminuição significativa da agudeza do tato quando há uma sobrecarga do analisador visual (*apud* Villavicencio, 2001).

Almirall (1986), apoia as observações feitas por Selye em virtude de experiências realizadas em trabalhadores expostos a carga física e mental. A sensibilidade ao toque varia consideravelmente em diferentes regiões da pele, de modo que, por razões práticas, utilizou-se o dorso da mão para sua medição.

Dentro dos receptores táteis os corpúsculos de Meissner e Paccini, talvez sejam os mais comprometidos pelas características de medição do UDT, pois, por sua localização na pele e sua sensibilidade os coloca em uma posição vantajosa para reconhecer os estímulos destas características.

**c) Frequência de Discriminação Cromática (FDC):** Consiste em determinar a mínima frequência na qual se discrimina a composição cromática de um disco que diminui sua velocidade paulatinamente.

Não existem experiências prévias na sua aplicação, pois foi proposto pela primeira vez no presente livro, depois de ser registrado um equipamento que mede este indicador psicológico em uma patente (Dihigo, 1989).

A FDC é um parâmetro de excitabilidade das vias visuais e, presumidamente em todo o SNC, embora ele só tenha sido utilizado até agora em trabalhadores cujas profissões exigem o concurso do analisador visual, talvez seja capaz de refletir a disfunção geral do sistema pois segundo Luria (1978), a característica não específica da formação reticular afeta todas as funções sensoriais e motoras do corpo.

No entanto, outros indicadores, como a frequência crítica de fusão, se discute sua validade em profissões que não exercem o analisador visual. Somente a sua aplicação irá mostrar se é ou não útil para outras situações.

**d) Destreza manual:** Utilizada para medir a rapidez, a coordenação e outras características das respostas do movimento.

É um teste de papel e lápis constituído por três sub-provas: pontilhando, marcando e labirinto, que são aplicadas uma vez quando se termina o trabalho . Permite mostrar as modificações originadas pela fadiga para determinar o número de erros cometidos pelo sujeito, os que são avaliados ao comparar-se com os resultados normais para essa população.

### **1.5.3 Nível Psicológico**

Existe uma grande variedade de procedimentos subjetivos e/ou psicológicos que são úteis para avaliar a carga mental, entre eles pode-se mencionar: Teste Yoshitake, a Escala de Cooper-Harper, The Bedford, SWAT (subjetiva Workload Assessment Technique), NASA-TLX (Task Load Index) e WP (Workload Profile). Alguns deles serão discutidos mais tarde. É necessário dizer que uma das principais desvantagens que apresentam está relacionada com o momento de escolher entre as diferentes técnicas, em função de qual será o objetivo e/ou o âmbito da pesquisa (Almora, Urgell e Cortadaa, 2001).

Para que se possa entender melhor o que foi dito, as técnicas serão explicadas a seguir:

**Teste de Yoshitake** : Este é um teste que dá origem ao aparecimento desse tema, onde o sujeito auto avalia as sensações subjetivas dos efeitos negativos da carga de trabalho, isso é possível com a implementação de um questionário em que o sujeito faz uma análise subjetiva acerca do seu cansaço.

**Tabela 1.3 Teste Yoshitake**

Nome:		Data:	
Profissão:			
Perguntas	Sim	Não	
1. Sente peso na cabeça?			
2. Sente cansado no corpo?			
3. Sente as pernas cansadas?			
4. Ten vontade de bocejar?			
5. Se sente confuso, tonto?			
6. Sente os olhos cansados?			
7. Sente rigidez ou tropeça em seus movimentos?			
8. Sente sonolência?			
9. Ao estar de pé, fica inquieto?			
10. Tem desejo de dormir?			
	<b>Total Sub</b>		
11 Sente dificuldade para pensar?			
12. Se cansa ao falar?			
13. Está nervoso?			
14. Se sente incapaz de fixar a atenção?			
15. Se sente incapaz de se interessar por alguma coisa?			
16. Se esquece das coisas facilmente?			

17. Perdeu a confiança em si mesmo?		
18. Se sentes ansioso?		
19. Mantém posições incorretas com o seu corpo?		
20. Perde a paciência com facilidade?		
<b>Total Sub</b>		
21. Sofre de dores de cabeça?		
22. Sente dormência nos ombros?		
23. Sente dor nas costas?		
24. Tem dificuldade para respirar?		
25. Sente sede?		
26. Sente tontura?		
27. Sente sua voz rouca?		
28. Suas pálpebras tremem?		
29. Suas pernas ou braços tremem?		
30. Se sente doente?		
<b>Total Sub</b>		
<b>Total</b>		

**Classificação:**

O teste estabelece como um parâmetro para reconhecer a existência de fadiga, mais de 20% para homens e mais 23,3% para as mulheres.

Em experiências realizadas pelos autores em 25 indivíduos expostos a altas demandas cognitivas em usinas de açúcar, foi comprovado que 76% da sua valorização era a fadiga mental.

## **SWAT "Subjective Workload Assessment Technique",**

Paylos e Aguilar explicam que este indicador foi desenvolvido por Reid & Nygren devido à necessidade de uma medida da carga de trabalho com propriedades métricas conhecidas, úteis em situações de trabalho.

SWAT recolhe dados de forma pouco invasiva e usa um procedimento de escala conhecida como escala conjunta. Consegue as respostas em uma situação de trabalho através de três descritores para cada um dos três fatores com os que define operativamente carga mental de trabalho. Este enfoque minimiza o tempo necessário para dar respostas na fase de pontuação e reduz o número e a complexidade dos descritores que devem memorizar a pessoa. No entanto, apresenta dois problemas: não é muito sensível para baixas cargas de trabalho mental e precisa de muito tempo para a primeira fase, a construção da escala.

Essa técnica reflete a natureza multidimensional da carga mental, de trabalho, que pode ser explicado por **três fatores**:

- a. A carga de trabalho por aspectos temporais ("time load"): tempo disponível, margens de tempo.
- b. A carga por esforço mental ("mental effort load"), tomada de decisão, estimativas e cálculos, atendimento de fontes de informação, memória imediata e de longo prazo, etc.
- c. A carga por pressão psicológica ("Psychological stress load"), ou seja, por qualquer coisa que contribui para a confusão, a frustração e a ansiedade do trabalhador: motivação, formação ou treinamento, fadiga, saúde, estado mental, medo de dano físico, medo do fracasso, stress, desconhecimento do trabalho, desorientação e estressores físicos: temperatura, vibração, ruído, mesmo em grau moderado, podem exigir um maior esforço da pessoa e algum desconforto ou irritação.

### **As etapas para se desenvolver o método são:**

**Fase de construção da escala:** se familiariza as pessoas com os descritores e se obtém dados referentes a como se combinam estas dimensões para criar cada impressão pessoal concreta de carga de trabalho. Se pede que a pessoa ordene diferentes atividades (hipotéticas) segundo a sua percepção da carga de trabalho. Para cada atividade deve especificar a distribuição

concreta de carga através das três dimensões. Estes dados se transformam em uma escala de intervalo de carga de trabalho que vai de 0 até 100.

**Fase de pontuação:** Se coleta as informações sobre a carga de trabalho associada ao desempenho de uma atividade atribuindo uma pontuação de 1 a 3 em cada uma das três dimensões. O valor de escala associado a esta combinação (obtida na fase anterior) é, portanto, atribuído como o valor da carga de trabalho para tal atividade.

**NASA-TLX (Task Load Index):** Este método é explicado por García (*et al*, 2001). Ele explica que o método é desenvolvido por Hart e Staveland, e é a técnica utilizada na NASA para avaliar a carga mental. Nessa técnica se distinguem seis dimensões da carga mental.

Como SWAT, o procedimento de aplicação está constituído por duas fases.

**Fase de ponderação:** é prévia à realização da tarefa, consiste em realizar as 15 comparações binárias das 6 dimensões, escolhendo, de cada par, a que o sujeito percebe como a maior fonte de carga. Para cada dimensão, se obtém um peso que é dado pelo número de vezes que este foi selecionado nas comparações binárias. Este peso pode variar entre 0 (a dimensão não tenha sido escolhido, em nenhuma das comparações) e 5 (a dimensão foi escolhida para todas as comparações que apareciam).

**Fase de valoração:** imediatamente depois de realizar a tarefa, o sujeito tem de estimar, em uma escala de 0 a 100, dividida em intervalos de cinco unidades, a carga mental da dita tarefa, devido a cada uma das seis dimensões.

Com os dados obtidos nessas duas fases se calcula um índice global da carga mental da tarefa.

**O WP (Workload Profile):** Ainda se encontra em fase de desenvolvimento. Como as próprias autoras reconhecem, ainda é necessário investigar mais profundamente as propriedades deste procedimento antes de estabelecer conclusões definitivas sobre a sua utilidade e sua aplicabilidade. Apesar disso, os resultados obtidos até o momento permitem pensar que se trata de um procedimento subjetivo bem promissor.

**Método LEST (Laboratório de Economia e Sociologia do Trabalho)** (ORRANTLA, 2003). Adequado para situações onde o trabalho é muito variado. O objetivo é fazer um diagnóstico das condições de trabalho a partir das informações obtidas nos registros de observação. Além



disso permite a comparação entre os resultados previstos através da matriz da LEST (o subjetivo) e a expressão dos trabalhadores com respeito a seu local de trabalho (o objetivo).

A informação serve como base para elaborar os histogramas que mostram as condições insatisfatórias existentes no local em que está sendo analisado. Os fatores e parâmetros de avaliação que se analisa em LEST são apresentados na Tabela 3, conhecidos como fatores de carga.

Para a aplicação deste método é necessário considerar várias etapas que estão mencionadas a seguir:

a. **Pré diagnóstico:** Se realiza uma avaliação subjetiva das condições de trabalho existentes. Usando a matriz LEST, são mostrados os efeitos econômicos e sociais que podem provocar os fatores de carga de trabalho, tanto para o trabalhador como para a empresa (quando estes são inadequados). Esses efeitos podem ser desde leves até críticos e afetam a saúde do trabalhador, causando cansaço recuperável, doenças profissionais, e em condições extremas, a morte.

b. **Recolha de informação:** guia de observação é um inquérito que permite obter informações sobre os diversos elementos das condições de trabalho existentes no local. Esta informação servirá de base para estabelecer um programa de melhorias. É recomendável que o inquérito seja aplicado por pessoal especializado. Um resumo das informação que se obtém da guia de observação é mostrado, após a tabela 1.4.

**Tabela 1 4- Fatores de Carga de trabalho**

<b>Ambiente Físico</b>	Ambiente térmico Ruído Iluminação Vibrações
<b>Carga Física</b>	Carga Estática (Posição) Carga Dinâmica

<b>Carga Mental</b>	Alerta de Tempo Complexidade/Rapidez Atenção Minuciosidade
<b>Aspectos Psicossociais</b>	Iniciativa Estado Social Comunicações Cooperação Identificação do Produto Duração Tipo Existência de pausas
<b>Tempo de Trabalho</b>	

### **Fatores de carga**

#### **A. Ambiente Físico/Ambiente térmico**

- a. Temperatura do ar no local de trabalho (° C).
- b. Temperatura em diferentes estações do ano (janeiro, abril, julho e outubro).
- c. Temperatura de globo negro.
- d. Grau Hidrométrico.
- e. Velocidade do ar no local de trabalho.
- f. Contato direto com materiais quentes ou frios.

#### **Ruído**

- a. Nível sonoro equivalente dB (A).
- b. Tempo de exposição.

- c. Exposição a ruído impulsivo.
- d. Dados para a análise espectral (banda de frequência hertz e intensidade em decibéis).
- e. Uso e tipo de proteção contra o ruído.

### **Iluminação**

- a. Natureza.
- b. Tipo de iluminação artificial e forma de distribuição (fluorescentes ou incandescentes).
- c. Distância a que se encontram as luzes.
- d. Contraste do posto de trabalho.
- e. Iluminação.
- f. Nível de percepção exigida.

### **Vibrações**

- a. Importância.
- b. Fonte.
- c. Sensações experimentadas pelos trabalhadores.
- d. Parte do corpo onde se percebem as vibrações.
- e. Frequência estimada.

## **B. carga física**

### **Carga estática**

- a. Posturas diferentes e sua duração.
- b. Sentado (altura do assento regulável, encosto), descansa braços, descansa pés
- c. Levantamento e transporte de cargas [peso, altura em que é depositado, o número de cargas deslocadas (hrs)].

- d. Paletização (peso, número de cargas, altura da base da paleta e da altura da paleta, altura sobre a qual a carga é tomada ou depositada).
- e. Deslocamento horizontais com carga, peso, distância de ida e volta com ou sem carga, número de viagens por hora.
- f. Deslocamento vertical (peso, desnível) para uma viagem com carga e/ou sem carga, número de viagens por hora.
- g. Esforços musculares de mão, braço, pernas, conjunto do corpo (intensidade do esforço, duração em segundos, a frequência por hora).

### **C. Carga de trabalho mental**

- a. Tipo de trabalho (repetitivo ou não, em cadeia ou não).
- b. Tempo para alcançar o ritmo, se deve ajustar ao ritmo da cadeia ou máquina.
- c. Incidentes que envolvem atraso.
- d. Risco de deterioração de materiais e/ou do produto.
- e. Frequência de riscos se os erros implicam em rejeição das peças.
- f. Possibilidade de que o trabalhador levante os olhos em relação ao seu trabalho.

### **D. Aspectos Psicossociais**

- a. Trabalhador pode ou não organizar seu trabalho.
- b. Trabalhador pode ausentar-se temporariamente e recorrer um substituto.
- c. Trabalhador intervém na máquina quando ocorre um acidente.
- d. Habilidades e conhecimentos necessários para desempenhar a sua função no trabalho.
- e. Relações Humanas (cooperativas, funcionais, hierárquias).
- f. Possibilidades de comunicar-se e de impossibilidade de resolver os obstáculos.

### **E. Tempo de Trabalho**

- a. Duração semanal do trabalho.

- b. Tipo de trabalho (matutino, vespertino e noturno).
- c. Existências de pautas e números.
- d. Translado, duração e meio de transporte.

**F Avaliação dos fatores de carga:** consiste na atribuição de pontuação para cada fator de carga de trabalho. LEST proporciona indicadores para cada um desses fatores. Os valores dos indicadores são obtidos a partir das tabelas de dados do método, a partir das respostas obtidas no manual de observação e de acordo com os critérios estabelecidos neste método. São apresentados indicadores a cada um dos fatores que foram listados na tabela anterior.

#### **A. Ambiente Físico**

Os fatores de carga que compõem o meio ambiente físico são: o ruído, ambiente térmico, iluminação e vibrações.

**Ambiente térmico:** O ambiente térmico é avaliado mediante a temperatura. Em LEST o indicador para avaliar é a temperatura equivalente ou efetiva. Esta pode ser definida como a temperatura que o indivíduo experimenta a mesma sensação de calor ou frio quando se apresentam diferentes combinações de temperatura do ar, umidade e velocidade do vento.

Geralmente, se deve criar um ambiente cujas condições correspondam a uma zona de conforto de 18 °C, é a condição ideal.

A temperatura interna ótima de 18 °C deve ser combinada com a temperatura externa, o que dá como recomendável as seguintes zonas de conforto:

**Verão: 18 °C a 24 °C.**

**Inverno: 17 °C a 22 °C.**

**Ruído:** LEST apresenta alguns critérios para identificar os ruídos perigosos para o trabalhador, entre os quais:

- a. Intensidade sonora (dB)
- b. Pureza do som.

c. Frequência.

d. Duração da exposição e rapidez.

Para diagnosticar o risco por ruído é necessário estimar o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) para o qual se realiza um estudo de ruído de acordo com a norma ISO.

Na tabela 1.5 são apresentados os valores permissíveis do ruído, segundo as horas de exposição ao que se é submetido.

**Tabela 1.5 Exposições permissíveis ao ruído.**

Duração por dia (horas)	Nível de ruído (dB A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 ou menos	115

**Iluminação:** Este elemento do ambiente físico é avaliado a partir do nível de iluminação: a importância dos contrastes dos objetos manipulados no espaço de trabalho, a natureza e a qualidade da iluminação. Para medir o nível de iluminação utiliza-se um luxômetro ou fotômetro e a medição é expressa em luxes.

**Vibração:** Os fatores importantes na avaliação das vibrações são: a frequência, a amplitude e a duração da exposição. Estes fatores não são fáceis de quantificar, já que exigem um conjunto de aparelhos complexos e caros. Por esta razão, o método de LEST, trata de conhecer a importância das vibrações de forma quantitativa a partir de sua origem e da sensação que experimentam os trabalhadores.

## **B. carga física**

É o resultado das contrações das fibras que constituem o músculo, sob o impulso de excitações nervosas. Também é o esforço físico e pode ser estático ou dinâmico.

**Estático:** Isso ocorre quando a contração muscular é contínua e se mantém durante certo tempo (mantém posturas, sustenta cargas).

**Dinâmico:** Quando há sucessão de tensões e relaxamento dos músculos ativos (caminhar, acionar uma manivela etc).

**Método de avaliação da carga física:** No método LEST a carga física se avalia a partir do consumo de energia (gasto quilocalórico) necessário para executar uma tarefa e consiste em decompor ao máximo as diferentes sequências do trabalho realizado pelo trabalhador para determinar:

a) Os diversos esforços estáticos correspondentes às posturas e a duração acumulada de cada um deles.

b) Os esforços dinâmicos resultado de transportes e levantamento de cargas, o deslocamento do trabalhador (horizontal e vertical) e os esforços realizados pelos diferentes conjuntos musculares do corpo.

O consumo de energia global é obtido pela soma dos gastos de energia de origem estática e dinâmica.

## **C. Carga mental**

É um dos aspectos ergonômicos mais complexos, depende do nível de exigência da tarefa, da carga de trabalho, dos fatores ambientais e individuais como: idade, capacidade intelectual, o herança sócio-cultural, nível educacional, formação profissional, aprendizagem e experiência. Sua avaliação pelo método LEST se centra unicamente sobre o nível de exigência da tarefa. Os critérios utilizados são válidos para trabalhos não qualificados ou pouco qualificados e representam os elementos que podem ser desfavoráveis na atividade mental. A carga mental é avaliada a partir base em indicadores como: alerta do tempo, a complexidade/rapidez, a atenção e a minuciosidade.

## **D. Aspectos Psicossociais**

A análise feita por estes aspectos, está orientada a detectar em que grau o trabalhador é dependente do seu trabalho. Qual a iniciativa e a autonomia ele tem e se este lhe permite ter relações interpessoais. Os indicadores utilizados são: a iniciativa, o status social, as possibilidades de comunicação, a cooperação no trabalho e a identificação com o produto.

### **E. Tempo de Trabalho**

Para diagnosticar os efeitos sobre o trabalhador do tempo de trabalho, não é suficiente conhecer a duração global, é necessário conhecer o número de dias que ele trabalha, o número de pausas por dia, a importância do seu cargo e o tipo de programação, já que estes aspectos contribuem para a fadiga do trabalhador.

Uma vez obtidas as pontuações para cada fator de carga, o valor conseguido é colocado em uma escala de avaliação (1 a 10, onde se determinará o nível em que se encontra o fator de carga em questão). A tabela 1.6 apresenta a escala de avaliação para este método.

**Tabela 1.6- Escala Geral de Avaliações**

<b>Pontuação</b>	<b>Condições</b>
0, 1, 2	Situação satisfatória
3, 4, 6	Transtorno para o trabalhador, algumas melhoras podiam contribuir para o maior conforto do trabalhador.
6, 7	Nocividade média, risco de fadiga para o trabalhador.
8, 9, 10	Nocividade.

**4 Elaboração de histogramas:** As pontuações obtidas na avaliação são representadas graficamente, com o propósito de visualizar rapidamente o estado de cada um dos fatores de carga de trabalho.

**5 Interpretação de resultados:** Após a conclusão da análise, os resultados são resumidos em uma tabela e, por sua vez, apresentados em um histograma.



## **1.6. Medidas para enfrentar e prevenir o cansaço ou stress**

Nas Notas Técnicas de Prevenção (NTP 355, 445, 534), escritas por Arquer (2002) e Cuixart (2003) e Rosa (2004), algumas das medidas a tomar em conta para enfrentar ou prevenir o estado de fadiga são citadas.

**Entre as principais medidas são:**

### **1 Adaptação das condições de trabalho sobre as características das pessoas que o desenvolvem.**

As ações para alcançá-las se traduzem em:

- a. Eliminação de ruído e vibrações.
- b. Manter níveis de iluminação adequados, evitando a iluminação excessiva.
- c. Esforço visual.
- d. Aquisição do mobiliário adequado e sua correta localização.
- e. Atualização das ferramentas e equipamentos de trabalho (manuais de ajuda, listas de verificação, registos e formulários, procedimentos de trabalho etc) seguindo os princípios de clareza, simplicidade e utilidade real.
- f. Eliminação de jornadas de trabalho muito longas.
- g. Flexibilidade nos horários de trabalho.

### **2 Reformulação do conteúdo do local de trabalho.**

Pode ser direcionado para realizar de diferentes tarefas, tais como:

- a. Definir as metas de trabalhos parciais, que são realizáveis durante toda a jornada de trabalho assegurando-se de que os prazos não sejam demasiadamente justos, para evitar ter "agendas quentes e apertadas".
- b. Propor, ou gerenciar, autonomia na realização das tarefas e eliminar qualquer forma de pressão psicológica no trabalho.

- c. Organizar o tempo de trabalho, de modo a facilitar a auto-distribuição de pausas, de acordo com as necessidades de cada indivíduo, aumentando seu poder reparador. Caso não seja possível, se faz necessário um sistema de regulação de descanso, tendo em conta as diferenças pessoais.
- d. Ajustar a carga informativa às capacidades da pessoa, facilitando a aquisição de informações necessárias e relevantes para a realização do trabalho.

3 **Realização de exercícios físicos:** Sua aplicação é necessária quando há uma situação não estressante, mas, do ponto de vista objetivo, é vivida por alguém como uma agressão. Com eles se ensinam a controlar os efeitos fisiológicos do stress, para reduzir sintomas que são percebidos como desagradáveis e negativos, portanto, cria ansiedade.

Algumas delas são de aprendizagem complexas e exigem, por vezes, um especialista, pelo menos durante a fase inicial. As mais conhecidas e praticadas hoje em dia são as que se citam na continuação:

- a. **Técnicas de relaxamento (Jacobson, Schultz):** Atualmente são as mais utilizadas no mundo ocidental. Com base na premissa de que é impossível estar relaxado fisicamente e emocionalmente tenso. É baseado no relaxamento muscular que supõe, por sua vez, o relaxamento do sistema nervoso. Portanto, eles são de grande importância na ansiedade, depressão, impotência, baixa auto-estima, fobias, medo, tensões musculares, hipertensão, dores de cabeça, distúrbios digestivos, insônia, tiques, tremores etc
- b. **Técnicas respiratórias:** muito úteis nos processos de ansiedade, hostilidade, ressentimento, tensão muscular, fadiga e cansaço crônico.
- c. **Técnicas Auto-Hipnose:** Altamente eficazes em cefaléias, para dores de pescoço e dores nas costas, distúrbios digestivos como cólon irritado, fadiga, cansaço crônico, insônia, distúrbios do sono.

## 1.7 Teletrabalho

"Sociedade da Informação", "Sociedade do conhecimento" são conceitos hoje muito difundidos. Não há dúvida de que a introdução dos computadores na tecnologia e, ainda mais, no modo de vida das sociedades industrializadas mudou radicalmente a natureza das concepções clássicas de como desenvolver o trabalho.

A história não é nova. A descoberta do fogo, a roda ou o motor a vapor tiveram uma influência decisiva nas sociedades de suas respectivas épocas, fazendo alterações, não só no nível de desenvolvimento dos meios de produção, mas repercutiram em grandes mudanças que tiveram impacto nas formações sociais e econômicas de suas épocas. Muitos deles determinaram o fim de uma e o início de outra.

A onipresença dos computadores exige uma reafirmação das concepções clássicas do modo em que se desenvolve o trabalho. Hoje tudo parece indicar que a sua difusão aumentará, que o número de funções a eles atribuídas crescerá, não apenas nos países industrializados, mas também naqueles que estão lutando para se desenvolver.

Como salienta Chomsky e Dieterich (1999), estes meios modernos de informação criaram modelos antropológicos denominando-os como "realidade virtual" e "ciberespaço", e outros neste estilo.

Mas a questão fundamental a ser respondida é: Será que o homem filogeneticamente está preparado para aceitar as novas condições impostas pelas novas tecnologias? Não avançará a tecnologia mais rápido do que leva o homem a se adaptar a ela? Não seremos prisioneiros de nosso próprio desenvolvimento? Qual é o preço?

Estas dúvidas estão começando a preocupar. Civit e March (2000) expressa sobre isso desta forma: "... neste momento vemos aparecer uma nova maneira de trabalhar que por uma parte tem a cara amável da liberdade e da flexibilidade e por outra o surgimento de novos trabalhadores até agora freados pelas fronteiras e as distâncias".

Muitos séculos têm passado para desenvolver o homem e deixá-lo tal e como é hoje, com suas características biológicas e sociais, definidas por um modo de vida, em certa medida moldada pelas características e peculiaridades dos meios de produção. O computador e as novas tecnologias de informação introduziram aí mudanças radicais.

Estamos preparados para ficarmos longas horas na frente de uma máquina, recebendo informações e tomando decisões? Esta tendência, inclusive já chegou à nossas casas, onde se pretende que esse mesmo indivíduo desenvolva suas atividades diárias, familiares, incluindo a distração em frente ao computador. Esse é o modelo que alguns, como Echeverria (1999) têm chamado de "Senhores do ar".

As consequências em termos de disfunções fisiológicas e transtornos psicológicos e distúrbios sociais que tal modelo da vida propõe ainda estão para serem vistas.

Toffler comenta dramaticamente, como uma onda que se completará dentro de algumas décadas e modificará a civilização criando novos códigos de conduta, caracterizados por famílias não nucleares, endereços eletrônicos, códigos de conduta mais fortes que o dinheiro e o poder.

Como parte deste processo de desenvolvimento, aparentemente irreversível, surge o teletrabalho.

Gray (*et al*, 1993), define o teletrabalho como: "uma forma flexível de organização do trabalho que consiste no desempenho da atividade profissional sem a presença física dos trabalhadores na empresa. A atividade implica o uso contínuo de meios de telecomunicações para o contato do teletrabalhador e da empresa".

### **Características do Teletrabalho**

As diversas modalidades de teletrabalho dependerá de:

- a. Tipo de trabalho.
- b. Duração.
- c. Número de empregados.
- d. A forma de gestão.
- e. O tamanho da empresa.
- f. O equipamento necessário.
- g. A disponibilidade econômica.

### Os tipos de teletrabalho que existem:

- a. **O domicílio de trabalho:** Nas atividades que podem desenvolver de uma forma clara, concreta, específica, simples, independente. Exemplo: Coleta de dados, contabilidade, tradução etc
- b. **Escritórios satélites:** Estas são geridas a partir de uma Rede central a que pertencem, mas independentemente da sua rede.
- c. **Tele centros:** Centros compartilhados por várias empresas para prestar serviço às pessoas que vivem próximas a eles.
- d. **Móveis ou nômades:** Trabalha onde surge a necessidade. Recorre a informações a partir de diferentes pontos geograficamente distantes.

Vantagens e desvantagens do teletrabalho para os trabalhadores, Civit e March (2000).

#### Vantagens

**Menor deslocamento:** Se pode trabalhar da sua casa ou de um telecentro, ou mesmo do seu carro, está sempre perto do seu negócio.

**Melhoria da qualidade vida:** Como resultado de um maior tempo de livre ao reduzir ou evitar os deslocamentos, maior senso de independência já que não precisa morar perto da empresa, e também pode organizar seu horário de trabalho.

**Possibilidade de combinar o trabalho com atividades familiares ou sociais.** Ao ser possibilitado de organizar os horários de trabalho pode combiná-lo com as exigências de atenção à família ou às necessidades sociais.

#### Desvantagens

- a. **Isolamento:** Estado de solidão, falta de comunicação. Há uma separação com a organização formal e informal. Diminui o sentimento de pertencer a um grupo de trabalho. Pode acarretar problemas psicológicos por falta de status e deslocamento em seu rol de convivência na organização.

- b. **Tomada de decisões complexas:** a ausência de um chefe por perto para consultar requer tomada de decisão pelo teletrabalhador, com todo o risco que isso implica.
- c. **Insegurança econômica, social e profissional:** A renumeração agora é pelo seu resultado unicamente e a sua imagem dependerá somente dele.

### **Vantagens e desvantagens do teletrabalho para a empresa**

#### **Vantagens**

- a. **Direção por Objetivos:** Valorização do trabalhador pela sua produtividade, não por sua presença.
- b. **Diminuição dos custos do escritório:** Já não se necessita alugar escritórios caros. Isso se realiza a partir de casa.
- c. **Flexibilidade para fornecer pessoal qualificado em tempos parciais:** Permite que um teletrabalhador desenvolva várias profissões.

#### **Desvantagens**

- a. **Introdução de mudança organizacional:** Avaliação individual do trabalhador não é em função do grupo. Torna-se difícil a motivação.
- b. **Impossibilidade de controlar o trabalhador fisicamente:** Impede assinalar tarefas não programadas ao trabalhador.
- c. **Reduz a confidencialidade das informações:** Agora a informação está distante da empresa e dos seus sistemas de segurança.

### **Vantagens e desvantagens do teletrabalho para a sociedade**

#### **Vantagens**

- a. **Reduz o tráfego e, portanto, o consumo de energia:** há menos movimento do trabalhador.
- b. **Reduz a poluição:** Pela mesma causa acima mencionada.
- c. **Possibilita o acesso para os deficientes físicos e às pessoas com rigidez de horário.**

## Desvantagens

- a. **Barreiras sociais para o trabalho:** Provavelmente tenha que desenvolver as tarefas do lar e da sua profissão por incompreensão familiar do seu teletrabalho.
- b. **Desvantagens tecnológicas:** As tecnologias necessárias podem ser custosas: videoconferência, laptops etc.

## Referências

ALMIRALL, P. **Efectos negativos del esfuerzo mental. Aspectos teóricos y metodológicos. Un método para su evaluación.** Ciudad Habana, Cuba, ISPJAE, 1986. Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias Médicas.

ALMORA, J. M.; J. D. URGELLA y J. B. CORTADAA. **Disfunción sinusal atípica. Utilidad del Holter implantable. A propósito de un caso.** Revista Española Cardiología, 2001. Volumen 54, Número 12.

APUD, E. **Manual de Ergonomía Forestal**, 1999. [Consultado: 7 de março, 2009]. Disponível em: <http://www2.udec.cl/ergo-conce/informes/c03-01.htm>

ARQUER, M. I. D. **NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga**, 1997. [Consultado: 16 fevereiro, 2008]. Disponível em: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_445.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_445.htm)

\_\_\_\_\_. **NTP 534: Carga mental de trabajo: factores**, 2002. [Consultado: 16 fevereiro, 2008]. Disponível em: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_534.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_534.htm)

CHOMSKY, N. y H. DIETERICH. **La Aldea Global**, Editorial Txalaparta, 1999. [Consultado: 12 Março, 2009]. Disponível em: <http://www.txalaparta.com>

CIVIT, C. y M. MARCH. **Implantación del Teletrabajo en la Empresa.** Barcelona: Editorial Gestión, 2000. ISBN: 84 - 8088 . 382.

CUESTA, A. **Conferencia sobre psicología del trabajo.** Ciudad de la Habana, Cuba, IPSJAE, 2002.

CUIXART, S. N. **NTP 355: Fisiología del estrés**, 2003. [Consultado: 16 fevereiro, 2009].  
Disponivel em: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_355.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_355.htm)

DIHIGO, J. G. **La ergonomía del personal que labora en centrales azucareros**. Departamento Ingenieria Industrial. Matanzas, UMCC, 1989. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.

ECHEVERRÍA, J. **Los Señores del aire: Telepolis y el Tercer Entorno**. Barcelona: Ediciones destino, SA, 1999.

GARCÍA, R. C., *et al.* **Rendimiento diagnóstico de un protocolo de estudio del síncope de causa no aparente**. Rev Esp Cardiol, 2001. Volumen 54: 425-430, [Consultado: 2 março, 2005].  
Disponivel em: [http://scielo.prueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-17511995000100002&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.prueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-17511995000100002&lng=pt&nrm=iso)

GRAY, *et al.* **El Teletrabajo. Aspectos Generales**. Madrid: 1993.

**Guía para la prevención del Estrés Laboral**. 2000. [Consultado: 2 março, 2007]. Disponivel em: <http://geosalud.com/Salud%20Ocupacional/estreslaboral.htm>

KULKA, H. **Regulación síquica de la actividad laboral y efecto de la carga en el trabajo**. Moscou: Editorial Nauka, 1980.

LURIA, A. **El cerebro en acción**. Ciudad de la Habana, Cuba: Edición Revolucionaria, 1978.

OIT. **Introducción al estudio del trabajo**. Oficina internacional del trabajo. 3 ed. revisada. Ginebra, Suiza: 1998.

ORRANTLA, D. G. **La evaluación ergonómica de un ambiente de trabajo por el Método Lest**, 2003. [Consultado: 22 de março, 2007]. Disponivel em: [http://www.ith.mx/revista\\_espacio\\_ith/numero\\_2/r02\\_lest.htm](http://www.ith.mx/revista_espacio_ith/numero_2/r02_lest.htm)

PAYLOS, J. y R. T. AGUILAR. **Utilidad del registrador implantable subcutáneo en el diagnóstico del síncope recurrente de etiología no filiada en pacientes sin cardiopatía estructural con test de tabla basculante y estudio electrofisiológico negativos**. Revista Española Cardiología, 2001, Volumen 54: Pp 431-442. Consultado: 20 março de 2005, Disponivel em: <http://www.cyeinternet.com>



ROSA, J. M. **Fatiga mental: Cuando el trabajo nos supera**, 2004. [Consultado: 16, febrero, 2005]. Disponible en: <http://www.infoempleo.net/articulos/Fatiga-mental-cuando-el-trabajo-nos-supera.asp>

VIDAL, M. T. D. D. **Ergonomía Aplicada a la Podología**, 2003. [Consultado: 16, febrero, 2005]. Disponible en: [http://www.Estheticnews.com/articulos\\_show.php?id=40](http://www.Estheticnews.com/articulos_show.php?id=40)

VILLAVICENCIO, F. N. **Estrés. Respuesta integral del organismo**. en: *Psicología y Salud*. Ciudad Habana, Cuba: Editorial Ciencias Medicas, 2001.

VIÑA, S. **Ergonomía**. Ciudad de la Habana, Cuba: Departamento de ediciones internas del IPSJAE, 1985.

## CAPÍTULO 2. RUÍDOS E VIBRAÇÕES

Este capítulo abordará o estudo de um dos agentes agressores, ambientais, que com mais frequência se encontram no ambiente industrial, as inconveniências e os prejuízos que causam a vibração e o ruído ao homem.

A arte de harmonizar os sons e tratar de amplificá-los é tão antiga quanto a própria história do homem. Naqueles tempos, o homem se valia dos recursos naturais que encontrava ao seu alcance para tentar fazer a sua voz chegar a uma distância mais além.

Então o problema consistia em como conseguir amplificar o som.

Em meados do século XVIII, quando o advento da Revolução Industrial trouxe muitas mudanças na tecnologia, o ruído ambiente industrial começa a aparecer como um risco, até então desconhecido para o homem e ignorados os danos e as sequelas que ele provocava no organismo humano, apesar da deficiência auditiva e de alguns problemas psicológicos já estarem evidentes.

Abasolo (2000) fala sobre este contexto de maneira bem clara, ao dizer que essas doenças têm sido consequência das mudanças do homem, transformando as atividades laborais do meio rural como a agricultura e criação de gado, para atividades no meio urbano e industrial, dominado cada vez mais por atividades, máquinas e equipamentos barulhentos. Ignorando que o desenvolvimento dessas atividades em locais habitualmente fechados provocaria o acúmulo de energia sonora, que se se desenvolvessem em lugares abertos, um número bem menor destas atividades. Portanto, pode-se considerar a civilização moderna como uma "**civilização ruidosa**", do barulho.

É então quando, como resultado do desenvolvimento dá-se um giro oposto, e o problema que aflige o desenvolvimento industrial passa a ser como reduzir o ruído.

É de se esperar que o acelerado desenvolvimento de novas técnicas, a criação de sistemas automatizados e a crescente preocupação da sociedade, incidam de maneira determinante em reduzir o ruído no ambiente de trabalho, considerando-o como um fator de poluição ambiental, tão preocupante como qualquer outro, portanto, deve-se dedicar todos os esforços e recursos para controlá-lo, tanto na indústria como na sociedade.

## 2.1. Parâmetros e características do som

É importante saber com exatidão o que marca a diferença entre o que se chama de **som** e o que se chama de **ruído**, e conhecer as características, qualidades e quantidades que os definem como bons ou ruins. É precisamente esta uma das questões que a atenção será dada neste capítulo.

### SOM

O termo **som** é definido como: “A sensação produzida no ouvido por determinadas oscilações da pressão externa” (Fernández, 2002). Em outras palavras também foi definido pela Secretaria do Estado, em 2001, onde foi afirmado que o som “é o que se ouve. É uma perturbação mecânica que se propaga através de um meio elástico com uma velocidade característica deste”.

Embora a propagação do som possa realizar-se tanto em meios sólidos como líquidos, somente se estudará a mesma através do ar, por ser o mais comum, por ser onde se realiza a transmissão do som na comunicação cotidiana dos seres humanos, quer através da música, quer através da fala.

Quando um meio é perturbado por uma fonte de vibração, este provoca flutuações de pressão criando regiões onde existem um aumento da mesma (compressão) e regiões onde a pressão é menor (depressão). Elas viajam para longe da fonte que lhe deu origem em todas as direções, produzindo as chamadas ondas de som.

As ondas sonoras são ondas de tipo longitudinais, isto é, que o sentido do movimento dos focos pontuais que compõem a sua oscilação vibram na mesma direção que sua propagação, tal como faria uma mola que teria um peso suspenso e oscilaria livremente. Distingue-se, essencialmente, das ondas transversais nas quais o movimento de focos pontuais vibram perpendicularmente na direção da sua propagação, como é o caso das ondas eletromagnéticas, as ondas de uma corda em vibração etc.

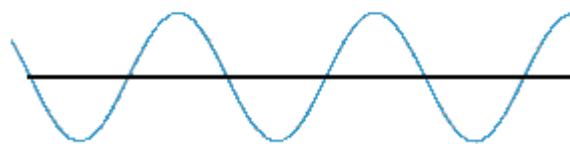


Figura 2.1. Representação esquemática de uma onda sonora

## **Frequência (f) e comprimento de onda ( $\lambda$ )**

Dois dos parâmetros físicos que caracterizam o som são a frequência e o comprimento de onda. Entre elas existe uma relação inversa, ou seja, o aumento de uma implica, necessariamente, na diminuição da outra.

Maggiolo (2003) define o comprimento de uma onda como a distância que existe entre dois pontos consecutivos que vibram com igual fase em uma onda ou a distância que recorre uma onda em um período de tempo (T).

O comprimento de onda, geralmente, se representa nas cristas da onda, portanto, se expressa em unidades de comprimento (m).

A frequência é definida pela Secretaria do Estado (2001) como: “O número de compressões e rarefação das moléculas de ar por uma unidade de tempo, quando se produz o som. Esta se mede em hertz (Hz), que é o mesmo que o número de ciclos por segundo”.

A relação inversa que existe entre os dois parâmetros físicos que caracterizam o som pode se ver facilmente na equação seguinte:

$$V = f\lambda$$

**Onde:**

**V:** velocidade do som (m / seg)

**f:** frequência de som (Hz)

**$\lambda$  :** comprimento de onda (m)

A velocidade do som é uma variável que estará em função da temperatura do ar, da umidade que esta contém, mas praticamente estas variações afetam a velocidade apenas uns 20 m/s considerando os limites climáticos extremos.

O valor prático da velocidade mais generalizada é de 340 m/seg

## **Ruído**

Diferentes autores têm definido o ruído de maneiras diferentes, uns atendendo a sua natureza física, outros, atendendo à sensação que produz no homem. Algumas destas definições são:

**Ruído:** “É todo o som indesejado, é o impacto ambiental nocivo causado por um som. Dependendo da sua natureza, magnitude e duração pode resultar em uma ameaça para a saúde e/ou produzir efeitos adversos para as pessoas e o meio ambiente” (Secretaria de Estado, 2001).

Fernández (2002) argumenta que é o som indesejado, que prejudica a saúde física e mental do homem.

Todos os autores concordam, de uma ou de outra forma, que o ruído é um som indesejado, que causa uma sensação auditiva desagradável ou incômoda.

O ruído é considerado, dentro da gama de poluentes ou agressores ambientais que existem, como o que parece ter uma “personalidade própria”, devido às características que ele possui que são explicadas em Conama (2004) e Miliarium (2005):

- É um poluente que requer menos energia para ser produzido.
- Não deixa resíduos (não tem um efeito cumulativo no meio ambiente, mas sim no homem).
- Não é suscetível ao movimento através de sistemas naturais, tais como a poluição do ar transportado pelo vento ou resíduos líquidos transportados por um rio por grandes distâncias.
- É onipresente, isto é, gerado facilmente, onde o homem realiza qualquer atividade e por isso se encontra em toda parte.
- Tem uma grande capacidade de irritar as pessoas. Essa irritabilidade provocada pela sensibilidade humana ao som varia de pessoa para pessoa.
- Não mata, ou pelo menos não o faz de forma direta, rápida e palpável.
- Está formado por ondas mecânicas, sendo esta talvez a característica que o faz ser um poluente mais peculiar, ao ter uma existência transitória no tempo e ao apresentar

propriedades de onda, tais como, interferências, reflexões, difrações etc, torna-se difícil para as pessoas em geral compreenderem a sua fenomenologia.

### **Decibel**

O decibel é a unidade utilizada para expressar o logaritmo da razão entre uma quantidade medida e uma quantidade de referência. Ela é usada para descrever os níveis de pressão de potência ou a intensidade sonora (Secretaria de Estado, 2001).

Para entender melhor o que é o decibel, é necessário compreender alguns conceitos.

A emissão de uma fonte sonora pode ser considerada como pulsante que emite fontes de ondas de forma esférica devido às propriedades isotrópicas do meio.

A amplitude com que vibram as partículas do ar é atenuada com a distância. A relação entre eles expressa fisicamente o termo de intensidade a partir de:

$$I = C \frac{A^2}{r^2}$$

**Onde:**

**I:** Intensidade w / h

**A:** amplitude da onda, m

**r:** distância da fonte (M)

**C:** constante de proporcionalidade

Sendo assim, a potência que atravessa qualquer superfície esférica fora da fonte é constante como é evidenciado pelo fato de ser independente de r.

$$\text{Potência} = 4\pi CA^2$$

À medida que as fontes de ondas avançam, a mesma potência vai sendo distribuída em superfícies cada vez maiores, então a Intensidade (**I**) diminui, mantendo constante a potência.

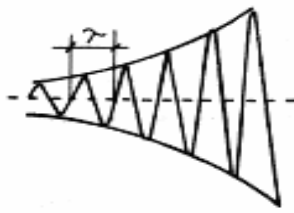


Figura 2.2- Representação de uma onda sonora cuja intensidade aumenta

O som pode ser considerado como uma transmissão de energia através do ar. Portanto, pode-se expressar também a intensidade a partir da compreensão que produz o avanço da onda no meio. Assim:

$$I = \frac{P^2}{r^2}$$

Onde:

I: Intensidade, w/h

P: Pressão do Som, Pa

$\rho$ : densidade do meio,  $\rho$

C: velocidade m/s

O produto  $\rho C$  é conhecido como "impedância acústica".

O conceito de intensidade está estreitamente relacionado com a energia, pode ser considerado como "a energia que uma fonte sonora entrega ao meio y e que este irá propagar", portanto, é a que nos transmite a sensação do quão forte ou fraco é um som.

Na figura 2.2 percebe-se o som no lado esquerdo, de forma débil, o mesmo vai aumentando sua força a medida que se move para a direita.

O ouvido humano é assombrosamente sensível às pequeniníssimas variações de pressão que se produzem no ar.

A partir do valor de pressão  $P_0 = 20 \text{ uPa}$ , o ouvido humano começa a reagir perante o estímulo mecânico proveniente do ar. Este valor é conhecido como limiar auditivo, e ao contrário, é

capaz de tolerar sem dor os valores até  $2 \times 10^4$  Pa, tomando ambos valores para as frequências de maior sensibilidade auditiva.

Por outro lado, verificou-se que as variações de intensidade de um som, não são proporcionais às variações de sensação de intensidade sonora que é percebida. Webber-Fechner, propôs uma relação que expressa que a magnitude de uma sensação é proporcional ao logaritmo do estímulo que ela provoca. Esta lei não se aplica apenas a sensações auditivas, mas também expressa a relação de estímulo/sensação para o visual e o tátil. Esta lei só se aplica aos níveis elevados dos estímulos acima mencionados.

Com base nessa relação logarítmica e tendo em conta o intervalo de valores numéricos de pressão audíveis é muito amplo, esses intervalos se adequaram a uma escala logarítmica que reduz o alcance prático dos valores de pressão sonora entre 0 e 160.

A unidade dessa escala é o decibel, que refere às relações dos níveis de intensidade e é conhecido como:

$$\text{Nível de Intensidade} = 10 \text{Log } I/I_0$$

Como se observa, o nível de 0 decibels (dB) não se trata de um valor de 0 absoluto, mas se refere à nossa fisiologia, ou seja,  $I$  representa um certo nível comparado com  $I_0$  que é o nível mínimo capaz de estimular o nosso aparelho auditivo, portanto, o dB é uma expressão matemática que expressa uma relação de níveis, permitindo utilizar dB para medir potência, pressão etc.

As intensidades são proporcionais aos quadrados das pressões. Então pode-se representar a expressão como:

$$\text{Nível de Pressão} = 10 \text{Log } (P/P_0)^2$$

$$\text{Nível de Pressão} = 20 \text{Log } P/P_0$$

Isto representa o nível de pressão sonora (NPS), que é o modo usual de expressar a força de um som.



## 2.2 Classificação do Ruído

A classificação dos diferentes tipos de ruídos surgiu devido à necessidade de agrupar cada um (de acordo com sua variação no tempo ou a natureza do seu espectro), para, dessa forma, conhecê-los com maior profundidade e tentar evitá-los.

OS RUÍDOS SÃO ASSIM CLASSIFICADOS:

**Ruído Ambiental:** normalmente está presente no ambiente, de intensidade mensurável, geralmente composto de sons de várias fontes próximas e distantes.

**Ruído de fundo:** aquele que prevalece na ausência do ruído gerado pela fonte do objeto em avaliação.

**Ruído tonal:** ruído cujo espectro apresenta tons audíveis discretos, ou seja, que o nível de pressão sonora determinado nos meios geométricos, dos terços dos oitavos é superior a 10 dB ao nível de pressão sonora da banda oitava contínua.

**Ruído constante:** ruído cujo nível de pressão sonora não flutua significativamente durante o período de observação, ou seja, os níveis determinados segundo a resposta lenta do sonômetro variam em não mais de 5 dB por 8 horas de trabalho.

**Ruído não constante:** ruído cujo nível de pressão sonora flutua significativamente durante o período de observação, ou seja, os níveis determinados pela resposta lenta do sonômetro, variam em mais de 5 dB nas 8 horas de trabalho. (Dentro deste encontra-se o flutuante, o impulso, o intermitente).

**Ruído de flutuante:** ruído cujo nível muda constantemente e em uma medida apreciável durante o período de observação.

**Ruído intermitente:** ruído cujo nível cai bruscamente até o nível de ruído de fundo, várias vezes, durante o período de observação. O tempo durante o qual se mantém a um nível mais elevado do que o ruído de fundo é de 15 minutos ou mais.

**Ruído de Impulsos:** O ruído que varia em uma razão extremamente grande em tempos menores a 1 segundo.

### 2.3 Fundamentos da audição

A própria definição de ruído utilizada estabelece a importância do seu estudo não apenas no seu aspecto físico, mas também o efeito que ele causa ao nosso corpo, visto que a intervenção fisiológica que transforma o som físico em sensação é fundamental.

Sem pretender realizar um estudo fisiológico profundo sobre a energia acústica desde o exterior do ouvido até a sua conversão em impulso nervoso, é essencial descrever brevemente alguns dos seus mecanismos mais importantes.

As ondas sonoras que atingem a parte externa do ouvido são transmitidas pelo canal auditivo até o tímpano, que transforma as ondas em estímulos vibratórios. Esta estimulação continua viajando para o interior graças a uma cadeia de ossículos que recebem as vibrações do tímpano e as transmite para a janela oval, ampliando o som umas 20 vezes.

Com a janela oval se inicia a estrutura anatômica que contém as células acústicas sensíveis ao som. São cerca de 23 000 células acústicas, convergindo no nervo acústico, através do qual e em forma de impulsos nervosos, se transmite o estímulo para o cérebro, que interpreta a sensação de som.

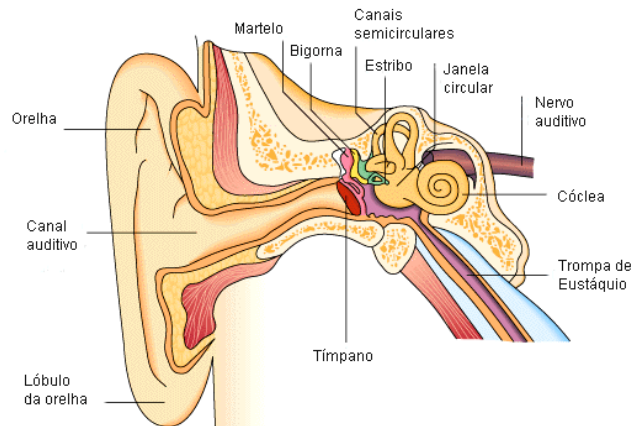
Fernández (2002) descreve o que acontece com a sensação do som:

é causada pela sucessão de compressões e rarefações que provoca a onda acústica viajar pelo meio, fazendo com que a pressão existente oscile em torno do seu valor de equilíbrio, atuando sobre a membrana do ouvido e provocando no tímpano vibrações forçadas de idêntica frequência.

Essas sensações variam com a intensidade e com a frequência cuja magnitude é conhecida com o nome de audibilidade.

O intervalo de audibilidade em indivíduos jovens abrange um amplo espectro que vai desde os 20 Hz até os 20 kHz, embora normalmente as maiores frequências audíveis não vão mais além de 16 KHz.

Dentro da escala de 20 – 20 000 Hz, a sensibilidade auditiva muda com as variações de frequência, necessitando maior estímulo para as frequências menores de 2 000 Hz e maiores de 5 000 Hz, motivo pelo qual a escala de frequência de maior sensibilidade acústica se encontra exatamente entre esses valores.



**Figura 2.3 Esquema do sistema auditivo**

São consideráveis as variações do NPS que são necessárias para executar igual sensação de audibilidade quando se variam as frequências das zonas de menor sensibilidade (baixa frequência) para as zonas de maior sensibilidade. Variações de até 60 dB podem ser observadas.

A amplitude das sensibilidades auditivas para as diferentes frequências fez com que, para seu estudo mais detalhado, se dividisse o espectro auditivo em bandas de frequências. Cada banda leva o nome da frequência central que compreende, ou seja, concentra em uma escala o valor que abrange a banda. Por exemplo, a banda que contém as frequências de 40 Hz a 80 Hz está definida para 63 e este valor representa a banda anterior.

As divisões que se têm feito sobre espectro auditivo dependem da exatidão com que se quer realizar o seu estudo, os mais usados são a banda de oitava e a banda de um terço de oitava, cujas características são:

- Banda oitava:  $f \text{ superior} = 2 f \text{ inferior}$

- Terço de banda Oitava:  $f \text{ superior} = \sqrt[3]{2} f \text{ inferior}$

As frequências centrais mais usadas são as de oitava que divide o espectro da seguinte forma:

**f (Hz)** 31,5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000

## 2.4. Avaliação do Ruído

O ouvido humano não responde de igual maneira às diferentes variações de frequências, se mantivermos constante NPS.

Isto provocou o estabelecimento de curvas de audibilidade para perceber se o ouvido iria responder de igual maneira a estímulos diferentes.

Para fazer isso eles formaram grupos de indivíduos jovens sem danos auditivos e expostos a tons puros em ambas as orelhas.

Os resultados desta prova foi o estabelecimento das curvas insoaudibilidade. (Veja a figura 2.4).

O primeiro critério para a avaliação do ruído baseia-se numa simplificação de curvas isofônicas mostradas, que foi chamado "critério N de avaliação do ruído". Ele pressupõe a análise através de bandas de oitava de ruído.

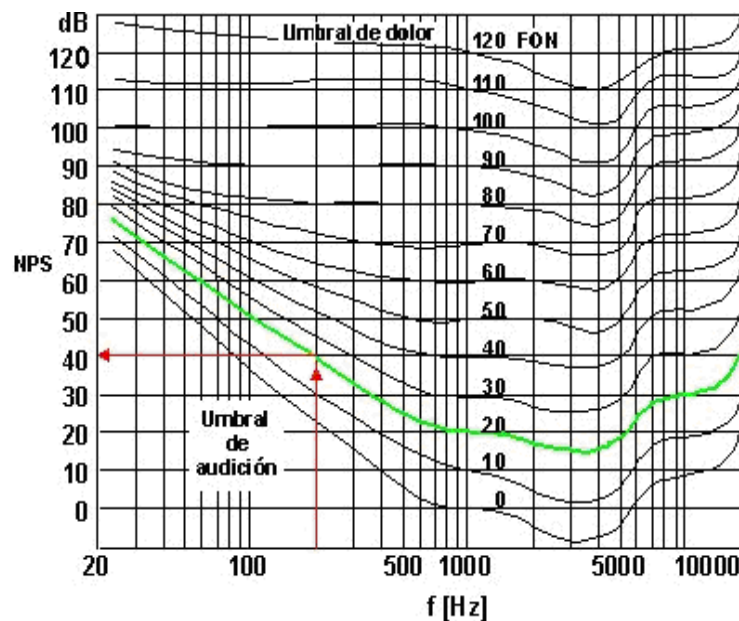


Figura 2.4 Curvas isofônica ou curvas de Isoaudibilidade.

Um dos critérios mais aceitos para avaliação estabelece que os ruídos constantes podem ser avaliados a partir deste critério, só que não o define em forma de curva e sim em forma de tabela, como mostra na Tabela 2.1

O trabalho prático com a tabela consiste em determinar os NPS para cada uma das frequências, levando cada valor à coluna "número de avaliação" (que corresponde ao NPS para  $f = 1000$  Hz).

De todos os valores obtidos na coluna "número de avaliação", toma-se o maior, concluindo que esse é o NPS do ruído em questão.

**Tabela 2.1 Avaliação do ruído segundo a ISO**

<b>Critério de Avaliação do ruído</b>								
<b>Nº de Avaliações</b>	<b>Frequências médias (Fm) das bandas oitavas</b>							
<b>N</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>1</b>	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>35</b>	63	52	44	39	35	32	30	28
<b>40</b>	67	57	49	44	40	37	35	33
<b>45</b>	71	61	54	49	45	42	40	38
<b>50</b>	75	66	59	54	50	47	45	44
<b>55</b>	79	70	63	58	55	52	50	49
<b>60</b>	83	74	68	63	60	57	55	54
<b>65</b>	87	79	72	68	65	63	61	60
<b>70</b>	91	83	77	73	70	68	66	64
<b>75</b>	95	87	82	78	75	73	71	69
<b>80</b>	99	92	86	83	80	78	76	74
<b>85</b>	103	96	91	88	85	83	81	80
<b>90</b>	107	100	96	93	90	88	86	85
<b>95</b>	111	105	100	97	95	93	91	90
<b>100</b>	115	109	105	102	100	98	96	95
<b>105</b>	118	113	110	107	105	103	102	100

<b>110</b>	122	118	114	112	110	108	107	105
<b>115</b>	126	122	119	117	115	113	112	110
<b>120</b>	130	126	124	122	120	118	117	116

O outro critério de avaliação de ruído permite ser aplicado para ruídos constantes (o NPS não varia mais do que 5 dB em oito horas de trabalho), como não constante (quando há oscilações em mais de 5 dB em oito horas laborais).

Neste último caso, o método a aplicar é o cálculo de um nível sonoro equivalente contínuo: é um ruído hipotético constante, o qual durante o mesmo período, representa a mesma quantidade de energia sonora que a exposição real (Secretaria de Estado, 2001).

**Assim:**

$$Leq = 10 \text{Log} \left[ \frac{1}{T} \int_0^t \frac{PA^2}{P_0} (t) dt \right]$$

**Uma vez que:**

$$\frac{PA^2}{P_0} = 10^{0.1LA}$$

**Então:**

$$Leq = 10 \text{Log} \frac{1}{T} \int_0^t 10^{0.1LA(t)} dt$$

**Onde:**

**T:** tempo total de exposição

**PA:** raiz quadrada da média de pressão sonora valor de correcção de filtro A

**P<sub>0</sub>:** pressão sonora de referência. P<sub>0</sub> = 2 x 10<sup>-5</sup> Pa

**Leq:** nível sonoro equivalente contínuo

Mas, como LA (t) não é conhecida, a equação acima se torna:

$$Leq = 10\text{Log} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n 10^{0.1LA(i)}$$

**Onde:**

**N:** número de observações

**LA(i):** é obtido por meio de medidas sucessivas de ruído e assume que o tempo de duração de cada um LA(i) são iguais.

Se este último não ocorre, ou seja, em um determinado período de tempo, há um nível de som e em outro período diferente, há um outro nível, a expressão se torna:

$$Leq = 10\text{Log} \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t(i) 10^{0.1LA(i)} \right]$$

**Onde:**

**t(i)** é o tempo de exposição para um LA(i)

A unidade que expressa o nível sonoro contínuo equivalente é dB (A).

O instrumento que mede o NPS é conhecido como sonômetro, que converte as oscilações de pressão em flutuações de voltagem, que são medidas por um voltímetro graduado em dB.

Os sonômetros possuem filtros, a resposta que neles se obtém (NPS) é muito aproximada da resposta humana. O mais utilizado é o filtro de ponderação A, mas também podem ser usados o B e o C. A função desses filtros é decompor o ruído complexo em suas frequências fundamentais e ir atenuando os NPS em cada uma das suas frequências de acordo com a resposta que daria aos ouvidos.

Assim atenuará em grande medida as baixas frequências, atenuará em menor medida as frequências ao redor de 4000 Hz e, voltará a ter grande atenuação para altas frequências. Isso corresponde, naturalmente, ao comportamento humano.

Geralmente, se estabelece que quando se mede um ruído com este filtro, o NPS não deve exceder 85 dB (A) para qualquer atividade e permite 5 dB (A) a mais do que o critério N para todas as classificações de atividade do trabalho.

Este critério é mais prático do que o critério N, uma vez que não é necessário trabalhar com as bandas de análise.

## 2.5. Origens e propagação do som

As fontes produtoras do som podem classificar-se em:

**Fontes do ruído não direcional num campo livre:** um campo livre é definido como um campo sonoro em que a pressão sonora diminui inversamente com a distância da fonte e uma fonte não direcional é aquela que emite sua energia sonora em todas as direções.

Nos meios industriais é muito difícil encontrar este último tipo de fonte, mas às vezes ela é encontrada ao ar livre ou próximo a fontes localizadas em salas grandes.

**Fontes de ruído direcional em um campo livre:** Este é um tipo de fonte comum, uma vez que elas não são fontes de ponto simples, mas várias fontes que emitem sons com maior energia para uma direção do que para outra.

**Fontes de ruído em um campo não livre:** Esta situação é o caso mais recorrente, ou seja, normalmente não se tem um campo aberto, sempre aparecem barreiras como paredes, máquinas ou outras superfícies localizadas perto da fonte.

### Interação do som com os obstáculos

A forma na qual o som interage com estes obstáculos responde as leis de som. São elas:

**Reflexão:** As ondas sonoras são refletidas em uma superfície tal como fazem os raios de luz, cumprindo com a relação que o ângulo com que incide na superfície é igual ao ângulo refletido (Veja a figura 2.5).

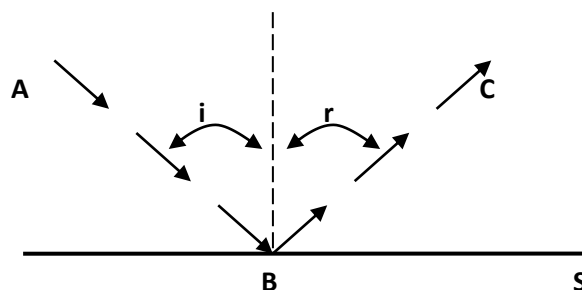


Figura 2.5. Esquema da reflexão de uma onda sonora



Uma série de moléculas de AB que são animadas a se mover em direção à superfície S em um certo ângulo de incidência  $i$  se refletirá em um ponto de contato B, transferindo o choque, agora na direção BC, correspondentes aos ângulos  $i$  e  $r$  iguais valores e as moléculas perturbadas estarão em um mesmo plano. Este princípio descrito aqui em sua forma mais simples, dá origem a um dos fenômenos mais indesejados na indústria conhecido como reverberação e que será objeto de estudo neste capítulo.

**Difração:** Propriedade do som em torno dos obstáculos e se propaga por todo o local através de uma abertura.

O fenômeno da difração depende da relação que existe entre o tamanho do obstáculo que se interpõe na propagação do som e a  $\lambda$  do mesmo. Se as dimensões do obstáculo são de ordem, ou menor do que  $\lambda$ , as distintas frentes de onda se convertem em centros emissores nos pontos de intercepção com a barreira e em torno dela, completamente.

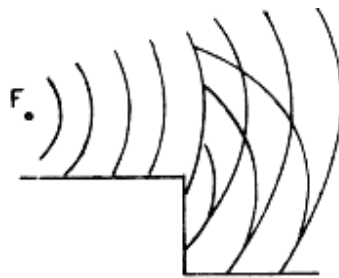


Figura 2.6 Difração de uma onda sonora por um obstáculo

Mas, se o obstáculo for plano, com estas aberturas, a parte da onda que intercepta as suas bordas formariam um conjunto de centros emissores em todos os limites do orifício, permitindo assim a passagem do som na abertura.

Esta é a razão pela qual se pode ouvir claramente uma conversa que acontece em duas salas adjacentes, mediando entre elas uma porta ou uma janela. Estas agem como orifícios e como as suas dimensões são de ordem das  $\lambda$  da voz, ocorre a difração. Note que isso não sucede com a luz, visto que as suas  $\lambda$  são incomparavelmente menores que as do som.

### Absorção e transmissão de som

O caso mais frequente da propagação do ruído é aquele em que ele, na sua trajetória, vai interpondo determinados objetos, tais como paredes, homens, outras máquinas etc.

De toda a energia do som que atinge a parte do obstáculo uma parte é absorvida por ela, outra parte é refletida, e, por vezes, uma outra fração é transmitida para o outro lado do obstáculo.

É a relação entre a energia que é absorvida e é refletida da origem ao coeficiente de absorção.

**Coeficiente de absorção:** é definido como a fração da energia sonora que é dissipada no interior de um material de total energia incidente.

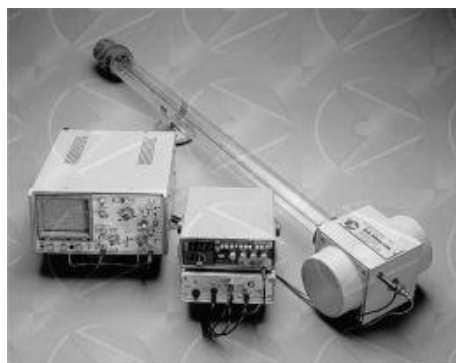
Logo o coeficiente de absorção  $\alpha$  expressa-se por:

$$\text{Coeficiente de absorção}(\alpha) = \frac{\text{Energia absorvida}}{\text{Energia incidente}}$$

O coeficiente de absorção máximo é baseado no pressuposto de que uma janela aberta de 1 m<sup>2</sup> de área, possui uma absorção total e, portanto, seu coeficiente de absorção é igual a 1. Sua unidade é o sabine.

Na figura 2.7 mostra um aparelho de comprovação de tubo de Impedância Acústica/Isolamento acústico, que foi projetado para fornecer, através de um método acessível para a investigação, as propriedades relativas de materiais de absorventes de ruídos bons e maus usando a extensa gama de mostras administradas (Hilton, 2005).

Cada material tem um coeficiente de absorção diferente. Os materiais suaves e porosos com grande número de elementos interconectados têm altos níveis de absorção, enquanto que os materiais duros e lisos são elementos interligados, a sua absorção é baixa.



**Figura 2.7** Aparelho de comprovação de tubo de Impedância Acústica/Isolamento acústico

Estes coeficientes de absorção variam com a frequência, ou seja, haverá materiais que são altamente absorventes para uma frequência e o seu coeficiente de absorção para outras

frequências não será tão elevado. O que se pode dizer é que no meio industrial as superfícies que resistem à prova de ruído não apresentam o mesmo coeficiente de absorção.

É comum que uma fonte sonora esteja delimitada por superfícies de baixo coeficiente de absorção, e podem constituir um campo reverberante.

### **Campo reverberante**

Uma fonte sonora, ao emitir suas ondas, vai refletir nas paredes de todas as áreas do espaço, reforçando o nível de som e produzindo um nível maior com a soma total produzida pela fonte. Quando um som é emitido (por uma fonte sonora), tende a propagar-se em todas as direções, mas quando se encontra com um obstáculo rígido é rejeitada (ressalto e mudança de direção).

Quando isso ocorre em recinto fechado, as ondas sonoras são refletidas várias vezes pelas superfícies, ampliando o som ou elevando o nível de ruído do local. Portanto, pode-se dizer que esse som que muda de direção, e que permanece no local depois de desligada a fonte é o que é chamado Reverberação (Isotécnica, 2004).

Maggiolo (2004) definiu o tempo de reverberação como: “o tempo que demora um som para diminuir em 60 dB (ou um milhão de vezes), depois de apagada a fonte de som”.

Sugere que o tempo de reverberação é diretamente proporcional ao volume do recinto e inversamente proporcional à absorção equivalente.

O efeito que se produz na sua presença é indesejável, pois aumenta o grau de exposição ao som internamente.

Às vezes, a energia do som é refletida em um grau tal que os níveis de pressão medidos a uma certa distância da fonte, são independentes da direção e da distância da mesma.

## **2.6. Sobre a proteção auditiva**

O registro do comportamento da resposta auditiva perante os estímulos sonoros conhecidos em nível e frequência chama-se audiograma. Nele se pode apreciar os desvios auditivos dos

indivíduos que sofrem de perda auditiva, com base na comparação com os padrões normais. É assim que se pode seguir as variações da sensibilidade do comportamento do ouvido humano a diferentes estímulos em indivíduos expostos a níveis elevados de ruído.

A primeira área do sistema auditivo a ser afetada é a que começa imediatamente após a janela oval, por ser a que mais diretamente recebe a energia sonora. Estas células são as que recebem e reconhecem as frequências em torno de 4000 Hz, portanto esta área é a primeira a ser afetada e por isso se reflete no audiograma como uma depressão.

O intervalo da perda de audição vai se estendendo paulatinamente para as outras frequências, chegando a constituir perdas irreversíveis na surdez ocupacional.

O ouvido humano possui um mecanismo de defesa contra a exposição a níveis elevados de pressão sonora: o reflexo estapediano. Este consiste em um pequeno músculo situado na orelha média que ao contrair-se limita a vibração que transmitem os ossículos em cadeia. Em indivíduos normais, o reflexo acontece aproximadamente entre 70 e 90 dB acima dos limiares tonais auditivos.

Supõe-se que este mecanismo é a causa da diminuição auditiva temporária, já que ao cessar a exposição ao ruído, leva-se algum tempo para relaxar e deixar que o ruído passe normalmente.

Mas se níveis elevados de pressão sonora são mantidos por longos períodos de tempo, o limiar de aumento de contração do músculo estapedial se eleva a valores maiores de NPS, o que provoca que passem ao interior da janela oval valores elevados de pressão sonora que incidirão diretamente nas células de Corti praticamente sem atenuação.

Este mecanismo de defesa não se manifesta para intervalo de frequência de aproximadamente 1000 a 2000 Hz, de modo que estas frequências são consideradas as mais perigosas, porque não há defesa contra elas.

## **2.7. Os danos causados pelo ruído**

Além da perda auditiva causada pela exposição contínua a níveis elevados de ruído, outros transtornos podem ser observados.

São vários os autores que têm assinalado os danos causados pela exposição humana ao ruído, entre eles é possível citar: Abasolo (2000), Martin e Miliarium (2005), concordando com muitos dos efeitos negativos que causam, entre os mais destacados estão:

- a) O sistema nervoso central (que rege as funções não voluntárias do corpo vai afetando o seu funcionamento), refletindo-se em sintomas tais como: variações no pulso, aumento ou diminuição da pressão arterial chegando inclusive à cardiopatia.
- b) Provoca a aparição de úlceras e gastrites, produto da alteração do ritmo cardíaco.
- c) O sistema respiratório aumenta ligeiramente o seu ritmo.
- d) Produz sintomas como náuseas, irritabilidade, instabilidade, redução da atividade sexual, ansiedade, depressão, insônia, sonolência, perda de apetite, diminuição de destreza e da agilidade.
- e) Contração dos vasos capilares da pele.
- f) Aumento do metabolismo.
- g) Digestão lenta.
- h) Diminuição da acuidade visual e do campo visual.
- i) O enfraquecimento das defesas do organismo.
- j) Interferências na comunicação.

Estes sintomas podem variar de acordo com a susceptibilidade individual e a constituição anatômica, mas como tendência pode ser observada na presença de ruído, sem excluir outras causas que também podem provocá-los.

Sinais como alterações sensomotores que se evidenciam como uma diminuição na precisão, afetam diretamente a qualidade do trabalho, diminui a produtividade e pode provocar um aumento no número de acidentes.

Este último agravado pela situação de que os altos níveis de ruído dificultam a comunicação ou o reconhecimento de um alarme.

A tabela 2.3 mostra a comparação dos sons comuns, com relação ao nível de pressão sonora e aos danos que são provocados ao sistema auditivo (Miyara 2001).

Tabela 2.3. Níveis de ruído e resposta humana.

Níveis de ruído e resposta humana.		
Som característico	Níveis de pressão sonora (dB)	Efeito
Áreas de lançamento de foguetes (sem proteção auditiva)	180	Perda auditiva irreversível
Operação na pista de jato	140	Dor forte
Trovão	130	Máximo esforço vocal
Decolar do jato (60 m). Buzina de automóvel (1 m).	120	Extremamente forte
Martelo pneumático Concerto de Rock	110	Muito forte
Caminhão recolhedor de petardos	100	Muito incômodo, Dano auditivo (8 horas)
Caminhão pesado (15 m) Trânsito urbano	90	Incômodo
Relógio despertador (0.5 m). Secador de cabelo	80	Difícil uso do telefone
Restaurante barulhento Trânsito em autopista Oficina de negócios	70	Falar normal
Ar condicionado Conversa normal	60	Silêncio
Trânsito de veículos ligeiros (30m)	50	Precisa de atenção consciente.
Dormitório Oficina Tranquila	40	Muito silencioso
Biblioteca, sussurro a 5 m	30	Silencioso ao extremo
Estudo de radiodifusão	20	Audível sem esforço
Brisa suave	10	Apenas audível

## 2.8. Medidas de controle de ruído

Aqui serão retratadas algumas das possíveis medidas a serem tomadas em consideração para alcançar no setor industrial os níveis de pressão sonora aceitáveis. Em qualquer caso que seja utilizado deve-se ter em conta os seguintes pontos:

- a) O controle de ruído é um problema de todos (homem, máquina e meio).
- b) O seu objetivo é ter um nível de ruído aceitável a um custo aceitável.
- c) O êxito das medidas de controle mede-se com a redução do ruído conseguido.
- d) O controle pode ser executado em qualquer ponto do conjunto.

e) O controle representa um compromisso entre o sucesso e o custo.

Autores como Maggiolo (2004) e Abasolo (2000), se dão a tarefa de definir quais as ações a desenvolver para obter um bom controle dos ruídos que afetam os trabalhadores.

Essas ações podem ser agrupadas em três tipos que são: as ações sobre o foco de ruído, sobre o ambiente e sobre o trabalhador. Cada uma delas será discutida a seguir.

### **Ação sobre o foco do ruído**

São mais apropriadas, sempre que sejam possíveis, já que o objetivo delas é eliminar o ruído em sua origem. Para isto é necessário realizar ações que visam a:

- a) Modificar os processos produtivos.
- b) Substituir os equipamentos e ferramentas pneumáticas por ferramentas elétricas.
- c) Eliminar o atrito nas maquinarias de movimentos, em acabado de superfície e na lubrificação.
- d) Alcançar o equilíbrio e alinhamento das máquinas.
- e) Colocar os silenciadores nos escapes de ar e/ou turbulências nos movimentos de fluidos.
- f) Evitar a transmissão de vibrações entre os componentes colocando juntas elásticas.
- g) Incorporar os materiais amortecedores entre as superfícies em colisão e inserir antivibradores.
- h) Proporcionar uma boa manutenção aos equipamentos de trabalho.

### **Ações sobre o meio ambiente**

As ações sobre o ambiente em que o ruído se expande (recinto), consistem em interromper a passagem de energia sonora da fonte geradora até o ouvido do trabalhador. Elas somente devem ser utilizadas quando falham as mencionadas anteriormente. Para conseguir atingir o seu objetivo estão direcionadas ações, tais como:

- a) Encapsulamento ou encerramento do ruído (projetos de cápsulas).

b) Quando a cápsula não é viável, recorre-se ao isolamento do foco, e o trabalhador colocado, neste último, em uma cabine.

c) Condicionamento acústico do local.

### **Ações sobre o trabalhador**

As ações a serem tomadas para prevenir riscos em relação ao trabalhador, deverão ser usadas somente quando todos os métodos citados e discutidos acima forem ineficazes ou inviáveis, ou pelas características do trabalho, pelo custo de controle ou por qualquer outra circunstância. As principais ações a situar:

1) A vigilância da saúde dos trabalhadores sempre que exista um risco para o mesmo, através de:

- Realização de exame audiométrico.

- Teste com frequências determinadas de som.

2) É obrigatório, por parte dos encarregados da segurança da empresa informar e/ou formar os trabalhadores sobre o risco a que ele expõe a sua saúde se não cumpre com o que lhe é oferecido para a sua proteção: utilização dos meios de proteção individual: tampões, abafadores, capacetes etc.

### **2.9. Controle do ruído: Desenvolvimento da metodologia**

Não só é de vital importância realizar uma correta avaliação do ruído, como é necessário conhecer quais são os métodos ou procedimentos para sua eliminação, ou completamente, ou pelo menos reduzi-la para atingir o valor máximo possível. É por isso que esta parte do livro explicará em que consiste cada um dos métodos, nos casos em que é difícil a sua compreensão, se desenvolverá o procedimento com um exemplo prático, para alcançar uma maior compreensão. Entre os principais métodos se encontram:

**1) Utilização de materiais elásticos:** os materiais elásticos têm a propriedade de ajustar-se sensivelmente às rápidas pressões que provoca uma onda sonora.



- **Painel elástico:** Estão constituídos por uma chapa de madeira e um suporte. Cada painel tem sua própria frequência e isso é de grande importância para a atenuação do som, pois quando a sua frequência coincide com a do painel, aparece a ressonância e a energia sonora é convertida em oscilações em grau máximo. Portanto, a absorção de um painel de elástico é máxima para a sua frequência própria (Figura 2.8).

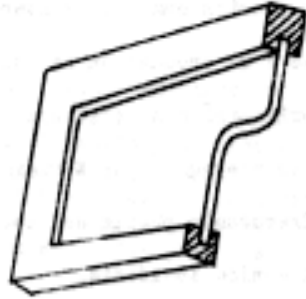


Figura 2.8 Painel elástico

A frequência natural é calculada por:

$$f \text{ (Hz)} = \frac{600}{\sqrt{P_e}}$$

**Onde:**

P: Painel de Peso (kg/m<sup>2</sup>)

e: espaço entre a parede e o painel (cm).

A absorção dos painéis melhora se na câmara de ar que fica entre o painel e a parede que atua como um meio elástico é colocado um material com um alto coeficiente de absorção, sendo seu uso mais vantajoso para as baixas frequências.

**Ressonador:** O ressonador acústico consiste em uma cavidade que se conecta com o exterior através de um conduto ou pescoço em cuja boca B, incidem as ondas sonoras. Tem uma forma semelhante à de uma garrafa (Figura 2.9).

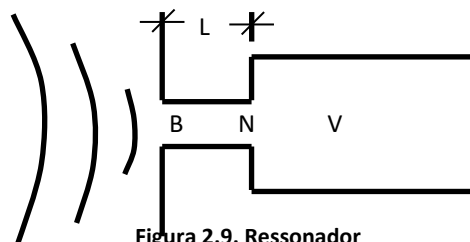


Figura 2.9. Ressonador

Quando, por B, penetra uma onda movendo-se através do pescoço chegando a N, na cavidade V se produz um som procedente do N. Mas nesta cavidade se originará uma reverberação e, portanto, existirá uma energia que se propagará por N para o exterior de forma pulsante e segundo a frequência própria do conjunto, que viaja em direção oposta à do som incidente.

Quando esta emissão secundária recebe uma nova onda que incide em B, suas ações se neutralizam e o ressonador atuará como absorvente, sendo máxima quando a frequência do som incidente coincida com a frequência própria do ressonador produzindo-se a ressonância em oposição ou cancelamento.

A frequência própria por um ressonador é dada por:

$$F = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}} \text{ (Hz)}$$

**Onde:**

v: velocidade do som (cm/seg)

S: seção do pescoço (cm)

L: Comprimento do pescoço (cm)

V: volume da cavidade (cm<sup>3</sup>)

É chamado condutividade (c) ao coeficiente da seção do pescoço entre o seu comprimento.

$$C = \frac{S}{L}$$

Então, substituindo os valores é a seguinte:

$$F = 5400 \sqrt{\frac{C}{V}}$$

O termo condutividade (c) assumirá valores diferentes dependendo das características particulares do pescoço: se é circular, quadrado, retangular etc.

Praticamente os ressonadores vão perfurando uma placa de gesso ou de alumínio e suspendendo a uma distância do teto e interpondo uma camada de fibra mineral. Cada orifício

atuará como um ressonador individual, sendo máxima a sua absorção para as altas frequências (Figura 2.10).



Figura 2.10. Conjunto de ressonadores feita a partir da perfuração de uma chapa

**2) Tratamento Acústico:** É uma das técnicas mais utilizadas para reduzir os elevados níveis de pressão sonora quando existe um campo reverberante, é o uso de materiais absorventes. Ela consiste em cobrir as paredes e/ou superfícies com estes materiais de forma que quando o som incida sobre elas é reduzida a sua reflexão.

Este método é de interesse de locais de trabalho em que o problema é a dificuldade de aprendizagem, por exemplo, no setor de serviços e da educação.

### 3 Utilização das Cápsulas

Quando o ruído não pode ser controlado na sua origem, em ocasiões, é conveniente isolá-lo ou confiná-lo em recintos fechados para evitar a propagação de sua energia para outras áreas, onde os trabalhadores trabalham. Dentro desse recinto fechado, cujas dimensões dependerão das características do ruído, haverá um altíssimo NPS, por isso tratará de evitar por todos os meios a entrada de pessoas.

Se tal situação fosse imprescindível como nos ventiladores de tiro forçado das termoelétricas, deveriam extremar as medidas de proteção pessoal e controlar o tempo de exposição.

### 4 Utilização da Cabine

Em algumas ocasiões, o ruído provém de diversas fontes, dispersas por toda a área, assim o trabalhador não consegue identificá-la, tornando-se complexa. Uma possível solução neste caso, é isolar o trabalhador do que o cerca, ou seja, confiná-lo em uma cabine que impede ou restringe as ondas que penetram no interior.

Do ponto de vista prático, para aplicar esta técnica, exige certas características do local de trabalho, tais como: não necessitam de deslocamento (ou muito limitado), procura beneficiar o intercâmbio térmico, pois a cabina aumenta o calor, exige o uso de vidros para deixar passar a visão.

### Metodologia de Cálculo

**Passo 1.** Realizar uma análise de frequência do ruído determinando a mínima frequência que excede o valor máximo permitido.

**Passo 2.** Selecionar as dimensões da cabine, suas características e materiais.

**Passo 3.** Calcular o coeficiente de isolamento resultante ( $R_{res}$ ).

$$R_{res} = 10\text{Log}\left[1 + \left(S_2/S_1\right)10^{(R_1-R_2)/10} - 1\right]$$

**Onde:**

$S_1$ : superfície interna da cabine ( $m^2$ ).

$S_2$ : Superfície externa da cabine, ( $m^2$ ).

$R_1$ : perda de transmissão interior ( $kg/ m^2$ ).

$R_2$ : perda de transmissão exterior ( $kg/ m^2$ ).

**Passo 4.** Determinar a área equivalente de absorção em função da frequência.

$$A = \sum_{i=1}^n (\alpha \cdot S_i)$$

**Onde:**

A: área equivalente de absorção ( $m^2$ ).

$\alpha$ : Coeficiente de absorção interna ( $sab/ m^2$ ).

$S_i$ : superfície interna da cabine ( $m^2$ )

**Passo 5. Atenuação obtida com a cabine ( $\Delta L_f$ ), (dB).**

$$\Delta L_f = R_{res} - 10 \log(S_i/A)$$

**Passo 6. Cálculo do NPS dentro da cabine.**

$$L_c = L - \Delta L_f$$

**Onde:**

$L_c$ : NPS no interior da cabina (dB).

$L$ : NPS no exterior da cabine (dB).

$\Delta L_f$ : atenuação obtida (dB).

**5 Utilização de silenciadores (silenciosos ou silenciadores)**

Estes são úteis para localizar a saída de equipamentos que emitem gases ou vapores, como os motores de combustão interna, caldeiras etc.

Seu princípio é o de colocar um dispositivo na saída ou escape que diminua a sua energia bruscamente, reduzindo assim o NPS. Seu uso mais generalizado é nos automóveis.

Existem diferentes tipos de silenciadores, que se diferenciam pelo uso que eles têm e podem ser encontrados em Qualidade Total em Silenciosos.

**O corpo humano como sistema vibrante**

O corpo humano é um sistema elástico muito complexo, em que o esqueleto serve para como estrutura suportante do conjunto de órgãos em suspensão e de conexão para os outros músculos.

O esqueleto, os órgãos, os ligamentos e músculos têm certa elasticidade e possuem propriedades iniciais.

Se se estuda o corpo humano em um instante, se pode considerar como uma estrutura complexa, constituído por subsistemas de massas moles amortizadoras. Um modelo simplificado é mostrado na figura 2.20.

Este sistema e seus subsistemas têm um valor de frequências de vibração característica.

Se se estimula externamente, cada subsistema e ao conjunto, estes responderão progressivamente e poderão chegar até a ressonância, provocando os efeitos prejudiciais para cada elemento, de acordo com o seu tratamento.

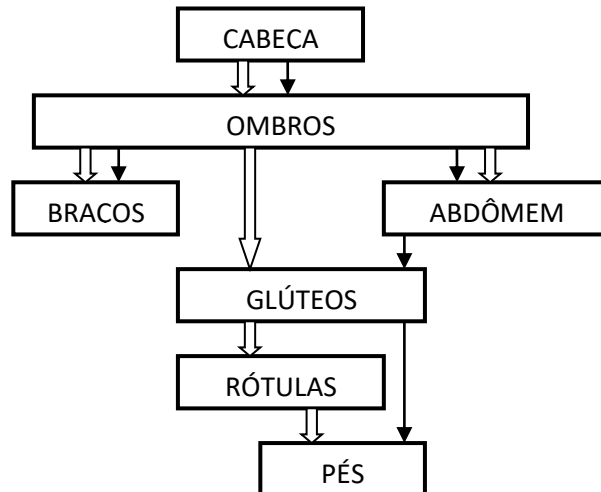


Figura 2. 20. o corpo como vibrante

### Efeito de vibração

O corpo humano vai responder diferentemente à vibração:

**Mecanicamente:** Como diferentes estruturas têm sua própria frequência, quando o incidente se iguala a ela ocorre a ressonância. Assim, temos um dos mais importantes "sistemas" que compreende ao tórax-abdômen e começa a repercutir a frequência de 3-6 Hz.

Igualmente entre 20-30 Hz o sistema constituído por cabeça-pescoço-ombros.

A ressonância dos olhos aparece entre 60-90 Hz enquanto a mandíbula necessita de 100-200 Hz.

Há um efeito degenerativo paulatino da cartilagem das mãos, pés e a coluna vertebral, fundamentalmente na região cervical (suporte a cabeça) e lombar (cabeça e tronco).

**Fisiologicamente:** Precisamente estes constituem um dos mais complexos e de mais difíceis processos avaliativos, no entanto é possível determinar que os homens expostos à vibração

sofrem alterações na atividade de digestão dos alimentos e na atividade muscular, bem como alterações do sistema cardiovascular.

**Sociologicamente:** Experiências realizadas em pilotos e motoristas, fundamentalmente, têm mostrado que se produzem transtornos ao sistema nervoso, refletindo em insônia, irritabilidade, dores de cabeça, aumento do tempo de reação, alterações de reflexos.

## REFERÊNCIAS

1. ABÁSULO, J. V. *El ruido en la industria*, Viscaya. 2000. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: [http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11\\_12.pdf](http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11_12.pdf)
2. *Calidad Total en Silenciadores*. [Consultado: 5 abril, 2008]. Disponible en: <http://www.sonex.com.ar/silenciadores/silenciadores.html>
3. CONAMA. *Gestión en Control de Ruido Ambiental*, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, Gobierno de Chile. 2004. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.conama.cl/portal/1255/printer-26277.html>
4. ESTRUCPLAN. *Control de agentes de riesgos*, [Consultado: 19 marzo, 2005]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/shml/Shml-Ruidos.asp>
5. FERNÁNDEZ, P. L. *Conceptos físicos de las ondas sonoras*, 2002. [Consultado: 5 abril, 2008]. Disponible en: [http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11\\_02.pdf](http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11_02.pdf)
6. HILTON, P. A. *Acustica*, 2005. [Consultado: 15 abril, 2008]. Disponible en: <http://www.p-a-hilton.co.uk/Spanish/Products/Acustica/acustica.html>
7. ISOTECNICA. *Conceptos Básicos sobre Acústica*, 2004. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.ciu.com.uy/isotecnica/acust.htm>
8. *Limites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones.*, 2000. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: [http://www.camindustriales.org.ec/paginas/promocion/biblioteca/legislacion%20secundaria/tulas/librovi\\_anexo5.doc](http://www.camindustriales.org.ec/paginas/promocion/biblioteca/legislacion%20secundaria/tulas/librovi_anexo5.doc)
9. MAGGIOLO, D. *Propagación del Sonido*, 2003. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/prp.html>
10. ---. *Ingeniería acústica y acústica arquitectónica*, 2004. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/ing.html>
11. MARTÍN, D. D. *Ruidos molestos pueden causar sordera*, [Consultado: 15 maio, 2008]. Disponible en: <http://www.vitalis.net/actualidad87.htm>
12. MILIARIUM. *Contaminación por ruido*, 2005. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Proyectos/Agenda21/Anejos/SectoresClave/Ruido.htm>
13. MIYARA, F. *Niveles Sonoros*, 2001. [Consultado: 19 Marzo, 2008]. Disponible en: <http://www.eje.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.html>
14. OMS. *Propiedades físicas*, 2001. [Consultado: 5 abril, 2009]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsasv/e/areas/notransmi/ruido/ruido.htm>

15. SECRETARIAESTADO. *Requisitos generales para la protección contra ruidos: Niveles máximos permitidos de los procedentes de fuentes fijas y móviles*, Santo Domingo. República Dominicana. 2001. [Consultado: 5 abril, 2005]. Disponible en:  
[http://www.usaid.gov/dr/docs/resources/norma\\_ruido\\_proteccion.doc](http://www.usaid.gov/dr/docs/resources/norma_ruido_proteccion.doc)



## CAPÍTULO 3. ILUMINAÇÃO

### Introdução

O projeto de iluminação não é apenas uma conjugação verbal de dois conceitos, mas a síntese da ciência e da arte de iluminar, a compreensão de valores físicos mensuráveis e sua transformação em sensações, em percepções. Projeto de iluminação significa ter em conta a interação entre o homem, a luz, o ambiente e a matéria. Com a luz se pode jogar, se pode atormentar ou relaxar o homem.

A luz natural proveniente do sol pode ser deslumbrante, cintilante e suave. Suas qualidades mudam dependendo da hora do dia e variam com o clima e as estações do ano.

Em contraste com este quadro, a luz artificial é estática e imutável. O principal objetivo de um sistema de iluminação artificial é fornecer iluminação suficiente para o desempenho de tarefas visuais (Tutorial de instalações em edifícios, 2002).

Para que a luz seja efetiva é necessário que o sistema visual desencadeie o processo que culmina com a visão. Este dispositivo é considerado por Vega (2000), como o mais valioso dos sentidos que têm os seres humanos, sendo este o que proporciona ao homem, maior informação das coisas ao seu redor, como a distância, a forma, as cores, as dimensões.

Considera-se que 80% da informação para o mundo exterior é recebida a partir do sistema visual. Então, toda atividade humana, e é claro, o trabalho (com raras exceções) é acompanhada por meio de observação visual (Escalona, 2002).

Mas não foi sempre assim. Através do desenvolvimento evolutivo do homem outros sentidos tais como o olfato lhe trazia uma grande quantidade de informação, porém essa sensibilidade foi gradualmente se enfraquecendo. O órgão visual foi o único, neste processo evolutivo, que não só não degenerou, mas que, ao contrário, se aperfeiçoou. Este é o resultado da crescente tendência de atribuir a este órgão um grande número de funções.

Entretanto, o homem tem imposto ao órgão visual uma série de condições para o seu desempenho para o qual filogeneticamente não está totalmente preparado: é esse o caso de trabalhar com pouco nível de iluminação, com luz monocromática ou de espectros discretos em contraposição com a luz natural e, finalmente, a tendência de manter a visão de perto por

longos períodos de tempo, o que origina uma doença muito comum na atualidade: miopia, chamada também de doença dos intelectuais pela grande quantidade de pessoas que a sofrem.

Especialmente o trabalho com níveis baixos de luz provocam cansaço visual, dores de cabeça e várias doenças a longo prazo. Psicologicamente desenvolver um trabalho na penumbra deprime o trabalhador em contraposição com aqueles que desenvolvem em ambiente claros e bem iluminados. A luz percebida fisiologicamente exerce uma influência favorável sobre outros processos, tais como a respiração, a atividade nervosa elevada e, geralmente, a atividade vital do organismo e, conseqüentemente, na sua capacidade de trabalho.

Do ponto de vista econômico, o projeto adequado de sistemas de iluminação também é importante, uma vez que favorece o aumento da produtividade do trabalho já que facilita as condições sob as quais o trabalhador realiza seu trabalho, reduzindo o tempo para interpretar sinais e para identificar as maneiras de tomar medidas de controle. Também reduz os erros nas atividades, o que promove um ganho de tempo do trabalhador na medida em que não necessita retroceder o trabalho para corrigi-lo ou incrementar a sua qualidade ao ser capaz de detectar erros e defeitos que os baixos níveis de iluminação iriam impedi-lo e, finalmente, a redução de acidentes de trabalho com seus conseqüentes danos para a saúde ou para a vida do trabalhador e as perdas econômicas que isso implica, bem conhecidas.

Apesar disso, iluminar custa, e caro, portanto a solução do problema não pode ser instalar luminárias de forma arbitrária. Este é o objetivo de estudo deste capítulo.

### **3.1 A Luz**

A luz é considerada uma onda eletromagnética, já que, sob certas circunstâncias, dá lugar aos fenômenos que originam as ondas: interferência, difração e polarização. Da mesma forma, em outras circunstâncias, as ondas eletromagnéticas se comportam como se estivessem formadas por um fluxo de partículas. É o caso do efeito fotoelétrico e outros fenômenos, cuja única forma de justificar o seu comportamento é a partir da emissão descontínua de energia, minúsculos “pacotes” denominados “quanta”, que significa “luz” em grego. Seu plural é “quantum”.

A mecânica quântica gerou interpretações e conceitos que diferem daqueles sustentados pela mecânica clássica, pois se baseiam na emissão descontínua de energia, tenta visualizar as propriedades moleculares e atômicas e seus elementos constituintes: elétrons, prótons, nêutrons e demais partículas como os quarks. Essas propriedades incluem as interações das partículas entre si e com a radiação eletromagnética.

Em cada caso a luz mostra a natureza ondulatória ou corpuscular, mas nunca ambos ao mesmo tempo.

As teorias quânticas e ondulatórias da luz se complementam, portanto, ambos são aceitos, já que proporcionam uma descrição mais completa da luz. Agora, se a luz tem características únicas, como é produzida industrialmente?

Deste ponto de vista prático, dois fenômenos físicos fundamentais são utilizados para produzir luz.

**Incandescência:** É a forma mais antiga de produzi-la. Se a algum corpo é fornecido energia de uma fonte externa de modo a ser capaz de elevar a sua temperatura a um nível desejado, estes começam a emitir raios luminosos. As lâmpadas incandescentes são as que funcionam a partir deste princípio, onde o calor a que é submetido o seu filamento ao passar a corrente elétrica é o produtor de luz.

**A luminescência:** É a transmissão da luz criada a partir da excitação de elétrons de alguns gases, resultantes das colisões que eles sofrem quando viajam em altas velocidades, impulsionados por um campo elétrico criado entre dois eletrodos.

Os elétrons que giram em órbitas com níveis de energia definidos, ao se colidirem, se excitam, manifestando-se nas órbitas de maior energia. Estes, quando caem a um nível inferior, mostram a perda de energia em forma de um fóton de luz.

As lâmpadas de descarga elétrica são as que usam este princípio físico para produzir luz.

Atualmente, e talvez no futuro, são os de maior uso por seu alto rendimento luminoso, razão pela qual se estimula a substituição das lâmpadas incandescente pelas de descarga principalmente em interiores de recintos.

No entanto, os mecanismos físicos descritos para produzir a luz têm a inconveniência de não visualizar toda a energia irradiada pelo átomo ao perder sua excitação. Isso depende do comprimento de onda com que a energia é emitida, que deve coincidir com a sensibilidade do dispositivo ocular (faixa do espectro eletromagnético entre 3800-7500 A<sup>o</sup>) será visível, caso contrário, a energia irradiada não será percebida pelos olhos.

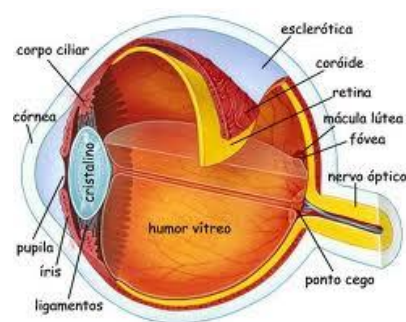
Em algumas lâmpadas de descarga que emitem radiações em regiões do espectro não visível, pó fluorescente é adicionado para transformar essa energia em luz visível.

Fisiologicamente a iluminação mais favorável para o homem é a luz natural, além de ser a mais econômica, por isso é necessário explorá-la ao máximo. As telhas translúcidas, os monitores, o posicionamento correto dos vidros e janelas, podem ser formas de aumentar a sua exploração, mas é realmente impossível predeterminar a quantidade de luz natural para tirar vantagem da grande variabilidade dela.

Viña e Gregori (1986) sugerem que o ideal corresponderá aos sistemas naturais artificiais nos quais se atribuem sempre um máximo ao natural, que corresponde ao artificial o papel de "completar" para alcançar o nível de iluminação necessário. O uso das células fotoelétricas poderia ajudar neste aspecto.

### 3.2 O dispositivo ocular

Corresponde ao dispositivo ocular a recepção de informações provenientes do exterior que vem pela luz que nele entra, enviando ao cérebro para interpretá-la.



**Figura 3.1 Diagrama esquemático do olho humano.**

Entre as partes que compõem o olho serão evidenciadas aqui as mais importantes para a proteção do trabalho.

- a. **A córnea** é uma membrana transparente que cobre a parte da frente do globo ocular que constitui a túnica fibrosa que, em certa medida, protege as estruturas mais internas do olho.
- b. **A íris** é a estrutura que regula a entrada de luz no interior do olho. É constituída de músculos circulares e radiais, que apresentam uma abertura em seu centro chamado pupila, por onde penetra a luz. O diâmetro da pupila está determinado por estes músculos.

Quando se observa objetos com baixos níveis de iluminação se contraem os músculos radiais aumentando o diâmetro da pupila. Isso permite que penetre mais luz no interior do olho. Se o nível de iluminação é alta, os músculos circulares se contraem diminuindo o diâmetro da pupila. Esse mecanismo permite a visão para uma ampla gama de intensidade de luz e atua de forma reflexa.

- c. **O cristalino:** É a “lente” dos olhos. É um citosistema altamente organizado que se localiza entre a íris e o humor vítreo. A forma e a dimensão desta coincidem com a lentilha (lente convexa). O cristalino pode aumentar ou diminuir a convexidade dos seus rostos através dos músculos ciliares que permitem a partir da sua contração ou relaxamento inchaço da lente. Participa assim dos meios refrativos do olho, sendo capaz de aumentar e diminuir o grau para a focalização das imagens de perto. Este mecanismo é chamado de acomodação e é de grande importância, uma vez que é responsável por garantir a nitidez da imagem na parte mais interna do olho, destinada a receber a imagem.

Quando se observa um objeto de perto os músculos se contraem aumentando a convexidade do cristalino, o que possibilita a diminuição da distância focal. É quando ocorre a acomodação.

Se se observa um objeto distante se relaxam os músculos ciliares, diminuindo a convexidade do cristalino, aumentando a sua distância focal.

Em outras palavras, o mecanismo de acomodação tem como objeto buscar a distância focal entre o cristalino e a retina para qualquer distância que se deseja observar.

Quando se está observando objetos próximos é quando os músculos ciliares estão contraídos, o que exige a realização de maior esforço, que se mantido por muito tempo, pode levar ao desajuste do mecanismo.

Há uma série de profissões com estas características: desenhista, digitadores, professores, advogados, dentre outras, de modo que o número de trabalhadores destes setores com transtornos visuais é muito maior do que de outros.

- d. **A retina** é a parte mais interna do olho onde convergem os raios de luz para formar a imagem. É a mais interna das membranas e reveste o interior do olho, sendo a mais importante devido a sua sensibilidade à luz. Pode ser considerada uma expansão do nervo óptico.

Em cada retina há cerca de 120 milhões (Gazzaniga, 2007) de fotorreceptores (cones e bastonetes) que libertam moléculas neurotransmissoras a uma taxa que é máxima na escuridão e diminui de um modo proporcional (logarítmico), com o aumento da intensidade luminosa. Esse sinal é transmitido depois à cadeia de células bipolares e células ganglionares.

Existem cerca de 1 milhão de células ganglionares e são os seus axónios que constituem o nervo óptico. Há, portanto, cerca de 100 fotorreceptores por cada célula ganglionar; no entanto, cada célula ganglionar recebe sinais que provêm de um “campo receptivo” na retina, aproximadamente circular, que abrange milhares de fotorreceptores.

Entre os fotorreceptores e as células bipolares, há uma camada de células horizontais ligadas a eles e ligadas entre si de modo que o potencial de cada uma delas é uma média pesada das suas vizinhas (sendo o peso das mais próximas maior). Cada célula bipolar recebe entradas de um fotorreceptor e de uma célula horizontal e produz um sinal que é proporcional à diferença entre os sinais logarítmicos produzidos pelas duas células; o que equivale a dizer que é um sinal com muito menor gama dinâmica, porque é uma razão entre a intensidade local e a iluminação de fundo na vizinhança, independentemente, por isso, do nível absoluto de iluminação. Como resultado disso, áreas grandes da retina com iluminação uniforme produzem sinais muito fracos, enquanto áreas de maior variação, como é o caso dos contornos dos objetos, resulta em sinais fortes. Ou seja, a retina detecta essencialmente variações de luminosidade.

O sistema de fotorreceptores responde a uma alta gama dinâmica - com variações de iluminação de de 1 para 1 milhão. Os bastonetes são apenas sensíveis a baixos níveis

de iluminação, mas os cones, que são sensíveis a altos níveis de iluminação, respondem dentro de uma gama de intensidade que varia com a iluminação média da cena observada. É isso que nos faz sentir ofuscados quando a intensidade luminosa aumenta de repente.

As células bipolares têm uma gama dinâmica muito mais baixa - só precisam de responder a um sinal proporcional à razão entre a intensidade local e a iluminação de fundo. Deste mecanismo sensorial resulta um efeito de adaptação enorme.

Como as células horizontais têm uma resposta relativamente lenta, quando um fotoreceptor detecta um objeto em movimento, elas ainda têm informação sobre a situação anterior, e isso faz com que o sinal de saída das células bipolares, que passa depois através da camada das células amacrinas para as células ganglionares, contenha informação útil para a detecção de movimento.

Tudo isso justifica a importância de se garantir os níveis de iluminação adequados nos objetos que precisam ser observados durante o trabalho.

Se se projeta em uma tela o espectro da luz visível e sua intensidade diminui paulatinamente, o espectro bem iluminado apresenta cores brilhantes, mudam notavelmente seu aspecto à medida que diminui a sua intensidade. A zona mais luminosa é alterada de amarelo para verde, o tom vermelho se apaga em relação ao azul e logo desaparece e vão perdendo seus tons as diversas partes do espectro, até que finalmente só uma banda permanece incolor.

Particularmente contrastantes são as intensidades das sensações que produzem o vermelho e o azul, quando varia a intensidade da luz, aspecto a ter em conta em trabalhos que precisam discriminar cores. Se o trabalho é executado em turnos rotativos nos quais, tanto de dia como de noite seja necessário desenvolvê-los, a iluminação artificial deve satisfazer os níveis adequados, para evitar erros. Isso é conhecido como o fenômeno de Purkinje.

Sánchez (*et al.*, 1996) classifica os fatores que interferem no aparecimento destes transtornos. Entre eles estão:

**Locais:** Estes podem ser de origem acomodativo (resultado de um esforço anormal da acomodação por defeitos de refração); **nervoso ou retinal** (por anestesia, hiperestesia, ou qualquer outra anormalidade da retina ou transtornos nervosos gerais), e **muscular** (por falta de coordenação ou debilidade dos músculos extraoculares ).

**Ambientais:** A iluminação (excesso, defeito ou má distribuição), o predomínio de cores puras em paredes, tetos e máquinas, os contrastes das cores e o reflexo da luz.

Outros como **os psicológicos**, excesso de trabalho e pouco descanso.

**Finalmente, lembre-se que ao longo dos anos a visão enfraquece.**

O Cristalino, normalmente transparente, torna-se cada vez mais opaco, dificultando a passagem de luz, a retina torna-se menos sensível aos raios de luz, os músculos ciliares são incapazes de conseguir as acomodações necessárias para pequenas distâncias. Pode-se dizer que a acuidade visual em crianças é geralmente maior do que em adultos. Quando os adultos chegam mais ou menos aos 40 anos até alcançar a velhice os valores antigos ficam próximos à metade.

Villena (2005) levanta uma série de fatores de suma importância para a manutenção da função visual. Entre os cuidados que devem ser tomados estão:

- a. A intensidade da luz do local onde a atividade ocorre.
- b. A distância visual com que se trabalha.
- c. A transparência e a limpeza dos elementos que se encontram interpostos entre os olhos e o objeto que se está trabalhando (vidros, telas, livros etc.)
- d. A relação com o ambiente que te rodeia (janelas para a luz, posição de fontes de luz etc.)
- e. A organização dos períodos de trabalho (tempo de trabalho e pausas a realizar).

### **3.3. Grandezas e unidades de iluminação**

A grandeza de base de iluminação é a **intensidade da luz**, sendo reconhecida em 1967 pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), com o nome de "candela(cd)".

As outras grandezas de iluminação são determinadas com base nas suas relação normais com a intensidade da luz, tal como definido pelo Sistema Internacional de Unidade.

**Magnitude:** A intensidade da luz



**Unidade:** Candela

**Símbolo:** cd

**Definição:** A Candela é a intensidade luminosa de uma fonte que emite uma radiação monocromática com uma frequência de  $540 \cdot 10^{12}$  Hz em uma direção determinada e cuja intensidade energética nessa direção é de 1/683 watt por estereoradiano.

**Representa:** A quantidade de luz emitida por uma fonte em todas as direções, por unidade de ângulo sólido.

**Se expressa por:**  $I = E \cdot D^2$

**Onde:**

I: intensidade de luz, cd

E: Nível de iluminação, lux

D: Distância entre a fonte de luz e a superfície, m.

2. **Magnitude:** Fluxo luminoso ( $\phi$ )

**Unidade:** Lumen

**Símbolo:** lm

**Definição:** O lumen é igual ao fluxo luminoso de uma variação monocromática onde o fluxo de energia é de 1/683 watt e uma frequência de  $540,015 \cdot 10^{12}$ .

**Representa:** A quantidade de luz emitida por estereoradiano por uma fonte de luz uniforme de 1 candela.

Se expressa por:  $\phi = E \cdot S$

**Onde:**

$\phi$  : O fluxo luminoso, lm.

E: Nível de iluminação, lux

S: Superfície, m<sup>2</sup>

3. **Magnitude:** Iluminação (E)

**Unidade:** Lux

**Símbolo:** lx

**Definição:** O lux é igual à iluminação de uma superfície de 1 m<sup>2</sup> quando se incia sobre ela o fluxo luminoso de 1lm.

**Representa:** A densidade de fluxo sobre uma superfície.

**É expressa por:**  $E = \frac{\phi}{S}$

**Onde:**

$\phi$  : O fluxo luminoso, lm

E: nível de iluminação, lx

S: área iluminada, m<sup>2</sup>

4. **Magnitude:** a luminosidade ou brilho (L ou B).

**Unidade:** Candela por unidade quadrada

**Definição:** A candela por unidade quadrada é igual à luminosidade de uma superfície plana uniformemente iluminada em direção perpendicular cuja área é de 1 m<sup>2</sup> e a sua intensidade luminosa é de 1 cd.

**Representa:** Intensidade luminosa de uma fonte ou superfície em uma direção determinada por unidade de área projetada da superfície.

**É expressa por:**  $L \text{ ou } B = \frac{E \cdot r}{10000}$

**Onde:**

L e B: a luminosidade ou brilho, cd/m<sup>2</sup>

r: fator de reflexo

### 3 O Brilho

O brilho ou luminância de uma superfície ou de uma fonte é igual à intensidade de luz emitida em direção normal por unidade de área.

O brilho depende:

**Da intensidade da luz incidente:** Existe uma relação direta entre a intensidade da luz incidente e da luz refletida. Uma superfície escura pode chegar a ser tão brilhante quanto um branco se se aumenta suficientemente a luz incidente.

**Da proporção de luz refletida:** Quando a luz incide sobre uma superfície, se reflete em um determinado tamanho  $K$ , chamado de coeficiente de reflexão de luz. Para uma superfície escura  $K$  assume valores pequenos, aumentando na medida em que a cor da superfície seja mais clara, mas sempre manterá entre:  $0 < K < 1$ . Quando se trabalha com objetos claros e brilhantes não é necessário iluminá-los tanto quanto precisam quando são escuros e opacos. Isso é, geralmente, vantajoso, mas pode ser prejudicial.

Se uma superfície altamente brilhante pode chegar a causar reflexos de longo prazo, pode causar sérios problemas. Um exemplo desse problema que se encontra hoje em estudos, é o maior percentual de deficientes visuais que trabalham em salinas, comparado com o resto da população. Acredita-se que a alta porcentagem de reflexão do sal ( $K > 0,9$ ) exposto ao sol, pode ser a causa desta doença. A determinação do brilho é um fator importante. Mas antes é necessário determinar o tipo de reflexão.

**Reflexão difusa:** Criada quando a luz é refletida mais ou menos uniformemente em todos os sentidos.

**Reflexão dirigida:** Criada quando o ângulo é formado entre o raio refletido e o normal são iguais.

#### 4 Contraste:

O contraste é um fenômeno com o qual se pode diferenciar cores atendendo à luminosidade e à cor de fundo sobre a qual se projetam.

O contraste em brilho ou em cor é particularmente importante na iluminação, pois se a relação deles é inadequada, se torna difícil a sua identificação, podendo chegar a parecer invisível. Fazendo diferenças significativas de contraste de objeto-fundo propicia a efetuação da tarefa com menores níveis de iluminação, e, portanto, com menos despesa, uma vez a visão é mais rápida e precisa. A cor desempenha um papel importante no contraste, podendo agregar altos valores a ele a partir do emprego de fundos escuros se o objeto for claro e fundo claro se objeto for escuro.

É mais fácil ter fundos que façam um bom contraste com o objeto, pois é mais difícil alterar o brilho ou a cor dele. Um exemplo é a cor verde escuro das lousas, que permite um bom contraste com o giz branco. Outro exemplo é o microcomputador, que fornecem a possibilidade de selecionar a seu gosto o fundo da tela do monitor. Se tanto o objeto quanto o fundo não fosse possível alterar o seu brilho e suas cores, e estes fossem semelhantes, a solução seria aumentar os níveis de iluminação.

Pérez (*et al*, 2005) refere-se ao contraste físico e perceptivo. O primeiro referindo-se às quantidades diferentes de luz por parte de duas áreas, enquanto o segundo definido como

percepções diferentes, argumentando que neste influenciam diversos fatores como: o estado de adaptação do observador, a natureza dos contornos e o tamanho e a frequência espacial do estímulo.

## **5 Distribuição de brilho no campo visual**

A relação de brilho no campo visual deve ser o mais homogêneo possível, ou seja, não devem existir grandes diferenças entre o brilho do objeto ou superfície com que se está trabalhando e a área ao redor.

Como se tem visto, o brilho é a intensidade da luz emitida por uma superfície. Se, de forma constante, é necessário estar mudando a visão para superfícies com diferentes níveis de brilho, fará com que a íris tenha que regular constantemente o seu diâmetro para limitar o fluxo de luz que penetra no olho.

Realmente para fazer com que o brilho da tarefa seja igual ao dos arredores é difícil, por isso que foram estabelecidas proporções entre as duas. Considera-se que uma relação de brilho entre as proximidades não maior de 3 a 1 é aceitável e uma relação entre o objeto e qualquer parte do campo visual inferior que 10 a 1 é desejada, estabelecendo como a taxa máxima permitida a relação de 40 a 1.

As relações anteriores mostram o critério de que as proporções de brilho a conseguir são bastante amplas. Isso não deve ser confundido ou induzir a pensar que quando as relações de brilho estão perto dos máximos permitidos as condições são boas. Deve-se conseguir a uniformidade, evitando que nem o objeto de trabalho nem o seu entorno brilhe com diferenças marcantes.

Para isso se deve ter em conta as condições concretas em que a tarefa é executada e a reflexão da luz nas diferentes superfícies que a compõem.

## **7 Reflexo:** O transtorno que provoca na visão um excessivo nível de brilho.

O reflexo, tanto direto como refletido é um fenômeno muito complexo e deve ser evitado em todas as instalações de iluminação artificial, já que causa uma diminuição da percepção visual do olho humano (reflexo fisiológico) e com o tempo diminui também o bem-estar e desempenho do indivíduo (reflexo psicológico).

Quando o sistema visual está adaptado para receber uma determinada quantidade de luz e repentinamente sobre ele se faz incidir maior quantidade, provoca um impacto muito grande, já que o fluxo de luz que atinge a retina é maior do que o necessário para atingir a sensibilidade normal, pois não decorreu tempo suficiente para que a íris regulasse o fluxo de luz que devia penetrar.

Isso causa uma cegueira temporária que durará o tempo que leva para a íris regular o fluxo de luz novamente.

Embora a situação descrita seja a mais típica são poucas as profissões em que se faça necessário trabalhar com diferentes níveis de brilhos tão intensos, sendo mais frequentes os seguintes:

**Reflexo direto:** produzido quando o feixe de luz que emite a fonte luminosa incide diretamente sobre os olhos.

A causa disto é a localização na linha de visão do trabalhador da fonte de luz. Para evitar isso se colocam os acessórios especiais de proteção que podem ser classificados, em princípio, de difusores e refletores.

Os difusores são feitos de vidro fosco ou vidro escuro para evitar o impacto direto do feixe de luz.

Os refletores criam um fluxo de luz direcionado para uma zona determinada fazendo com ele um ângulo protetor adequado, que não deve ser inferior a 17°.

As janelas ou vidros utilizados para tirar proveito da luz natural, que por dia são fontes de alto brilho, podem causar os reflexos ou ofuscamentos.

**Reflexo Indireto:** é causado pela incidência da luz sobre superfícies brilhantes, cuja reflexão é direcionada para os olhos. As superfícies brilhantes são causadoras deste tipo de reflexo, porque a sua reflexão é direcional.

Esta situação é fácil de evitar mudando a posição da fonte de luz, do local de trabalho ou a posição do trabalhador. Cobrindo as superfícies brilhantes com cores de acabamento opacos de reflexão não brilhantes, encontra-se outra solução.

Com o tempo de permanência à exposição de diferentes brilhos aumenta o desconforto, chegando a ficar cansativo o que no início não se notava.

Morera, Saez e Varela (2004) sugerem que o desconforto do reflexo é um fenômeno que afeta o conforto visual, colocando em risco a saúde e a segurança das pessoas na sua jornada laboral, principalmente na forma de cansaço visual, dores de cabeça, entre outros. Como resultado destas situações podem ser detectados problemas na qualidade e na produtividade das tarefas realizadas em condições de iluminação inadequada.

O fenômeno do desconforto do reflexo é sutil. A percepção por parte do trabalhador não é tão evidente como pode ser um nível sonoro excessivamente elevado. O olho humano adapta-se progressivamente às condições de iluminação o que pode impedir de notar possíveis defeitos na instalação da iluminação.

A avaliação do desconforto do reflexo se realiza mediante o índice UGR (Unified Glare Rating) da Comissão Internacional de l'Éclairage (CIE). O índice UGR e seus métodos de cálculo são descritos na publicação do CIE nº117-1995: "Discomfort Glare in interior lighting". A tabela 3.1 mostra a escala UGR que quantifica desconforto do reflexo.

**Tabela 3.1 Escala de quantificação do desconforto do reflexo**

Denominação	Valor UGR
Imperceptível	10
Pouco perceptível	13
Perceptível	16
Pouco aceitável	19
Inaceitável	22
Pouco desconfortável	15
Desconfortável	28
Intolerável	31

## **8 Difusão**

A iluminação difusa é obtida quando a luz incide em diferentes direções.

É útil em muitos locais de trabalho, pois reduz significativamente o efeito indesejável das sombras, já que ao estar iluminado o objeto por diferentes ângulos, impede que isso ocorra. Evita também o reflexo de superfícies espelhadas. Apesar destas vantagens, se você garantir um nível determinado de iluminação em um local específico, a iluminação difusa é mais cara que a dirigida porque espalha o feixe de luz sobre uma área maior.

Em locais de trabalho onde é necessário precisar determinados detalhes de relevância, como irregularidades no acabamento de superfícies, inspeções, a iluminação difusa não é recomendada porque não destaca os defeitos. A iluminação dirigida, neste caso, é mais eficaz.

A iluminação difusa pode ser alcançada, não só a partir da instalação de maior número de luminárias, mas, a partir da utilização de sistemas de iluminação indireta ou parcialmente indireta, porque o teto e as paredes se convertem em fontes secundárias de grande superfície. Um acabamento fosco sobre elas definitivamente favorece um alto grau de difusão.

O caminho para alcançar a iluminação difusa com a utilização de sistemas não diretos de emissão de luz conduz a uma menor porcentagem de aproveitamento de energia, portanto, também deve ser levado em consideração.

Uma solução muito particular é fornecida pela lâmpada que é colocada sobre a mesa de cirurgia. É de grande diâmetro circular, colocando as fontes de luz para o perímetro da lâmpada, de modo que quando o cirurgião se inclina sobre o paciente, a sombra que ele projeta sobre ele é atenuada pela luz proveniente de outras fontes.

Algumas características da luz suave (difusa) e dura (direta), segundo Rincóndelvago (2002).  
A luz dura revela os contornos.

A Luz macia reduz o contraste também.

A luz suave é uma iluminação difusa, sem sombras. Obtém-se com fontes de luz de ampla cobertura.

A luz dura é uma iluminação muito direcional e produz sombras pronunciadas. Obtém-se com fontes de iluminação pontuais "spots" e da luz solar direta. Quanto menor é o tamanho da fonte, mais dura é sua qualidade.

### **9 A Cor:**

É a impressão que a luz produz na retina quando decomposta em seus diferentes comprimentos de onda. Assim, cada cor ocupa uma banda (não exatamente delimitada) do espectro eletromagnético.

A origem dessa impressão pode ser a exposição proveniente de fontes de luz monocromática ou de objetos que refletem este tipo de luz. Se uma superfície de um corpo é iluminada com luz branca (que contém todos os comprimentos de onda) e tem a cor vermelha, é porque esta superfície tem absorvido todos os comprimentos de onda exceto a faixa do espectro eletromagnético correspondente a esta cor, que é refletida.

Determinar a pureza de uma cor é muito difícil porque não existe um critério objetivo que o sustente. Para superar esta dificuldade se estabelece a comparação com as diferentes tonalidades que vai adquirindo um corpo negro quando é aquecido. Este, como todo incandescente, na medida em que sua temperatura muda, sua cor também muda, de modo que cada cor corresponde a uma temperatura.

As diferentes cores que vai adquirindo o corpo negro aquecido a temperaturas diferentes se conhece como a **temperatura de cor**. Assim, quando dizemos que a temperatura da cor da chama de uma vela é 1800<sup>0</sup> K significa que sua cor é semelhante à do corpo negro quando adquire esta temperatura.

### **Efeitos Fisiológicos e psicológicos da cor**

A percepção prolongada das cores pelo homem, condiciona a atividade de vários processos fisiológicos. Assim, a exposição às cores vermelha e amarela é pensada para aumentar a atividade muscular e a pressão arterial. Ao mesmo tempo, aumenta a frequência respiratória pela íntima relação do sistema cardiovascular e esta última se predispõe a ação e movimento. Fornece a sensação de calor.

A ação dos diferentes tons de verde produz efeito totalmente oposto, pois reduz a pressão arterial, o ritmo da respiração, enquanto o sistema nervoso, talvez por essas mesmas razões, se apazigua. Proporciona sensação de frieza, como o azul.

A cor como outras sensações que percebemos através dos sentidos está sujeita a critérios de análise subjetiva. Depende das preferências pessoais, seu relacionamento com outras cores e formas dentro do campo visual (contraste, a extensão que ocupa, a luz recebida, a harmonia com o ambiente, o estado de ânimo e de saúde etc (Fernandez e Boix, 2004).

Tradicionalmente distinguimos entre cores quentes e frias. Os primeiros são os violetas, os azuis e verdes escuros. Eles dão a impressão de frescor, tristeza, isolamento e redução do espaço. Em contrapartida, o segundo, amarelos, laranjas, vermelhos e verdes claros produzem sentimentos de alegria, ambiente estimulante e acolhedor e amplo espaço.

### Sensações associadas às cores

**Branco:** Frieza, higiene, neutralidade.

**Amarelo:** Atividade, impressão, nervosismo.

**Verde:** Calma, repouso, natureza.

**Azul:** Frieza.

**Preto:** Inquietude, tensão.

**Marrom:** Calor, relaxamento.

É preciso destacar também o fator cultural e climático porque nos países quentes as pessoas preferem tons frios para a decoração de interiores, no entanto nos países frios acontece o contrário.

### 3.4. Sistema de iluminação

Bahamonde (2000) concorda com a classificação que será apresentada em relação aos sistemas de iluminação, tendo em conta a distribuição do fluxo luminoso, por cima ou por baixo da horizontal, ou seja, tendo em conta a quantidade do fluxo luminoso projetado diretamente na superfície iluminada e a que chega depois de refletir-se pelo teto e pelas paredes.

**Tabela 3.2 Distribuição do fluxo luminoso**

Sistema de Iluminação	Distribuição do fluxo luminoso	
	Para Cima	Para Baixo
Iluminação direta	0 - 10	100 – 90
Iluminação semidireta	10 - 40	90 – 60



Direta – indireta	40 – 60	60 - 40
Geral difusa	40 - 60	60 – 40
Iluminação semi-indireta	60 - 90	40 - 10
Iluminação indireta	90 - 100	10 - 0

- a. **Iluminação direta:** É muito utilizada no ambiente industrial para trabalhar diretamente com equipe de alta eficiência, porque concentrando-se a luz para baixo em uma porcentagem elevada impede a absorção no teto e paredes.
- b. **Iluminação semidireta:** Também são amplamente usadas industrialmente pelas mesmas razões que a direta. A pequena distribuição do fluxo para cima produz o efeito de reduzir o contraste do brilho ao fazer mais brilhante à área em torno da luminária.
- c. **Geral difuso:** Distribui o fluxo luminoso quase que uniformemente em todas as direções. É amplamente utilizado em armazéns, escritórios etc, oferecendo uma boa qualidade.
- d. **Direto - Indireto:** A diferença em relação ao geral difuso é que não tem componente na direção horizontal, tendo os mesmos usos e vantagens.
- e. **Iluminação semi - Indireta:** não é utilizada praticamente no ambiente industrial por sua baixa eficiência, exceto nos serviços e nos laboratórios muito específicos, pois limita a iluminação já que favorece a relação do brilho entre a luminária e teto.
- f. **Iluminação indireta:** Não é utilizada industrialmente por sua ineficiência, apesar de evitar o brilho e o efeito não desejado das sombras. Necessita-se de uns 30 a 50% mais energia luminosa com este sistema do que com um direto para conseguir um nível de iluminação semelhante, supondo iguais todas as outras condições. No entanto, por causa dos benefícios antes ditos, não se deve descartar o seu uso para o futuro, quando as condições de energia não forem tão urgentes.

### 3.5. Métodos de iluminação

Os métodos de iluminação estão referidos às áreas em que é necessário garantir um nível de iluminação. No capítulo XIII da obra *Iluminación* (2003), fala-se dos tipos de iluminação, que são:

- a. **Iluminação geral:** Com este método de iluminação se consegue uma uniformidade em todo o local. Aplica-se quando em toda a área se realiza uma mesma tarefa, que exige o mesmo nível de iluminação. A simetria deve ser alcançada na instalação de fontes de luz.
- b. **Iluminação geral Localizada:** É a necessária para alcançar em áreas que, pelo tipo de tarefa a ser executada exige altas intensidades, não sendo necessário (nem econômico) fornecer esse nível de iluminação em todos os locais que podem utilizar fontes que concentrem a luz baixa. Geralmente é suficiente para iluminar a área circundante.
- c. **Iluminação Suplementar:** Recebe este nome o método para iluminar pontos específicos do espaço de trabalho que exige elevado nível de iluminação. É possível que o equipamento que a necessite já traga incorporado na sua fase de projeto a luminária como acontece em tornos, furadeiras etc. É combinada com a iluminação geral situada, pois a área que ela cobre é muito específica, sendo insuficiente para iluminar áreas adjacentes. Se a tarefa exige uma qualidade de luz específica, tal requisito é essencial.
- d. **Iluminação de emergência:** Pode ser usada em casos de falha de energia elétrica, para os quais existem basicamente dois sistemas:

**Os centrais:** são para construções de certa importância, requerem uma central e uma manutenção, e instalações mais complexas. São usadas em instituições, empresas, comércio, igrejas etc.

**Individuais ou Autônomos:** São dispositivos que, individualmente, permanecem conectados à rede elétrica, e ao suspender-se a energia acendem automaticamente, manterão uma iluminação mais ou menos adequada durante o tempo que durar a bateria. Quando a energia se reestabelece a bateria recarrega automaticamente. No mercado há uma grande variedade, mas para uma construção pequena pode-se utilizar equipamentos de 4 horas de duração (bateria), transportáveis, não fixas, e assim servirão para suprir outras necessidades.

### 3.6. Os níveis de iluminação

Por nível de iluminação se entende como a quantidade de luz sobre o plano de trabalho.

Uma vez realizado um estudo que abrange todos os aspectos vistos nas seções anteriores, a tarefa é garantir que sobre o plano de trabalho chegue a luz em quantidade suficiente que assegure a execução da atividade, mas também que se ajuste às necessidades da economia.

Escalona (2002) faz referência à norma DIN 5035 de iluminação de interiores com luz artificial. Na mesma menciona seis tipos de atividades e um intervalo de intensidade correspondente a cada uma, a fim de eleger segundo o grau de reflexão de permanência da luz (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3 Norma DIN 5035 de iluminação interior com luz artificial**

Classe de atividade	Intensidade de iluminação recomendada E
Recinto destinado somente a orientação	60 Lux
Trabalhos que exigem que o olho perceba grandes detalhes com elevados contrastes	120 – 250 Lux
Atividades em que são necessárias reconhecer detalhes com reduzidos contrastes	500 – 700 Lux
Trabalhos de precisão que requerem um reconhecimento de detalhes muito precisos com uns contrastes muito reduzidos	1000 – 5100 Lux
Trabalhos de precisão que requerem um reconhecimento de detalhes muito precisos com uns sete contrastes muito reduzidos	2000 – 3000 Lux
Casos especiais em que o trabalho a realizar impõe altas exigências, pouca energia para a intensidade de iluminação: por exemplo, iluminação de uma sala de operações clínicas	5000 Lux ou mais

Deve-se considerar que todas as superfícies (teto, piso, paredes) refletem a luz que incide sobre elas. As superfícies claras e brilhantes possuem maior poder refletor, as escuras refletem menos. Isto se deve ter em conta não somente ao eleger a intensidade da iluminação, mas também ao estudar a distribuição das lâmpadas e os planos de trabalho.

### **Considerações Finais**

Falar da importância da visão e da audição humana pode até parecer redundância diante de tudo que já foi discutido aqui. Mas, o que se observa em muitos locais de trabalho e nas mais variadas empresas é que nem todos percebem o quanto estes sentidos são essenciais para a consecução dos trabalhos. É claro que existem outros fatores relevantes e outros itens evidentes no que diz respeito à falta de condições adequadas no meio ambiente do trabalho, mas este é um fator histórico e precisa de outra análise.

O que se deve evidenciar é que o olho humano é o receptor mais importante de informações. Alguns estudos mostram que de 80 a 90 % de todas as nossas percepções ocorrem através da visão o que não é muito diferente em muitos trabalhos que o homem realiza. Supostamente pode-se então acreditar – pela experiência e vivência – que grande parte da fadiga relativa ao trabalho passe pela sobrecarga dos olhos.

Somos seres projetados e dimensionados para trabalhar com a luz natural. A luz do dia com céu claro e sem nebulosidades é composta de 90 % de luz solar direta e 10 % de luz difusa. Sempre que possível os postos de trabalho devem ser planejados para o máximo de aproveitamento possível da luz natural. Neste ponto é interessante citar alguns números: em um dia nublado de verão é possível encontrarmos de 10.000 a 30.000 lux em locais abertos. – já em dias de verão os valores chegam a 100.000 lux.

Outro aspecto muito relevante é a questão da audição. A exposição frequente ao som alto leva à surdez ocupacional. Algumas iniciativas e uso de protetores podem resolver o problema - Furadeiras, britadeiras, buzinas, entre outros itens muito comuns no cotidiano, aliados a falta de conhecimento das normas do trabalho, da consulta ao médico ocupacional e ao otorrinolaringologista, e o descaso com equipamentos de segurança estão entre as principais causas da surdez ocupacional, um dos mais graves problemas ocasionados em ambientes de trabalho no Brasil.

Eis aí o grande objetivo deste estudo. Alertar e ajudar, com algumas informações e direcionamentos para a organização consciente do ambiente de trabalho a fim de criar as condições necessárias para um trabalho com qualidade e um trabalhador com saúde.

## Referências

- a. BAHAMONDE, F. **Máquinas e instalaciones eléctricas**, 2000. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/dimensionamiento-de-luminarias.html>

- b. BEBERID, S. R. y C. N. CUIXART. NTP 139: El trabajo con pantallas de visualización, [Consultado: 14 mayo, 2008]. Disponible en: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_139.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_139.htm)
- c. BRUNO. Iluminación. Tipos de Alumbrado, Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: [http://html.rincondelvago.com/iluminacion\\_tipos-de-alumbrado.html](http://html.rincondelvago.com/iluminacion_tipos-de-alumbrado.html)
- d. Capítulo XIII. Iluminación., 2003. [Consultado: 18 setiembre, 2009]. Disponible en: <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/ie/ie-13/ie-13.htm>
- e. Consejos para la iluminación. 2004. [Consultado: 18 setiembre, 2009]. Disponible en: [http://www.unionfenosa.es/ShowContent.do?contenido=COM\\_01\\_08\\_01\\_04&audiencia=1](http://www.unionfenosa.es/ShowContent.do?contenido=COM_01_08_01_04&audiencia=1)
- f. COSAR, R. C. NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo, [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_211.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_211.htm)
- g. ESCALONA, I. M. Ingeniería de Métodos: Análisis Sistemático de la Producción, 2002. [Consultado: 20 Mayo, 2008]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/igmanalis/igmanalis.shtml>
- h. FERNANDEZ, J. G. y O. BOIX. Fotometría. Color, 2004a. [Consultado: 14 mayo, 2008]. Disponible en: [http://edison.upc.es/curs/llum/luz\\_vision/color.html](http://edison.upc.es/curs/llum/luz_vision/color.html)
- i. ---. Fotometría. La visión. Factores que influyen en la visión, 2004b. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: [http://edison.upc.es/curs/llum/luz\\_vision/factores.html](http://edison.upc.es/curs/llum/luz_vision/factores.html)
- j. ---. Fotometría. Lámparas Incandescentes, 2004c. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: <http://edison.upc.es/curs/llum/lamparas/lam0.html>
- k. GARCÍA, J. **El ruido y la iluminación**. Dos factores que afectan la seguridad en la empresa de vagones ferroviarios. Revista Técnica Popular, 1987.
- l. Gazzaniga, Michael. **Ciência Psicologia**: mente, cérebro e comportamento. Porto Alegre: Artmed, 2005
- m. IES. Principios y cálculos de la iluminación. en., Capítulo 10: p. 94 - 97

- n. MORERA, J. A.; J. A. SÁEZ y J. M. VARELA. Evaluación del Deslumbramiento Molesto en Instalaciones Industriales de Iluminación Interior, 2004. [Consultado: 14 Mayo, 2005]. Disponible en:  
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=908>
- o. PÉREZ, D., et al. Color, Brillo y Contraste, Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en:  
[http://www.uam.es/personalpdi/psicologia/travieso/web\\_percepcion/cobrico.html](http://www.uam.es/personalpdi/psicologia/travieso/web_percepcion/cobrico.html)
- p. RIFALDI, A. Iluminación. Método Punto por Punto, Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en: <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/pr/ilumin/illumi.htm>
- q. RINCÓNDELVAGO. Tema 7: Realización y producción. La Iluminación, 2002. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en:  
<http://html.rincondelvago.com/iluminacion.html>
- r. SÁNCHEZ, F. R., et al. Factores de riesgo para la astenopía en operadores de terminales de computadoras, 1996. [Consultado: 14 mayo, 2008]. Disponible en:  
<http://www.insp.mx/salud/38/383-4s.html>
- s. Tutorial de instalaciones en los edificios. 2.1 Teoría fundamental. 2002. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en:  
[http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/instalaciones/tema\\_21.htm](http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/instalaciones/tema_21.htm)
- t. VEGA, J. J. H. Justificación, 2000. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en:  
[http://www.itlp.edu.mx/publica/revistas/revistaisc/ante\\_riores/sep00/chips.htm](http://www.itlp.edu.mx/publica/revistas/revistaisc/ante_riores/sep00/chips.htm)
- u. VILLENA, A. M. Y. El ojo humano, 2005. [Consultado: 14 Mayo, 2008]. Disponible en:  
[http://www.cesiblog.com/eRevistaCRAE/archives/02-01-2005\\_02-31-2005.html](http://www.cesiblog.com/eRevistaCRAE/archives/02-01-2005_02-31-2005.html)
- v. VIÑA, S. y E. GREGORI. **Ergonomía**. Ciudad de la Habana, Cuba: Departamento de ediciones internas del IPSJAE, 1986.
- w. WESTINGHOUSE. **Manual de Alumbrado**. Edición Revolucionaria. Ciudad Habana, Cuba: 1973.