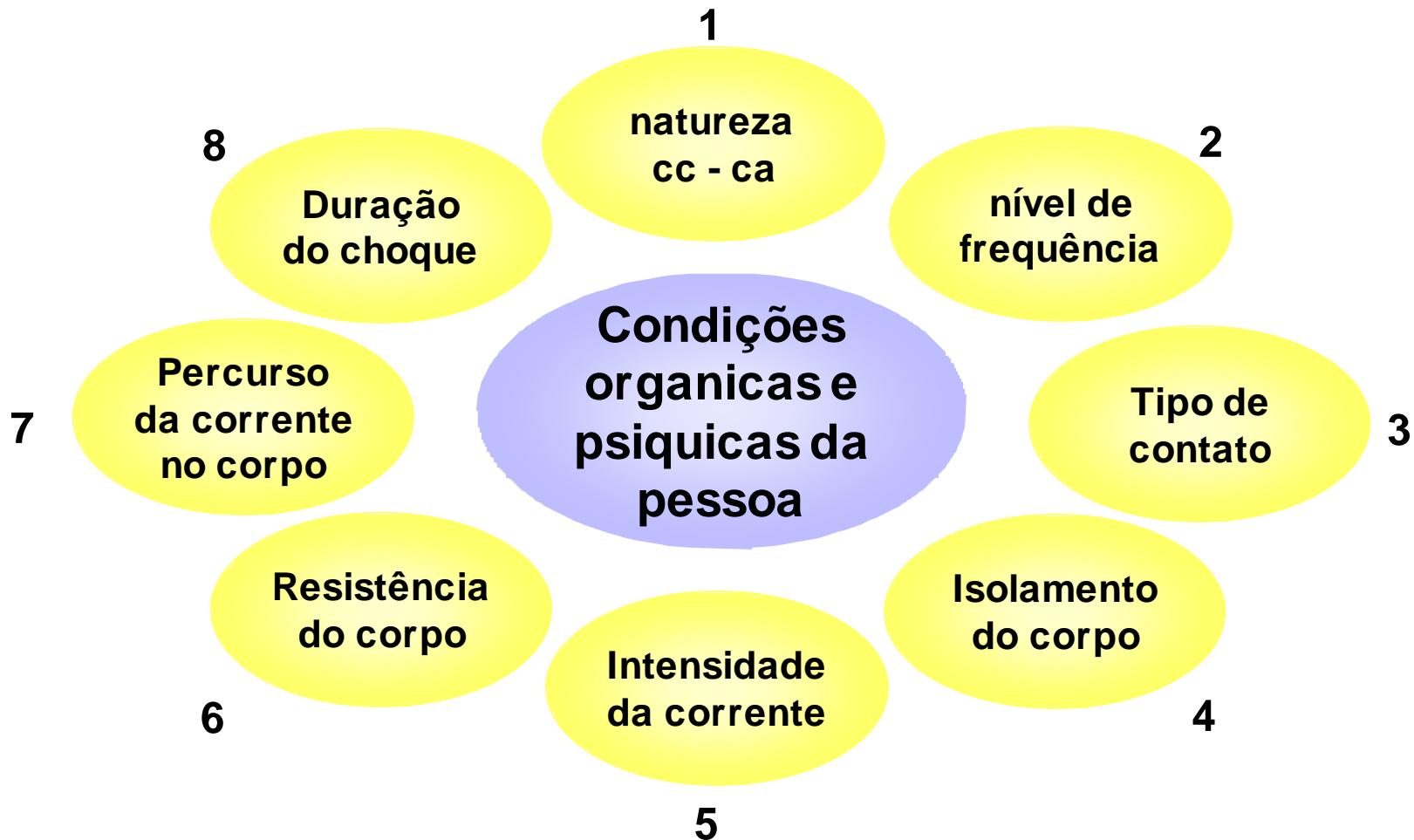




OS EFEITOS DO CHOQUE ELÉTRICO VARIAM CONFORME AS CIRCUNSTÂNCIAS





Os perigos da corrente elétrica

Qualquer atividade biológica, seja glandular, nervosa ou muscular, é originada por impulsos elétricos. Quando, por choque, à corrente fisiológica soma-se outra de origem externa, as funções vitais do organismo humano são alteradas e, dependendo de certos fatores, podem acarretar até a morte.

Fundamentalmente, são quatro os efeitos que a corrente elétrica produz no organismo humano

Sintomas do Choque Elétrico

- Contrações musculares;
- Tetanização dos músculos;
- Aquecimento do músculo, órgão e sangue;
- Queimaduras dos ossos, músculos, órgãos, pele, etc..
- Parada respiratória;
- Parada cardíaca;
- Problemas mentais;
- Perdas de memória;
- Prolapso em órgãos ou músculos;
- Problemas renais;
- Retenção sanguínea;
- Outros.



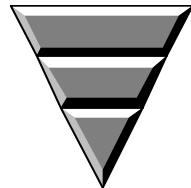
Efeito da corrente

- 2 grupos:
 - primeiro: Que não produzem morte - queimaduras, lesões cutâneas
 - segundo: que produz morte - crise de espasmos, músculos pulmonares; fibrilação
-



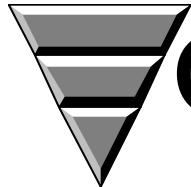
Efeitos Fisiológicos da Corrente Elétrica

- O funcionamento do estímulo nervoso
- O perigo: Tensão ou Corrente Elétrica??
- Os fenômenos Fisiológicos da corrente
- A tetanização
 - A parada respiratória Tetanização dos músculos
 - peitorais, os pulmões são bloqueados
 - **Não adianta esforço próprio**



Os perigos da corrente elétrica

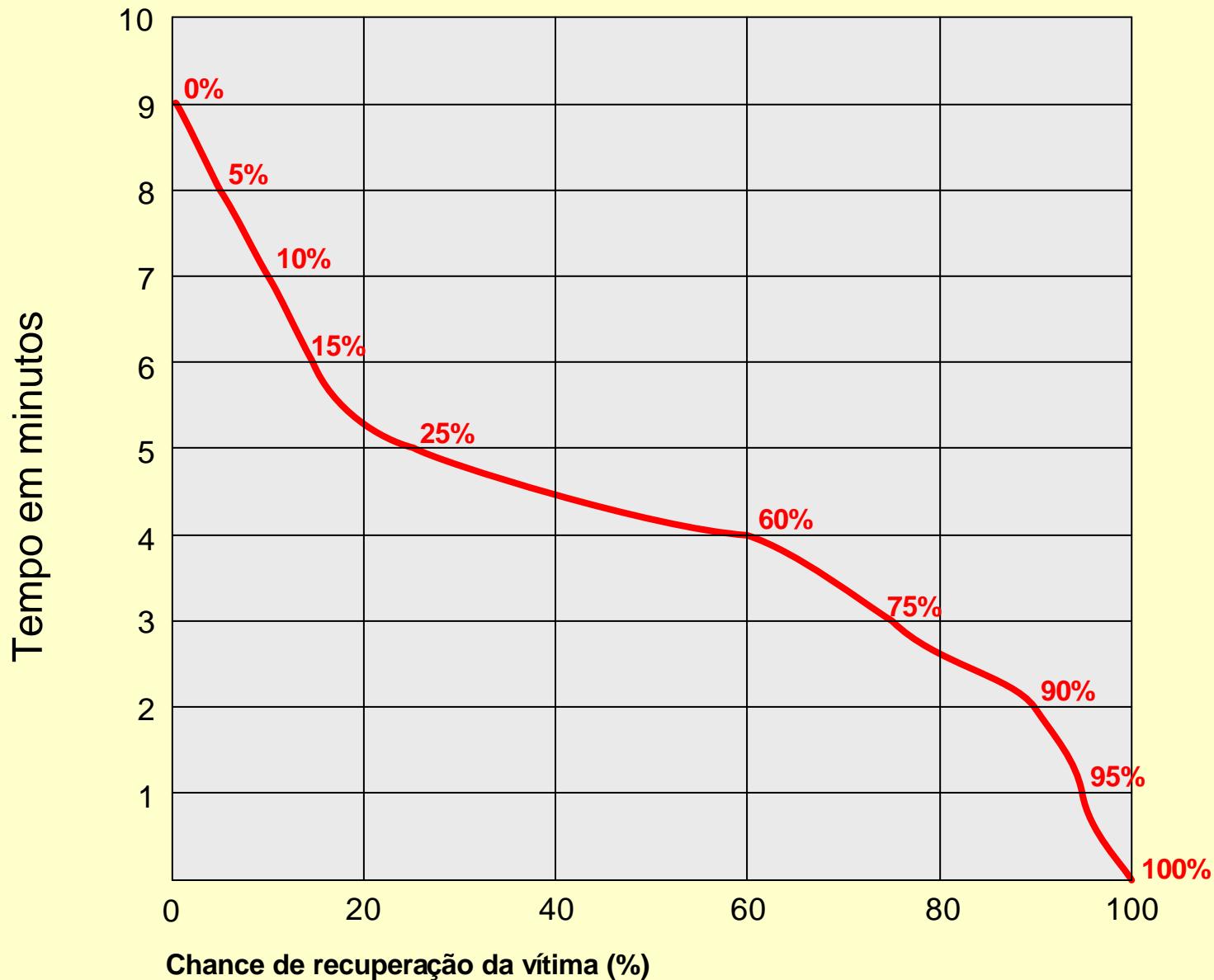
- ***TETANIZAÇÃO*** — contração muscular provocada pela circulação da corrente através dos tecidos nervosos. Este efeito sobrepõe-se ao comando cerebral. A partir de certo valor (em corrente alternada, 50/60Hz: 6 a 14mA, para mulheres, e 9 a 23mA, para homens), a corrente provoca a contração total do músculo, impedindo, por exemplo, que algum objeto que esteja sendo segurado possa ser largado, motivo de ser conhecido como *limiar de não largar*.
-



Os perigos da corrente elétrica

- **PARADA RESPIRATÓRIA** — se a corrente de choque atingir valores superiores aos do limiar de não largar, a tetanização atinge os músculos peitorais e a função respiratória é afetada. Por esta razão, é importante a respiração artificial no socorro imediato às vítimas de choque elétrico.
- A permanência da corrente leva o indivíduo a perda de consciência e morte por sufocamento;
- A intervenção deve ser rápida (3 a 4 min), com respiração artificial para evitar lesões irreversíveis.

Probabilidade de recuperação da vítima de choque elétrico após a parada respiratória





Os perigos da corrente elétrica

- ***QUEIMADURA*** — como o corpo humano tem certa resistência elétrica, a circulação de corrente provoca calor (Efeito Joule), produzindo queimaduras, que são mais intensas nos pontos de entrada e saída da corrente (onde a densidade de corrente é maior, pois, não só a resistência da epiderme é superior a dos tecidos internos, como também há a resistência da interface de contato). As queimaduras por choque são profundas e podem levar à morte por insuficiência renal.
- Mais graves quanto maior a corrente e o tempo de permanência;
- **As queimaduras internas podem romper as artérias**



Efeitos patológicos

- Queimaduras - efeito Joule, pontos críticos, entrada e saída da corrente. “Via de regra são profundas - difícil cura
 - » Insuficiência Renal – morte
- CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS
- A queimadura elétrica apresenta várias características que a diferenciam de outras queimaduras provocadas por outros agentes. A lesão local depende do tipo de tensão, corrente, umidade, entre outros, e pode variar desde de uma lesão puntiforme a uma necrose extensa de todas as estruturas.

Queimadura por corrente





Queimadura por corrente

- As lesões de pele em poucas horas torna-se enegrecidas e em geral são bem delimitadas. As lesões extensas se comportam como a síndrome esmagamento e os músculos lesados podem liberar grande quantidade de mioglobina, que atinge o máximo em torno da primeira hora, podendo levar obstrução dos túbulos renais e à necrose tubular aguda
 - Essas lesões têm a característica de serem “progressivas”, ou seja, , tendem a aumentar cada dia, durante um período médio de duas semanas após a lesão, caminhando na profundidade da musculatura.
-



- Queimadura
do terceiro
grau ocorrido
em alta
tensão





- Queimaduras no ponto de saída ou entrada da corrente elétrica no contato.





Fibrilação

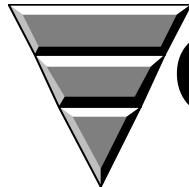
A fibrilação ventricular - músculo cardíaco

– Coração bate desordenadamente - parada cardíaca. – Desfibrilador

Contração muscular produzida pelo impulso elétrico;

Perigo: o indivíduo ficar “agarrado” durante o tempo em que perdurar a ddp;

Valores elevados de corrente provocam a repulsão;



Os perigos da corrente elétrica

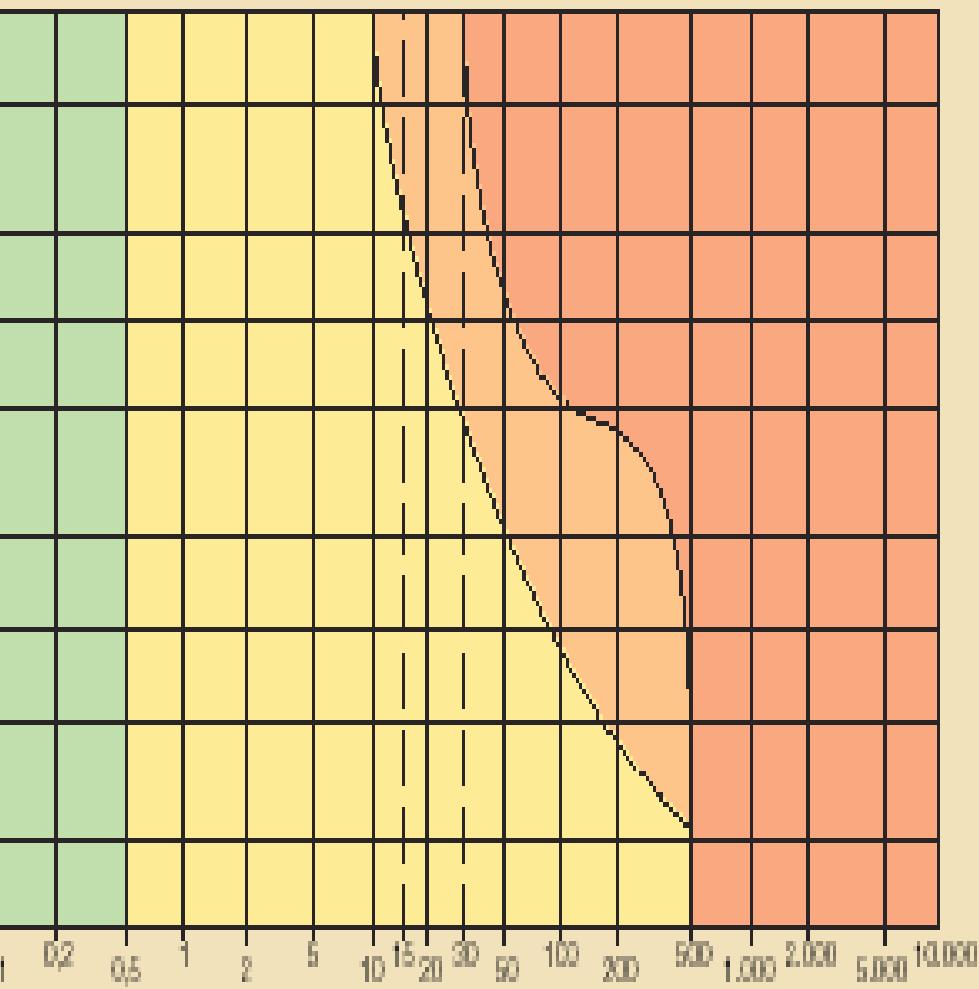
FIBRILAÇÃO VENTRICULAR — no ser humano, o músculo cardíaco contrai-se 60 a 100 vezes por minuto em virtude dos impulsos elétricos gerados no nódulo seno-atrial do coração. Quando a estes, somam-se e sobrepõem-se impulsos externos devidos a choque elétrico, dependendo da intensidade da corrente e da duração do contato, a frequência do batimento poderá ser alterada, produzindo arritmia, e o coração não ser mais capaz de exercer sua função vital. A fibrilação ventricular é praticamente irreversível, pois, apesar dos bons resultados que podem ser conseguidos pelo pronto socorro com desfibriladores cardíacos, via de regra não há tempo para usá-los, já que o tempo para comprometimento do coração e do cérebro é de apenas três min.



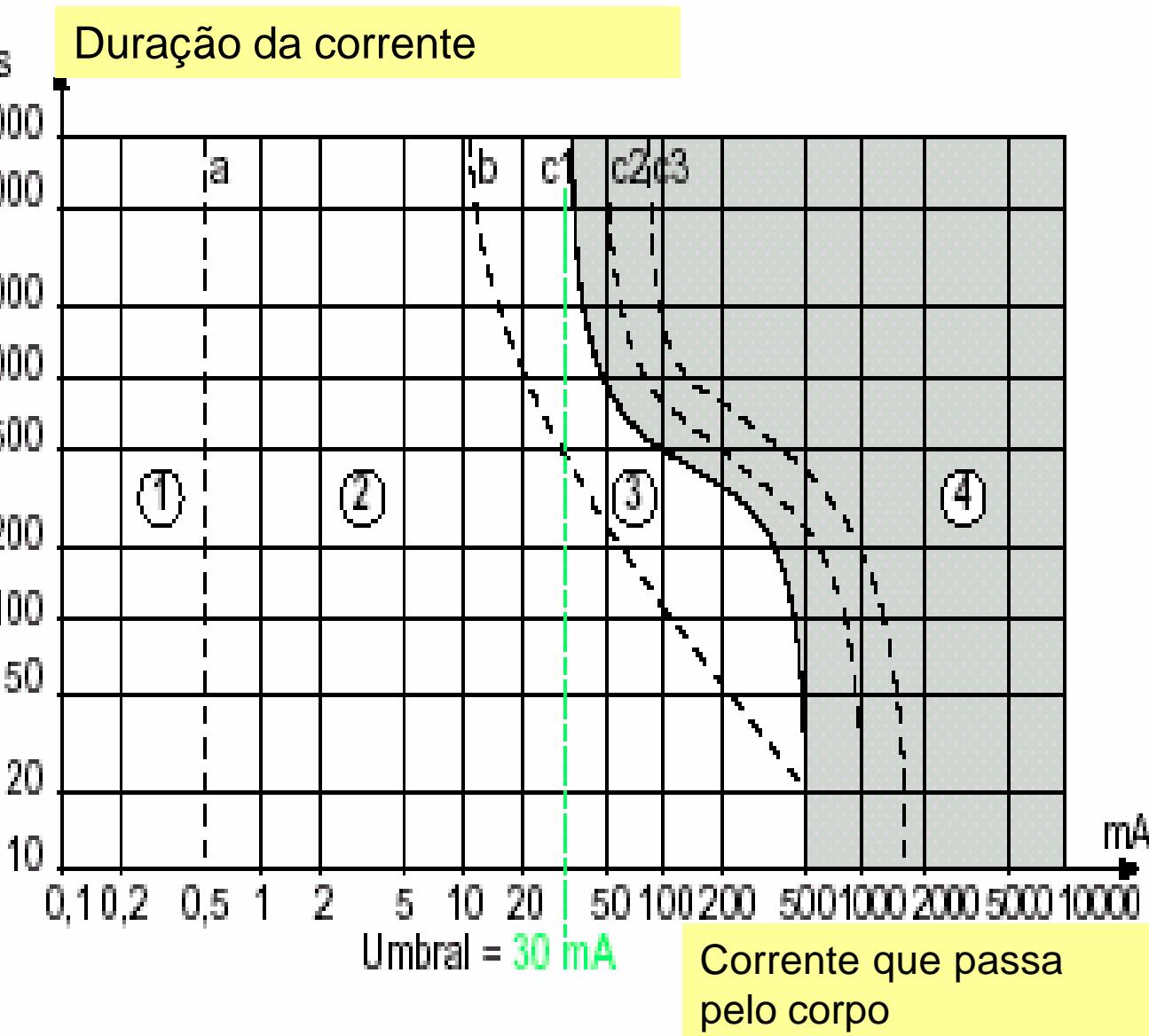
Gráfico dos Eleitos da Corrente Elétrica

curvas zonas de risco

os da corrente alternada sobre as pessoas



- Zona 1 - Nenhum efeito perceptível.**
- Zona 2 - Efeitos fisiológicos geralmente não-dano.**
- Zona 3 - Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares, geralmente reversíveis).**
- Zona 4 - Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis (fibrilação cardíaca, parada respiratória).**



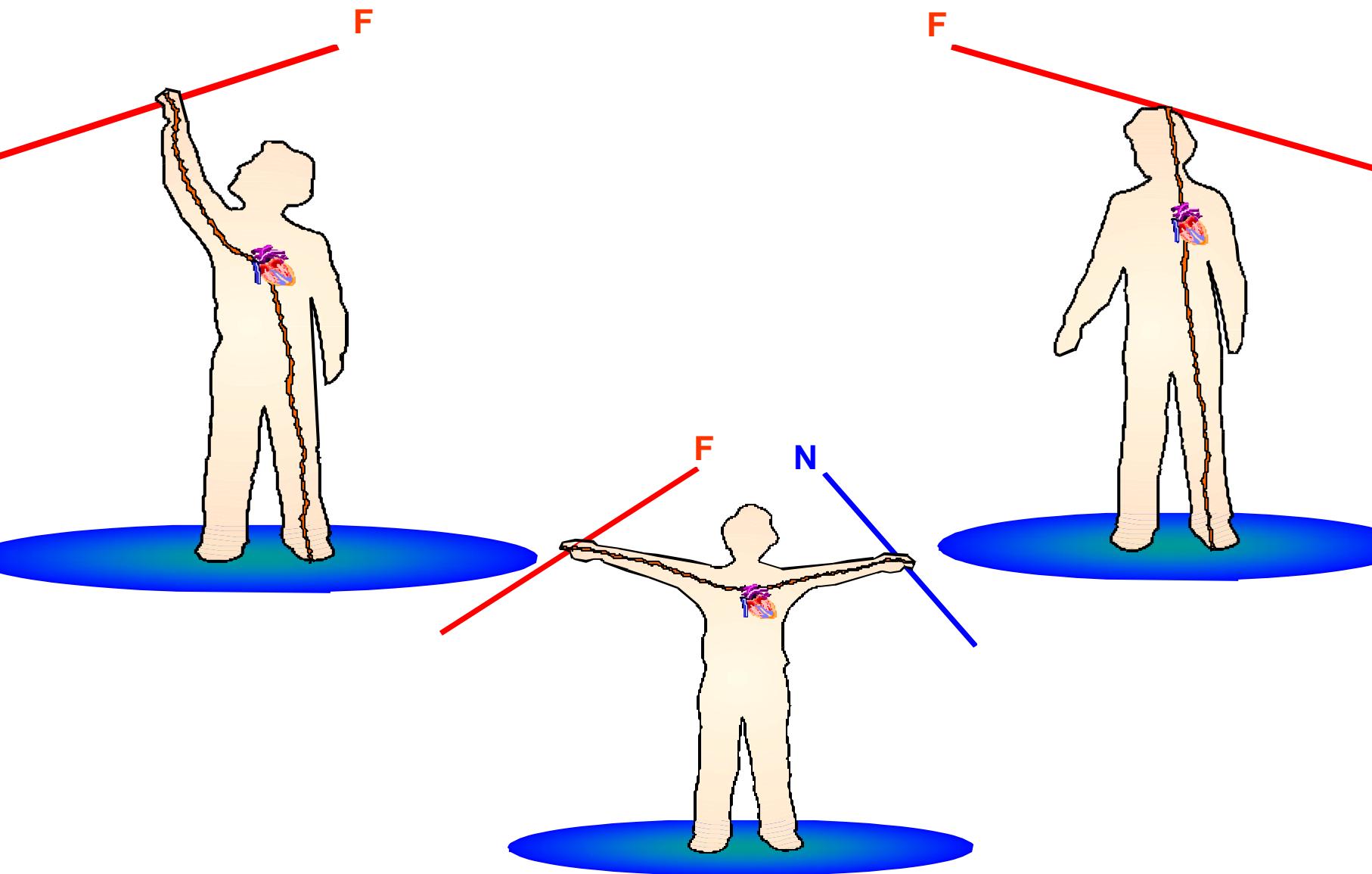
- ① Nenhum efeito perceptível
 - ② Efeitos fisiológicos geralmente não danos
 - ③ Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares, geralmente irreversíveis)
 - ④ Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis:
 - fibrilação cardíaca,
 - parada respiratória.
- C1:** não há fibrilação do coração.
- C2:** 5% de probabilidade de fibrilação
- C3:** 50% de probabilidade de fibrilação.

Efeito da corrente no ser humano

Figura 3.3.- Quadro sinótico do efeitos do choque elétrico em pessoas adultas, jovens e saudáveis

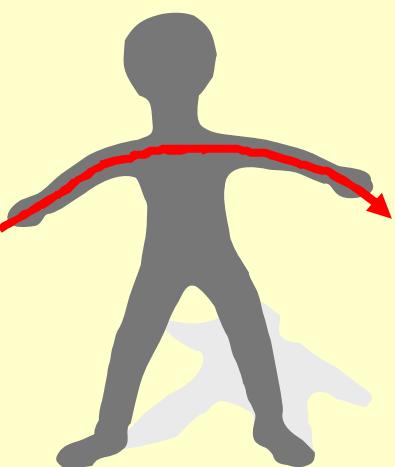
Intensidade de corrente que percorre o corpo humano em 60 Hz	Perturbações possíveis durante o choque	Estado após o choque	Técnica de salvamento.	Resultado final
1 mA Limiar de sensação	Nenhuma - leve percepção superficial	Normal		Normal
1 a 9 mA	Sensação cada vez mais desagradável a medida que a intensidade aumenta contrações musculares	Normal	Desnecessário	Normal
9 a 20 mA	Sensação dolorosa; Contrações violentas; Asfixia(1); anoxia(2); Anoxemias(3); Perturbações circulatórias	Morte aparente	Respiração Artificial	Restabelecimento
20 a 100 mA	Sensação insuportável, contrações violentas. Anoxemias, anoxia, asfixia, Perturbações circulatórias graves, inclusive, fibrilação ventricular.	Morte Aparente	Respiração artificial Massagem cardíaca	Restabelecimento morte. Muitas vezes há tempo de salvar morte ocorre em poucos minutos.
Acima de 100 mA	Asfixia imediata, fibrilação ventricular. Alergias musculares, queimaduras	Morte Aparente ou imediata	Muito Difícil Tratamento hospitalar	Morte
Alguns Ampères	Asfixia imediata, queimaduras graves	Morte Aparente ou imediata	Praticamente impossível	Morte

Asfixia - é a ausência de respiração; (2) - Anoxia - é a ausência de oxigênio no sistema respiratório; (3) - Anoxemias - é a ausência de oxigênio no sangue.

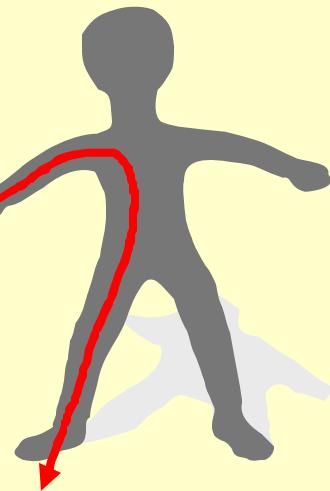


Os perigos do choque elétrico podem ser mais danosos ainda, desde que a corrente passe a transitar com maior intensidade pelo coração.

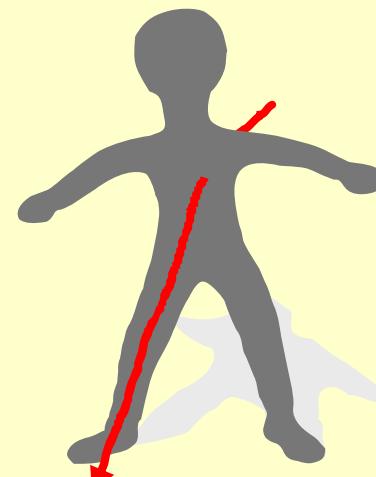
A resistência elétrica depende também da trajetória da corrente elétrica pelo corpo humano:



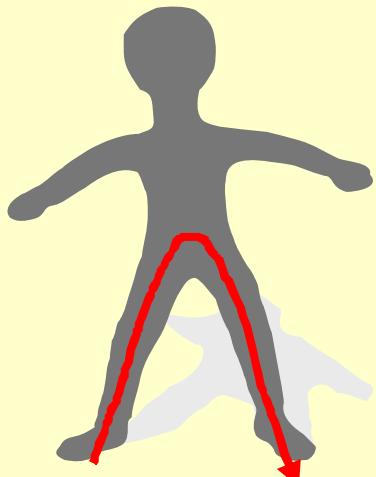
mão/mão



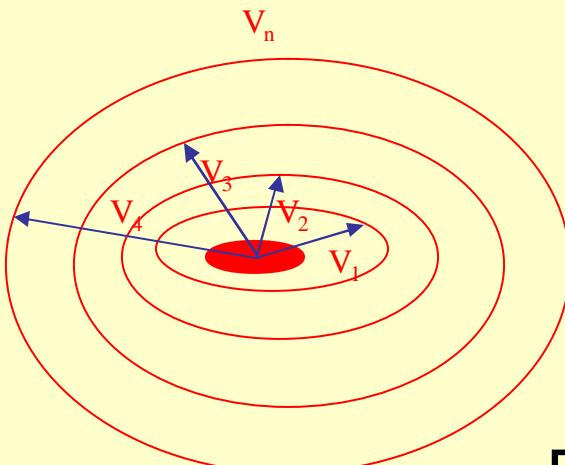
mão/pé



tórax/pé



pé/pé



Ponto Escoando Energia
Elétrica para terra

A Corrente Elétrica - o risco!

- a resistência do corpo humano
- a variação da resistência
 - fatores fisiológicos importantes
 - fatores de percurso da corrente - variação com o caminho da corrente no corpo humano.

IMPEDÂNCIA DO CORPO HUMANO

Varia de pessoa para pessoa, na mesma pessoa de acordo com condições fisiológicas e ambientais.

Valores médios:

mão - pé: 1000 a 1500 Ohms

mão - mão: 1000 a 1500 Ohms

mão - tórax: 450 a 750 Ohms

Estado da pele

Tipo de contato

Duração do contato

Superfície de contato

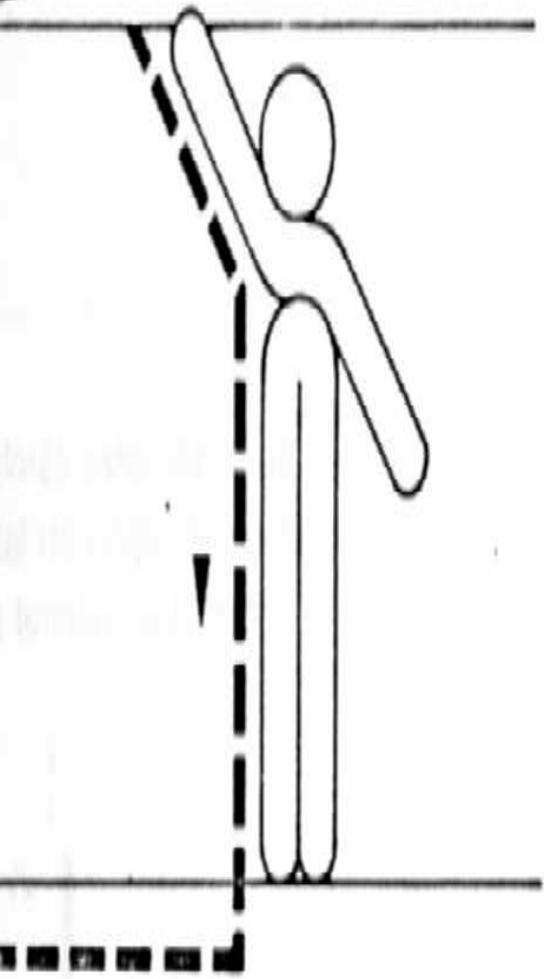
Pressão de contato

Taxa de álcool no sangue

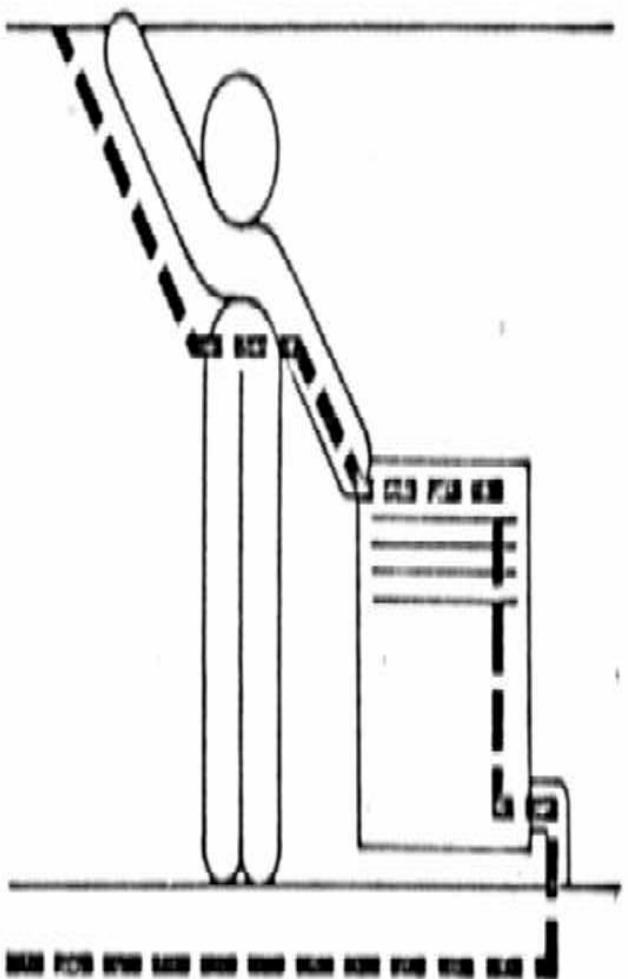
Natureza da corrente

Tensão de contato

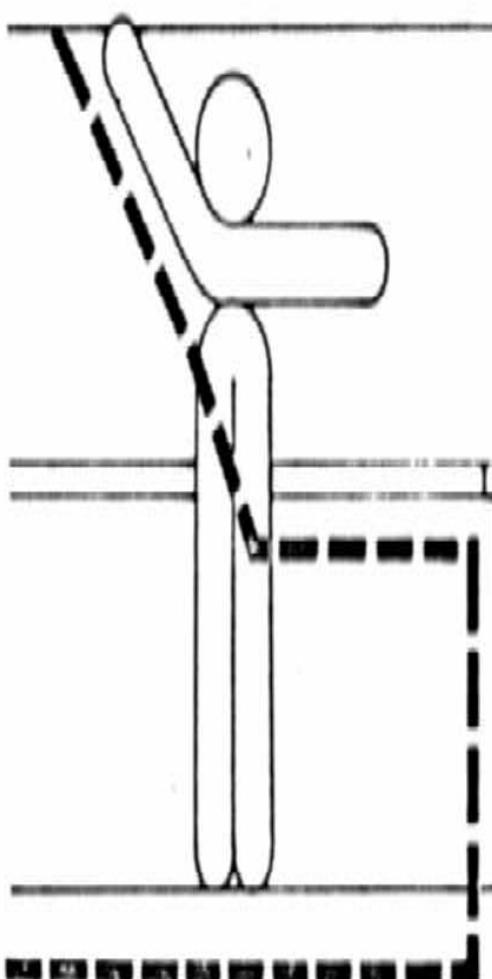
A resistência do Corpo



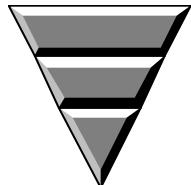
o-pé
resistência média 1000 a 1500 N



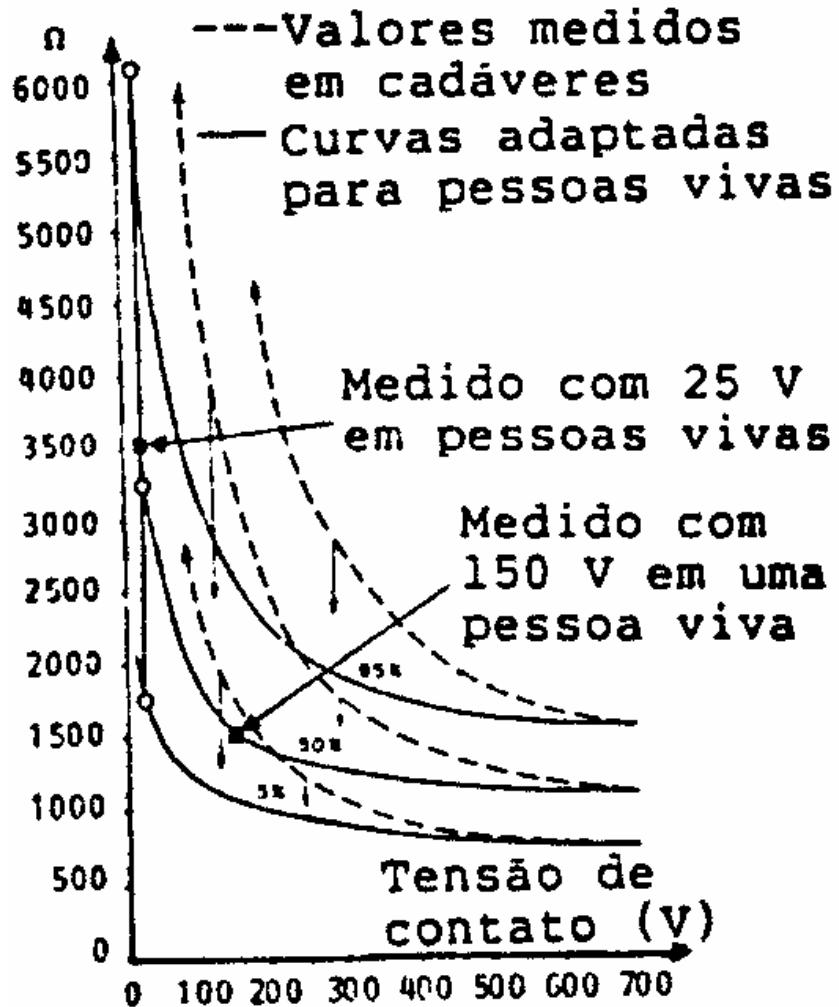
mão-mão
resistência média 1000 a 1500 N



mão-tórax
resistência média 450 a 700 N



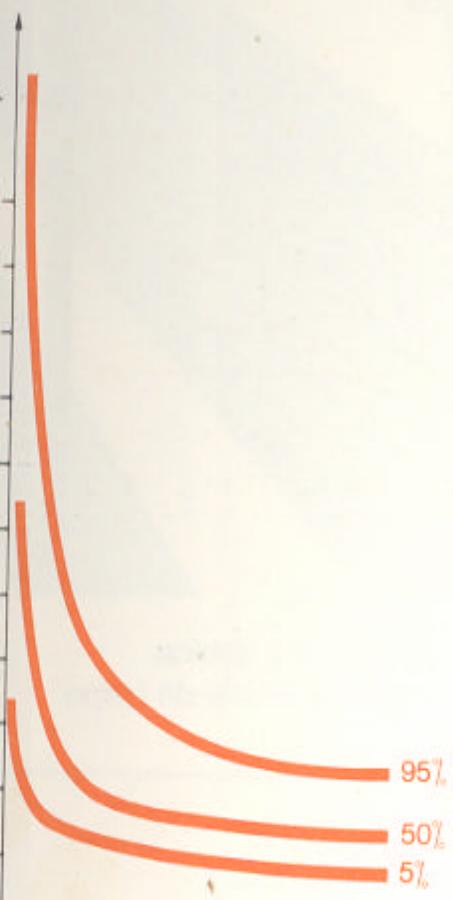
Resistência do corpo humano



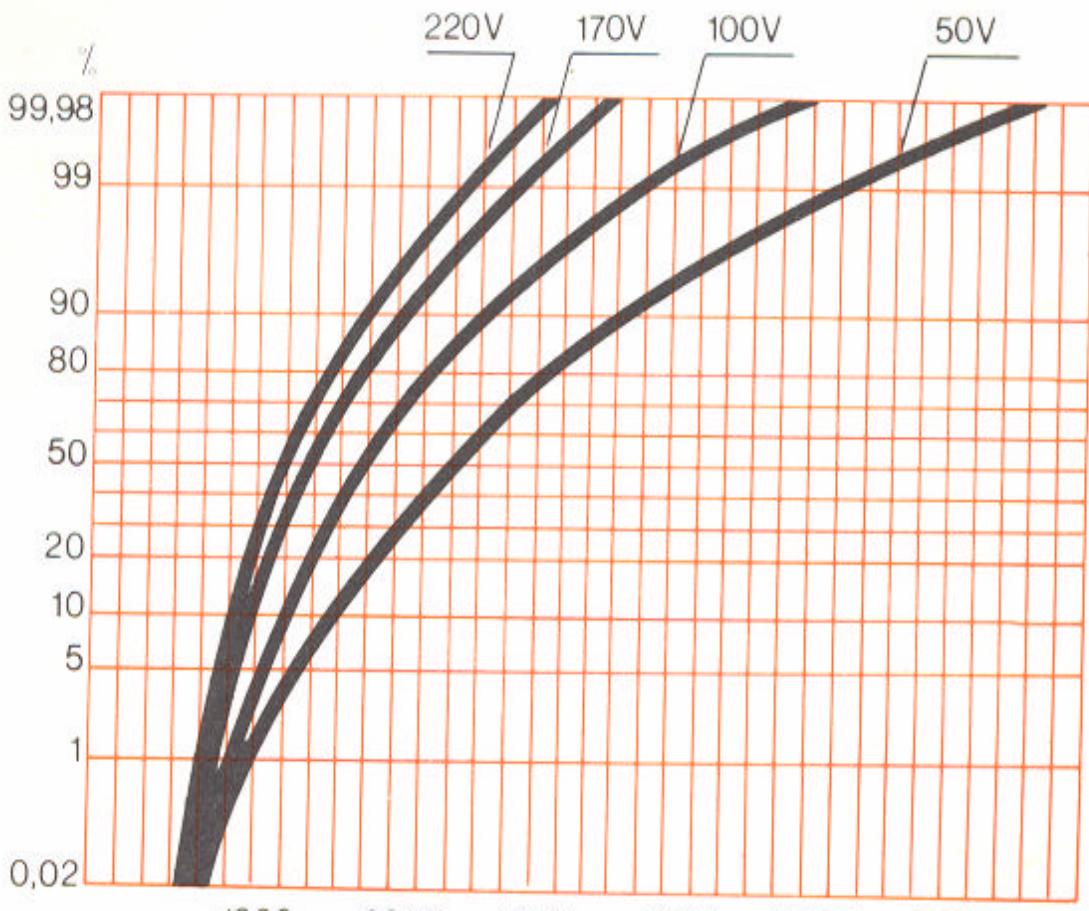
Valores de resistência
do corpo humano

Comportamento da resistência do corpo humano em função da tensão

res estatísticos da impedância do corpo humano em função da tensão de contato



Freqüência acumulada da resistência do corpo de pessoas adultas com diferentes tensões (percurso da corrente mão esquerda-pés)



Tensão de Contato

abela

Impedância total do corpo humano (z_t) em função da tensão de contato.

TENSÃO DE CONTATO (V)	VALORES DA IMPEDÂNCIA TOTAL (Ω) DO CORPO HUMANO QUE NÃO SÃO ULTRAPASSADOS POR DA POPULAÇÃO		
	5%	50%	95%
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
Valor assintótico	650	750	850

Proteção contra choques elétricos (NBR 5410/2004)

Tabela 19 – NBR5410/2004

**Resistência Elétrica do Corpo Humano conforme as
Condições de Umidade da Pele e**

Respectivas Correntes de Choque para Alguns Valores de Tensão de Contato

Tensão de Contato [V]	Condições de Umidade da Pele							
	BB1		BB2		BB3		BB4	
	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]
10	6500	1,6	3200	3	1200	8	500	20
25	5000	5	2500	10	1000	25	400	50
50	4000	12,5	2000	25	875	57	300	165
100	2200	45	1500	70	730	140	260	370
250	1000	230	1000	230	650	500	200	1000

Definição dos Códigos BB1 a BB4

1: resistência elétrica do corpo elevada; característica de condições secas; típica de circunstâncias nas quais a pele é seca, sem nenhuma umidade, inclusive suor.

2: resistência elétrica do corpo normal; característica de condições úmidas; típica de passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, um elemento está seguro dentro da mão).

3: resistência elétrica do corpo fraca; característica de condições molhadas, típica de passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés.

4: resistência elétrica do corpo muito fraca, característica de condições imersas, típica de pessoas imersas n'água, po-

Resistência de contato

Resistência de um pé calcado

Superfície	Superfície seca		Superfície úmida	
	Faixa em KOhms	Média em KOhms	Faixa em KOhms	Média em Kohms
Asfalto	1300 a 1500	1364	25 a 85	60,00
Paralelepípedos asfalto*	700 a 750	720	2,0 a 8,0	3,84
Terra Natural	50 a 900	160	0,25 a 10,0	0,30
Areia (camada de 1cm)	35 a 110	72,1	0,5 a 1,3	0,93
Saibro (camada de 5cm)	15 a 35	22,8	0,8 a 1,4	0,93
Brita (camada de 5cm)	800 a 1000	936	10 a 25	15,50
Concreto com areia	400 a 700	553	0,7 a 1,6	1,08
Paralelepípedos com areia	750 a 1000	858	10 a 40	19,30
Concreto com asfalto	300 a 1100	677	10 a 60	25,40
Paralelepípedos asfalto**	400 a 1500	698	80 a 250	151

Observações:

$\rho_1 = 1640 \text{ Ohms.m}$; $\rho_2 = 77 \text{ Ohms.m}$; $h = 1,8 \text{ m}$

* - Paralelepípedos concretados sobre asfalto; ** - Paralelepípedos com asfalto.

Prolapso

Prolapso é o deslocamento, com mudança definitiva de órgão ou músculos, devido a passagem da corrente elétrica do choque. O corpo sofre uma convulsão. Os músculos se contraem, o sangue se dilata, há uma pane nos sistemas neuro-transmissores. Em consequência, pode se produzido o prolapso de qualquer órgão.

Eletrólise no Sangue

No caso específico do corpo humano, que é constituído de 70% de matéria líquida, possui vários tipos de sais minerais, o choque em corrente contínua provoca a eletrólise no sangue e no plasma líquido de todo o corpo. Este efeito pode ocasionar:

Mudança da concentração de sais minerais, produzindo desequilíbrio, gerando mal funcionamento de outros elementos;

Aglutinação de sais, produzindo bolinhas que provocam coágulos no sangue. Estes coágulos aumentam ou se aglutinam com outros, aumentando o tamanho, provocando trombose nas artérias, veias, vasos, etc..com a consequente morte da pessoa.

Perda da coordenação motora

que pode prejudicar a coordenação motora da pessoa, principalmente por:

Atrofia muscular;

Danos neurológicos;

Choque elétrico, superposto ao sinal transmissor natural do corpo, provoca uma pane geral, advindo daí toda a sorte de riscos e seqüelas.

seqüelas diversas, com possível perda de sensibilidade e coordenação motora.

danos no Cérebro

Muitos acidentes ocorrem com choque na parte superior da cabeça e a corrente passando através do cérebro, pode produzir efeitos diversos, com seqüelas graves, inclusive a morte.

os efeitos são:

Inibição do cérebro;

Dessincronização nos seus comandos;

Edema; Isquemia;

Aquecimento; Dilatação

No caso da isquemia as seqüelas podem ser:

- Perda da memória;
- Perda do raciocínio;
- Perda da fala;
- Comprometimento nos movimentos;
- Perda da visão;

O choque na cabeça ou pescoço, inevitavelmente atingirá o bulbo, produzindo consequências no centro cardíio-respiratório.

Danos na Visão

Os danos, decorrentes do choque, causados no olho humano podem ser diretos ou indiretos. E pode prejudicar a visão.

Danos Renais

A corrente elétrica, ao passar pelos rins pode comprometer o funcionamento deste órgão, geralmente produzindo os seguintes efeitos:

- Insuficiência renal;
- Enuresia (incontinência urinária)

Os problemas renais geralmente aparecem depois de um certo tempo, ficando difícil fazer a correlação do efeito com choque elétrico.



Aspectos Físicos do Campo Magnético e Campo Elétrico

- O Campo é uma área do espaço onde existem forças (ex. campo gravitacional);
 - Campo elétrico representa a força de uma carga elétrica exercida sobre outra carga elétrica;
 - Campo magnético representa a força que uma carga elétrica em movimento exerce sobre outra carga elétrica;
 - As instalações elétricas, igual a tudo que funciona com energia elétrica, gera campos magnéticos e elétricos.
-

Campo Elétrico

É proporcional ao número de cargas elétricas;

Um equipamento conectado a rede elétrica gera um campo elétrico, devido a presença de cargas;

Diminui rapidamente ao aumentar a distância da fonte e geração;

É fortemente atenuado pela maioria dos materiais como, parede, telhado, árvores, pele humana, etc;

Campo Magnético

- É proporcional a intensidade da corrente elétrica;
- Um equipamento conectado na rede elétrica gera campo magnético quando está em funcionamento , devido ao movimento da corrente elétrica;
- Diminui rapidamente ao aumentar a distância da fonte e geração;
- Não é fortemente atenuado por nenhum material;



Interações do Campo Magnético e Campo Elétrico com o Corpo Humano

Mecanismo básico:

- Indução de campos internos: correntes elétricas e oscilações dipolo;

Efeito Físico:

- Baixa Freqüência: Correntes induzidas dentro do corpo;
- Alta Freqüência: Absorção de energia eletromagnética;

Efeito Biológico:

- Baixa Freqüência: Estimulação da excitação dos tecidos;
 - Alta Freqüência: Aquecimento dos tecidos;
-



Efeitos de Curto e Longo Prazo

Efeitos de curto prazo:

- São bem estabelecidos e compreendidos;
- Acontece sobre limiares identificados;
- Pode ser prevenindo fixando valores limites de exposição.

Efeitos de Longo Prazo:

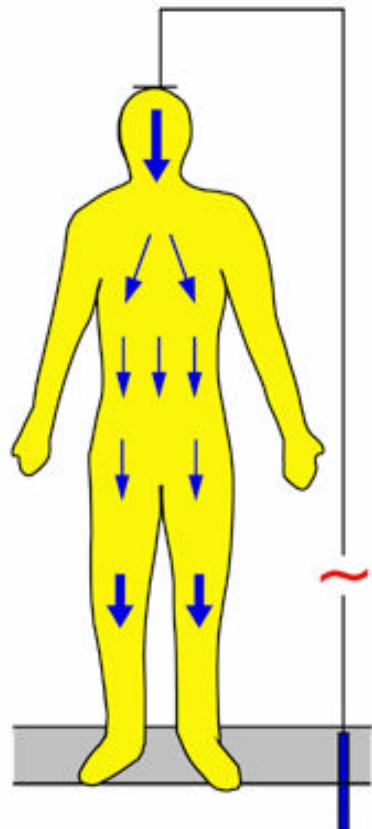
É uma hipótese que a exposição de campos magnéticos no limiar pode causar patologias a longo prazo, em particular o câncer;



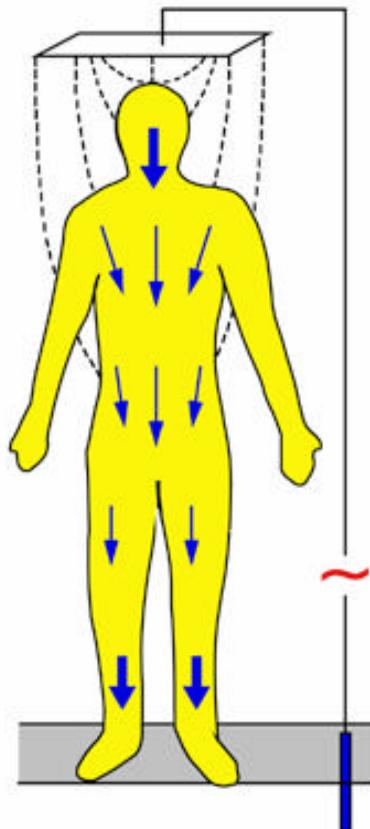
Penetração no Corpo Humano

THE PHYSICAL MECHANISM: INDUCTION OF ELECTRIC CURRENTS

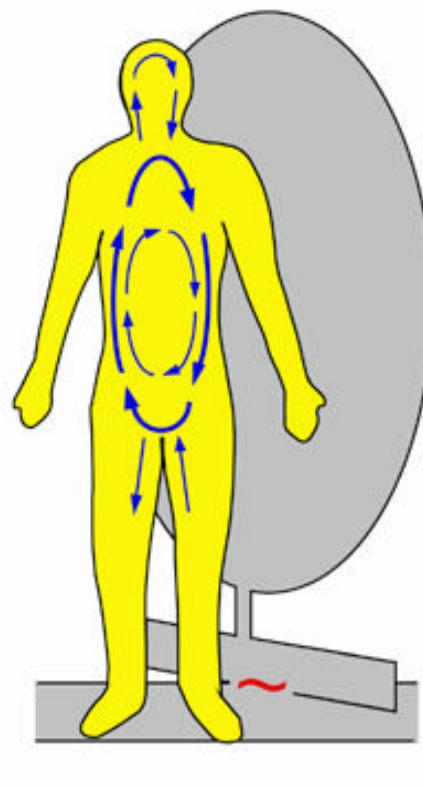
Electric Voltage



Electric Field



Magnetic Field



THE HEALTH CRITERION:



Densidade de Corrente Induzida no Corpo Humano

- Os campos magnéticos e elétricos induzem correntes elétricas nos organismos expostos;
- A densidade de corrente endógena normalmente é 10 mA/m^2 , embora algumas funções é muito superior;
- A corrente elétrica induzida tem alguns efeitos biológicos agudos (curto prazo) bem conhecidos:
 - $< 10 \text{ mA/m}^2$: Efeitos biológicos menores, sem importância;
 - $10-100 \text{ mA/m}^2$: Efeitos visuais e contrações leves
 - $100-1.000 \text{ mA/m}^2$: Excitação de nervos e músculos (contrações, arritmias)
 - $> 1.000 \text{ mA/m}^2$: possível disfunções cardíacas e fibrilação ventricular.



ICNIRP - "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" Health Physics 74:494-522, 1996

- Baseados nos efeitos conhecidos e comprovados de curto prazo;
 - Estabelece como “Restrição Básica” que não deve-se superar uma densidade de corrente induzida nos tecidos do sistema nervoso central na cabeça e no tronco de:
 - 10 mA/m² para trabalhadores
 - 2 mA/m² para o público em geral
 - Calcula os “Valores de Referência” de campo elétrico e densidade de campo magnético externo para assegurar esta restrição:
 - $E = 250/f$ e $B = 5/f$ para o público em geral
 - $E = 1250/f$ e $B = 25/f$ para os trabalhadores
 - Não têm cálculo de tempo de exposição.
-



As normas de exposição são mais restritivas para o público em geral do que para os **trabalhadores**.

Trabalhadores

São adultos saudáveis;

Estão em exposição controlada;

Dispõem de informação, conhecedor dos possíveis riscos das medidas de precaução;

Sua jornada limita-se a jornada de trabalho.

Público em Geral

- Incluem indivíduos de todas as idades e condição física, grupo especialmente sensíveis;
 - Sua exposição não é controlada;
 - Não dispõem de informações, não conhece os possíveis riscos das medidas de precaução;
 - Podem estar expostos as 24 horas do dia, durante toda sua vida.
-



Limites de Exposição pelas Normas

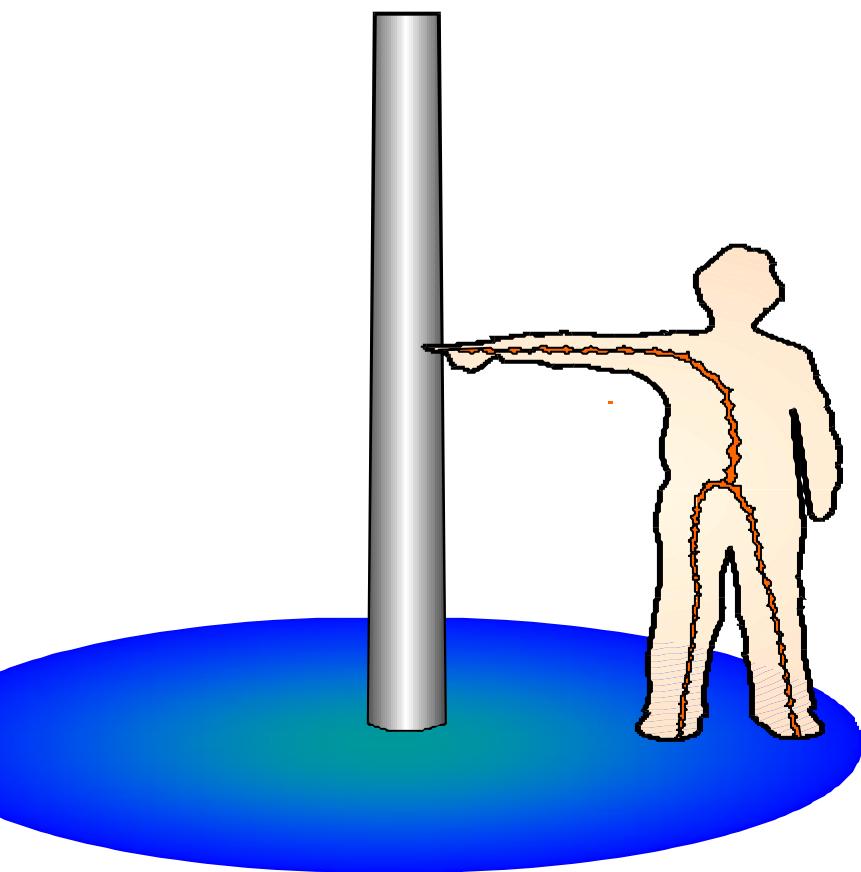
Valores definidos pela ICNIRP e recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e adotado para as instalações para o **Público em Geral**.

CAMPO	50 Hz	60 Hz
ELÉTRICO (kV/m)	5,00	4,17
MAGNÉTICO (μ T)	100	83,3

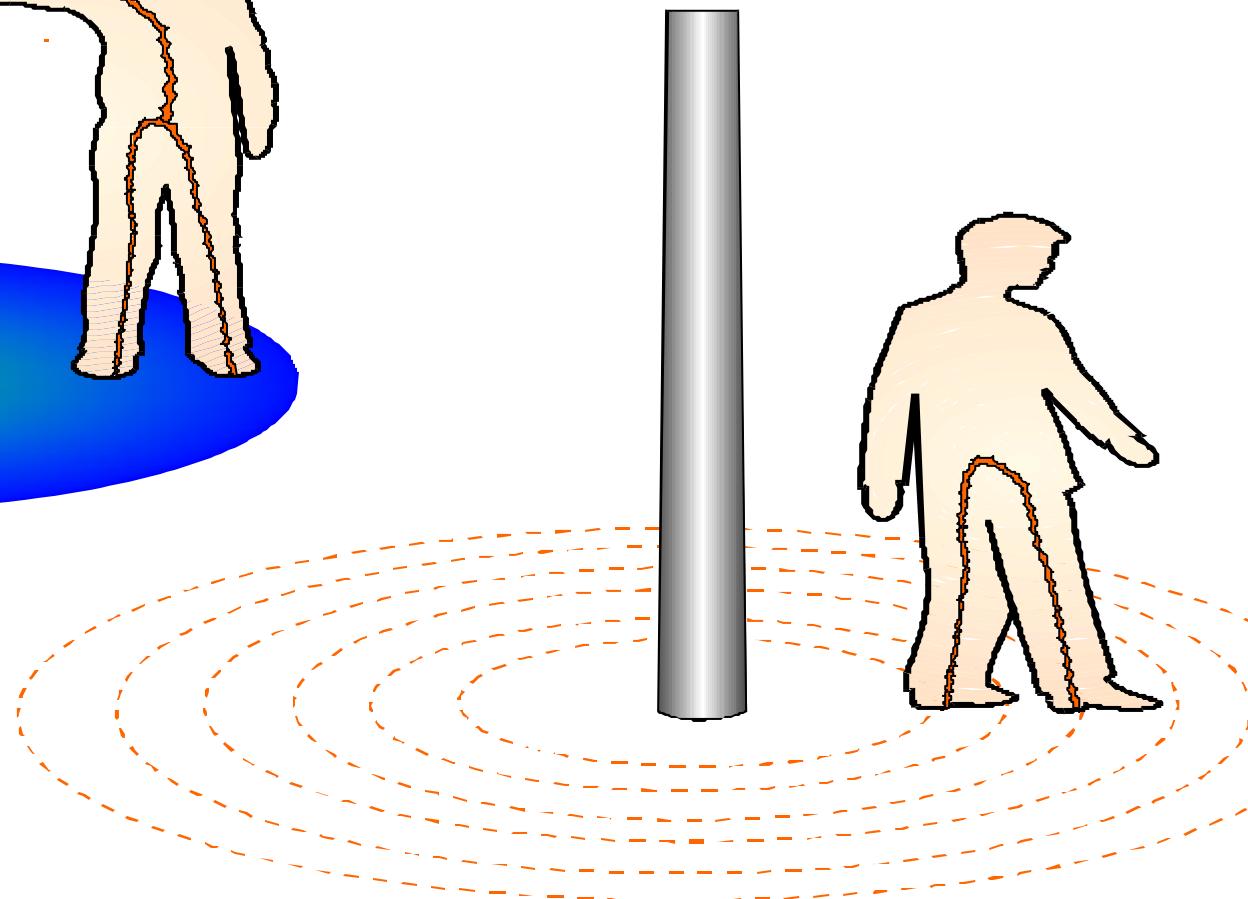
Para o **Público Ocupacional**, são aplicadas.

CAMPO ELÉTRICO 25 KV/m

CAMPO MAGNÉTICO 1.000 μ T



TENSÃO DE TOQUE



TENSÃO DE PASSO

SEGURANÇA EM PROJETOS

10.3.1 É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação condição operativa.

10.3.2 O projeto elétrico, na medida do possível, deve prever a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito.

10.3.3 O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção.

10.3.3.1 Os circuitos elétricos com finalidades diferentes, tais como: comunicação, sinalização, controle e tração elétrica devem ser identificados e instalados separadamente, salvo quando o desenvolvimento tecnológico permitir compartilhamento, respeitadas as definições de projetos.

10.3.4 O projeto deve definir a configuração do esquema de aterramento, a obrigatoriedade ou não da interligação entre o condutor neutro e o de proteção a conexão à terra das partes condutoras não destinadas à condução da eletricidade.

10.3.5 Sempre que for tecnicamente viável e necessário, devem ser projetados dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de

0.3. - SEGURANÇA EM PROJETOS

10.3.6 Todo projeto deve prever condições para a adoção de aterramento temporário. **.(Vigora a partir de 8 de junho de 2005)**

10.3.7 O projeto das instalações elétricas deve ficar à disposição dos trabalhadores autorizados, das autoridades competentes e de outras pessoas autorizadas pela empresa e deve ser mantido atualizado.

10.3.8 O projeto elétrico deve atender ao que dispõem as Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança no Trabalho, as regulamentações técnicas oficiais estabelecidas, e ser assinado por profissional legalmente habilitado.

10.3.9 O memorial descritivo do projeto deve conter, no mínimo, os seguintes itens de segurança:

.(Vigora a partir de 8 de dezembro de 2005)

- a) especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;
- b) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde – “D”, desligado e Vermelho - “L”, ligado);
- c) descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;
- d) recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;
- e) precauções aplicáveis em face das influências externas;
- f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas; e
- g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.

10.3.10 Os projetos devem assegurar que as instalações proporcionem aos trabalhadores