

# RISCOS DE CHOQUES ELÉTRICOS EM EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS

**Júlio César Carvalho Maciel**

Universidade Federal da Paraíba / Núcleo de Estudos e Tecnologia em Engenharia Biomédica  
Caixa Postal 5095, CEP: 58051-970, João Pessoa - PB  
Telefone: (083) 216-7067 E-MAIL: julio@neteb.ufpb.br

**Celso Luiz Pereira Rodrigues**

Universidade Federal da Paraíba / Núcleo de Engenharia de Produção  
Caixa Postal 5045, CEP: 58051-970, João Pessoa - PB  
Telefone: (083) 216-7124 E-MAIL: celso@producao.ct.ufpb.br

## **Abstract**

*The increase, in quantity as well as in complexity, of electrical medical equipments, together with their wider utilisation in medical practice, has brought great benefits to the diagnosis and treatment of illnesses. However, the use of such equipments may cause hazards, and this fact has given rise to an increasing world-wide preoccupation concerning safety, mainly the electric safety of electrical medical equipments. The present work was first intended to identify the physiological effects caused by the electric current passing through the human body and the parameters which have influence on the determination of such effects, and then to mention some electric shock hazards to which operators, patients and usuaries of electrical medical equipments are submitted. In conclusion, the adoption of electric safety program is suggested, one which emphasises the equipment maintenance and the personnel training, and which gives priority to the presence of well qualified professionals, such as the Work Safety Engineer and the Clinical Engineer, in the hospital environment as a way to improve the quality and the safety of its service and to control the hazards which way may be present there.*

Área: Ergonomia e Segurança do Trabalho

Keywords: Work Safety; Electrical Medical Equipments

## **1. Introdução:**

O ambiente hospitalar expõe os seus ocupantes a várias situações de risco, devido à existência de substâncias ou formas de energia, potencialmente perigosas, destacando-se o raio laser, as radiações ionizantes, as substâncias químicas (como o éter e o clorofórmio), os microorganismos, etc. Dentre tais riscos, um que merece atenção especial por parte dos profissionais da área de saúde é o risco de choque elétrico envolvendo equipamentos eletromédicos, já que este tipo de equipamento é largamente utilizado na monitorização de pacientes e para o diagnóstico e tratamento de doenças.

Nas últimas três décadas, houve, de fato, um aumento considerável de equipamentos eletro-eletrônicos na prática médica, bem como a maior difusão de procedimentos de diagnóstico e terapêutica que fazem uso de técnicas invasivas, deixando o paciente desprovido de sua proteção elétrica natural, a pele, tornando-o eletricamente

sensível, fazendo com que correntes elétricas de baixa intensidade, da ordem de microamperes, possam ser fatais ao circularem pelo organismo humano.

Nos países desenvolvidos, a preocupação com a segurança dos equipamentos médico-hospitalares é crescente. Prova disto são as inúmeras instituições normativas que versam sobre o tema e os relatórios produzidos por entidades, como o do Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos da América, que relatam o total de falhas em equipamentos médico-hospitalares, e as mortes e lesões graves ocorridas no ambiente hospitalar envolvendo tais equipamentos.

No Brasil, além de se verificar uma escassez de informações sobre o assunto, não há a obrigatoriedade de apuração de causas e introdução de medidas corretivas. Some-se a isto a carência de recursos humanos qualificados para atuarem na operação e manutenção destes equipamentos e a atual situação do nosso sistema médico-hospitalar, onde, segundo dados do Ministério da Saúde (1995), cerca de 30% de todo o parque de equipamentos encontra-se inoperante ou operando precariamente devido a má utilização, aos desgastes naturais e a falta de uma política de manutenção, o que, sem dúvida, favorece a ocorrência de acidentes envolvendo choques elétricos.

A necessidade de proteção do paciente, do operador, do usuário e do meio ambiente contra os riscos inerentes à utilização de equipamentos eletromédicos, exige a combinação de medidas que visem garantir a qualidade e a segurança, principalmente, no que diz respeito ao grau de proteção elétrica destes equipamentos. A consolidação destas medidas abrange um conceito integrado de segurança, incluindo, sobretudo, a solução dos problemas crônicos de nossas organizações hospitalares, que são: a qualificação dos profissionais, e a gestão e manutenção dos equipamentos médico-hospitalares.

## 2. Efeitos Fisiológicos Causados Pela Eletricidade

Para que um efeito fisiológico ocorra, o corpo, ou parte dele, tem que fazer parte do circuito elétrico, podendo ocorrer os seguintes fenômenos devido a passagem da corrente elétrica por um tecido biológico:

- **Contrações Musculares** - Ao ser percorrido por uma corrente elétrica, são desenvolvidos, no músculo, potenciais eletroquímicos, que podem ocasionar a contração muscular. Se a corrente for superior à corrente de "Let Go", o indivíduo perde o controle muscular, e não pode mais se afastar voluntariamente. Se esta contração for forte e prolongada, ela pode resultar em dores intensas e no estado de fadiga muscular, podendo ocasionar a tetanização das fibras musculares, onde, mesmo cessando o estímulo, o músculo permanece contraído;

- **Fibrilação e Parada Cardíaca** - Quando o coração é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade elevada, ocorre a parada cardíaca, que tem como principal característica a total inibição do coração como bomba. Porém, quando esta corrente elétrica é de intensidade menor do que a capaz de produzir a parada cardíaca, ela pode provocar a despolarização de partes do músculo cardíaco, ocasionando o fenômeno conhecido como fibrilação cardíaca. A fibrilação ventricular é um caso extremamente grave, por ter conseqüências idênticas à da parada cardíaca, com o agravante de que mesmo quando cessa o estímulo elétrico, ao contrário do que acontece na parada cardíaca, o ritmo normal do coração comandado pelo nodo sinoatrial não é retomado, fazendo-se necessário o uso do equipamento eletromédico conhecido por desfibrilador;

- **Queimaduras** - Os efeitos térmicos provocados pelo choque elétrico no organismo humano, devem-se à passagem da corrente elétrica pelo tecido biológico, que funciona como uma resistência, fazendo com que haja liberação de energia calorífica, fenômeno conhecido por efeito Joule, produzindo queimaduras na parte atingida do corpo;

- **Eletrólise no Sangue** - Ao ser submetido a um choque elétrico em corrente contínua, os sais minerais presentes no sangue se aglutinam, podendo provocar a mudança de concentração de alguns sais, como o íon potássio ( $K^+$ ) responsável pelo funcionamento do nodo sinoatrial, ou formar coágulos, resultando na redução da circulação sanguínea;

- **Danos a Outros Órgãos** - Durante a ocorrência de um choque elétrico pode haver a liberação de toxinas, como a mioglobina, responsável pela insuficiência renal, ou então podem ocorrer o deslocamento de estruturas ou órgãos, fenômeno este conhecido por prolapso, que pode comprometer, parcial ou totalmente, o funcionamento de alguns órgãos.

### 3. Parâmetros que Influenciam o Choque Elétrico

Os estudos acerca dos efeitos do choque elétrico sobre o organismo humano levam em consideração, geralmente, apenas a intensidade da corrente elétrica, como elemento regulador destes efeitos. Infelizmente, a situação não é tão simples assim, e muitos outros fatores influenciam na determinação de tais efeitos, como:

- **Impedância do Corpo** - A impedância do corpo humano é bastante variável e essencialmente resistiva. Em condições normais (pele seca), a resistência da pele varia de  $100.000 \Omega$  a  $300.000 \Omega$ , chegando a 1% deste valor se a pele estiver molhada. Além disso, quanto maior for a superfície e a pressão de contato, menor será a impedância do corpo, mesmo fato que ocorre quando se eleva a temperatura da pele;

- **Frequência da Corrente Elétrica**- Geralmente, os valores das correntes de percepção (menor valor que o indivíduo pode detectar) e de “Let Go” aumentam, proporcionalmente, com o aumento da frequência;

- **Duração do Choque Elétrico** – Os danos provocados pela corrente elétrica são proporcionais à duração do choque elétrico;

- **Densidade da Corrente Elétrica Através do Corpo** - Sabe-se que a densidade de corrente elétrica é inversamente proporcional à área da seção transversal do condutor, devido a maior dispersão da corrente elétrica num maior volume condutor, por isto, quanto maior for o volume corporal do indivíduo, menor será a densidade de corrente elétrica numa dada região do corpo.

### 4. Tipos de Choques Elétricos

Riscos resultantes da utilização de equipamentos eletromédicos podem ocorrer em todos os ambientes de um estabelecimento assistencial à saúde. Porém, certos procedimentos médicos que requerem a utilização de técnicas invasivas (como por exemplo a inserção de catéteres para a monitorização de pacientes internos em UTI), deixam o paciente desprovido da proteção elétrica da pele, fazendo com que a impedância do corpo atinja valores da ordem de  $500 \Omega$ .

Portanto, para diferenciar os riscos elétricos a que pacientes e o pessoal da área de saúde estão sujeitos, optou-se pela classificação dos choques elétricos em dois grupos a saber:

- **Macrochoque** - é o choque elétrico devido aos contatos estabelecidos externamente no corpo, estando a pele intacta; pode atingir tanto o paciente quanto o pessoal médico.

- **Microchoque** - é o choque elétrico provocado dentro do organismo, proveniente de procedimento invasivo, aplicado no coração ou próximo a ele, através de catéteres ou eletrodos. Neste caso, a corrente elétrica necessária para produzir a fibrilação ventricular é de intensidade baixa, em torno de  $100 \mu A$ .

## 5. Riscos de Choques Elétricos

### 5.1 Riscos de Macrochoques

Alguns equipamentos eletromédicos possuem partes de metal, como o gabinete e o chassis, aos quais o pessoal médico e o paciente têm acesso. Caso estas partes de metal não estejam aterradas, situação em que existe apenas dois condutores, ou o condutor de proteção se rompe ou sua conexão não está boa, e ocorrendo um curto-circuito ou perda da isolamento entre o condutor fase e as partes de metal, este será submetido ao potencial da rede de alimentação. Se o indivíduo tocar, simultaneamente, na parte de metal do equipamento e num objeto aterrado, ocorrerá um macrochoque. Esta corrente de choque elétrico detectada pelo indivíduo, pode ocasionar desde sensação de desconforto até levar à morte, caso parte vitais, como o coração e o centro respiratório, sejam atingidas.

### 5.2. Riscos de Microchoques

A seguir descrevem-se alguns tipos de microchoques que podem acontecer no ambiente hospitalar, os quais não representam a totalidade dos problemas relativos a segurança elétrica dos equipamentos eletromédicos:

- **Ruptura do Condutor de Proteção** - a figura 1 (a) mostra um paciente submetido a um processo invasivo através de um marcapasso, sendo monitorizado de uma forma não invasiva através de um monitor de eletrocardiograma (ECG). Sua cama é ajustada através de um motor, que encontra-se com o condutor de proteção rompido. No caso da energização da sua cama pela corrente de fuga do motor, o paciente corre grande perigo se algum indivíduo tocar, simultaneamente, a cama e a parte condutora do elemento invasivo, pois, assim, será estabelecido um caminho para a corrente de fuga, que fluirá da cama para o coração do paciente, ocasionando um microchoque que pode ser fatal para o paciente. É importante notar que o pessoal presente no ambiente não irá detectar tal acidente, pois o único indício disponível da corrente de microchoque, será um ruído no sinal do ECG.

- **Equipamentos não Aterrados** - tem-se, na figura 1 (b), um paciente cateterizado para a monitorização da pressão sanguínea, e ao redor do mesmo estão situados equipamentos não aterrados, tais como luminárias, televisão, rádio etc., os quais apresentam correntes de fuga superiores às dos equipamentos eletromédicos, chegando a apresentar valores da ordem de 500  $\mu\text{A}$ . Caso o paciente com a mão direita toque nos controles da luminária, teremos um caminho preferencial para a corrente de fuga através do coração, a qual certamente ocasionará a fibrilação ventricular no paciente.

- **Falhas no Circuito Terra** - Mesmo quando os equipamentos eletromédicos, conectados eletricamente a um paciente, parecem estar corretamente aterrados, podem ocorrer casos em que os condutores de proteção de tais equipamentos apresentam diferenças de potencial, podendo ocasionar microchoques, caso haja algum procedimento invasivo. Este fato ocorre quando se tem diversos pontos de aterramento ou os equipamentos encontram-se conectados a tomadas distintas, distantes do paciente.

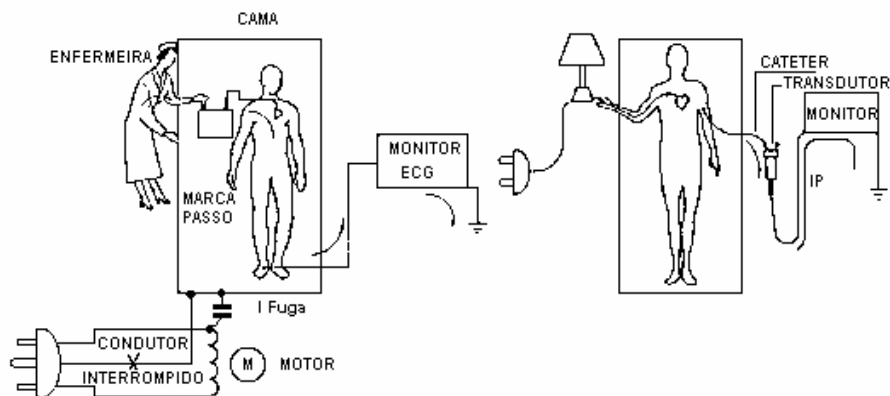


Figura 1 - (a) Paciente com Marcapasso Externo e (b) Paciente Cateterizado

### 5.3. Risco de Queimaduras em Unidades Eletrocirúrgicas

As unidades eletrocirúrgicas, os chamados bisturis elétricos, possuem um eletrodo ativo, que realiza o corte do tecido ou a coagulação de pequenos vasos, e um eletrodo passivo, ou de retorno, que tem o formato de uma placa metálica, e é responsável pela dispersão da corrente elétrica proveniente do eletrodo ativo, evitando a ocorrência de queimaduras. O eletrodo passivo é colocado sob o paciente, caso não seja estabelecido um bom contato entre o eletrodo e o paciente, a corrente elétrica fluirá por outros caminhos de baixa impedância para a terra. A figura 2 exemplifica uma situação na qual o eletrodo passivo não estabeleceu um bom contato com o paciente, vindo o mesmo a sofrer queimaduras na região onde encontram-se os eletrodos do eletrocardiógrafo, fato ocasionado devido à alta densidade de corrente concentrada na pequena área dos eletrodos

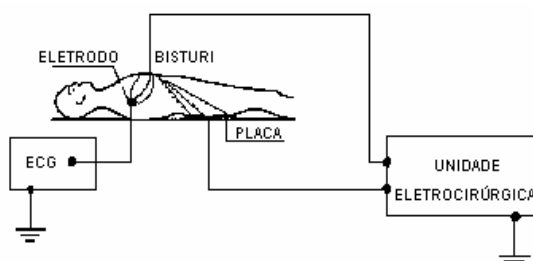


Figura 2 - Unidade Eletrocirúrgica

## 6. Conclusão

Acidentes envolvendo a eletricidade têm grande potencial de dano, uma vez que a sua ocorrência não é freqüentemente perceptível ou facilmente evitada, fazendo com que, muitas vezes, tais acidentes sejam atribuídos a fatores naturais ou ao acaso, visto que, na maioria das vezes, os pacientes estão inconscientes ou debilitados, sem condições de reagir a estímulos ou perturbações

A maioria dos acidentes elétricos, envolvendo equipamentos eletromédicos, ocorrem como conseqüência da utilização de procedimentos impróprios, de precauções insuficientes, da não familiarização com o equipamento, ou da manutenção realizada apenas quando ocorre defeitos ou falhas nos equipamentos (manutenção corretiva), implicando em riscos maiores aos paciente e gastos elevados para as instituições.

Entretanto, estes riscos e gastos podem ser significativamente reduzidos utilizando-se procedimentos próprios e instituindo-se um programa de manutenção preventiva.

Observa-se, também, o número elevado de prédios antigos, onde funcionam os estabelecimentos assistenciais à saúde, onde, na maioria destes estabelecimentos, as instalações elétricas estão fora dos padrões estabelecidos pela norma, notando-se, em muitos, a carência do terceiro condutor, o chamado condutor de proteção.

Para a criação de um ambiente hospitalar efetivamente seguro sugere-se a implantação de um programa de segurança elétrica, o qual contemple as seguintes prioridades:

- ↳ Identificação e avaliação dos riscos elétricos presentes no ambiente;
- ↳ Adoção de medidas que visem eliminar ou controlar estes riscos, principalmente os associados aos equipamentos eletromédicos;
- ↳ Adequação das instalações elétricas às normas vigentes;
- ↳ Elaboração de normas e procedimentos para a aquisição, operação, instalação, avaliação e manutenção de equipamentos eletromédicos;
- ↳ Implementação de um programa de treinamento para operadores e usuários de tais equipamentos, com ênfase nas normas de segurança e nas recomendações do fabricante;
- ↳ Desenvolvimento de um programa formal de manutenção preventiva, que contemple a realização dos seguintes testes de segurança elétrica: inspeção visual, medição da resistência do condutor de proteção, medição da corrente de fuga e teste da isolação interna do equipamento;
- ↳ Desativação dos equipamentos considerados obsoletos e/ou inadequados aos serviços.

Sabe-se que os custos de uma reforma geral para a implantação do condutor de proteção são muito altos, porém de fundamental importância para a segurança dos pacientes e do pessoal da área médica, e para a proteção dos equipamentos. Sugere-se, como forma de se reduzir os custos iniciais, a implantação deste terceiro condutor somente nas áreas consideradas críticas como a Unidade de Terapia Intensiva, o bloco cirúrgico, a sala de hemodinâmica, a sala de hemodiálise etc., de forma que, gradualmente, esta implantação seja estendida para toda instituição.

Observa-se, também, que a criação de uma estrutura de engenharia nas instituições hospitalares, que agrupe pessoas devidamente capacitadas, como o Engenheiro Clínico e o Engenheiro de Segurança do Trabalho, é de fundamental importância para a redução dos riscos nestes ambientes, visto que a implementação das medidas acima citadas, depende de conhecimentos amplos, adquiridos durante uma formação técnica específica.

A adoção de tais medidas trará resultados positivos, a longo e médio prazo, embora esta possa ser recebida com certa relutância. Tal realidade, porém, tem que ser encarada de frente por todo o corpo de profissionais da instituição, já que a conscientização da necessidade da melhoria da qualidade e da segurança dos serviços ali prestados dependem de um esforço conjunto, sendo esta, com certeza, a única maneira de se alcançar tais resultados.

Sem ter tido a pretensão de esgotar a discussão sobre o problema dos choques elétricos em instalações médico-hospitalares, o presente artigo traz informações que podem vir a ser considerados num debate, mais amplo, envolvendo pesquisadores das áreas de Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Clínica, gerador de soluções para o problema aqui parcialmente focado, a partir dos equipamentos eletromédicos. Isto é essencial para a redução dos riscos e do stress existentes nos estabelecimentos assistenciais à saúde, e, em consequência, para a melhoria da qualidade e da segurança dos serviços ali prestados.

## Referências Bibliográficas

- ALLOCA, John A. *Medical Instrumentation for Health Care Professional*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Equipamento Eletromédico Parte I: Prescrições Gerais para Segurança, NBR IEC 601.1*. Rio de Janeiro, 1994, 196 p.
- ASTON, Richard. *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*. Columbus: Merrill Publishing Company, 1990.
- BRASIL. Ministério da Saúde. SNAS/DNT. *Cursos de Especialização em Gerência e Manutenção de Equipamentos Médico-Hospitalares*. Brasília, 1995.
- BRITO, Lúcio F. M. *Segurança no Ambiente Hospitalar*. Brasília: DETC/SNAS/MS, 1995.
- GEWEHR, Pedro M. *Riscos de Choques Elétricos Presentes no Ambiente Médico-Hospitalar: Avaliação e Prevenção*. Campinas, 1983. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia de Campinas, UNICAMP.
- KINDERMANN, Geraldo. *Choque Elétrico*. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 1995.
- OLSON, Walter H. Electrical Safety. In: WEBSTER, John G. (ed.). *Medical Instrumentation: Application and Design*. 2. ed. Boston, Houghton Mifflin. 1992. p 751-792.