



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Lourenço, Sérgio Ricardo; Farias Silva, Thadeu Alfredo; Catureba da Silva Filho, Silvério
Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do
trabalho

Exacta, vol. 5, núm. 1, janeiro-junho, 2007, pp. 135-143

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050114>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho

Sérgio Ricardo Lourenço

Coordenador de curso – Uninove
São Caetano do Sul – SP [Brasil]
slourenco@uninove.br

Thadeu Alfredo Farias Silva

Professor de Ensino Superior – Uninove
São Bernardo do Campo – SP [Brasil]
thadeu_afs@yahoo.com.br

Silvério Catureba da Silva Filho

Professor de Ensino Superior – Uninove
São Paulo – SP [Brasil]
silveriocsf@yahoo.com.br

A proposta, neste trabalho, é apresentar os principais efeitos fisiológicos da corrente elétrica no corpo humano: choque elétrico. Inicia-se com a apresentação de conceitos básicos da energia elétrica, necessários, como base teórica, ao desenvolvimento do tema. Na seqüência apresentamos uma exposição da fisiologia dos principais efeitos causados ao corpo humano, do ponto de vista médico, quanto à tetanização, à fibrilação ventricular, à parada cardiorrespiratória e a queimaduras. Abordam-se também as variáveis fisiológicas nas zonas do corpo humano, as conseqüências dos efeitos e, finalmente, a segurança do trabalho nos serviços com eletricidade, envolvendo os riscos acidentais, proteções coletivas e individuais. Conclui-se que, em razão dos vários e graves efeitos da corrente elétrica aplicada ao corpo humano, o atendimento às normas de instalação, proteção e segurança operacional é imperativo e obrigatório para garantir a integridade dos usuários.

Palavras-chave: Choque elétrico. Efeitos.
Segurança operacional.



1 Introdução

É impossível imaginar o mundo hoje sem a energia elétrica, que se tornou um insumo essencial para a execução de quase todas as atividades modernas. Diferente de alguns outros segmentos, esse requer cuidado especial, porque os perigos não atingem apenas os profissionais eletricitários ou eletricitistas, mas quaisquer pessoas que tenham contato com a eletricidade. Todos os usuários estão sujeitos a acidentes que podem ser fatais.

Nos trabalhos diretos com eletricidade e nos demais setores da vida moderna, os riscos de acidentes podem ocorrer porque os sentidos humanos não percebem a presença de eletricidade, na maioria dos casos, até o momento da aproximação ou exposição por contato.

A pesquisa buscou, na fisiologia, efeitos do choque elétrico, e na fisiologia do corpo humano, a gravidade dos riscos inerentes à exposição dos colaboradores desse setor, mesmo que respeitadas as Normas Regulamentadoras (NR) de Segurança e Saúde do Trabalho, do Ministério do Trabalho e Emprego, normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 2004; ABNT, 1981) e outras relevantes.

Propõe-se, neste trabalho, justificar, por meio da demonstração dos efeitos da corrente elétrica na fisiologia humana, a obrigatoriedade de os colaboradores do setor utilizarem os equipamentos de proteção coletiva e individual no trabalho, de serem dotados de maior capacitação e de cumprirem a legislação vigente.

2 Efeitos da corrente elétrica

A corrente elétrica produz os seguintes efeitos: Joule, eletromagnético, eletroquímico, luminoso e fisiológico:

- Efeito Joule – a circulação do fluxo de corrente elétrica em um condutor apresenta um fenômeno de produção de calor, resultado das violentas colisões dos elétrons livres com os átomos dos condutores. Essa velocidade de deslocamento dos elétrons livres aumenta o impacto com os átomos e que, adicionada à velocidade própria de translação em torno do núcleo, gera o efeito de agitação entre eles, produzindo efeito térmico denominado de Efeito Joule (RAMALHO JUNIOR, 1999).
- Efeito eletromagnético – em torno dos condutores em que circula um fluxo de corrente, cria-se um campo magnético perpendicular ao sentido de condução. Esse fenômeno, proveniente da criação do campo magnético, pode ser demonstrado por vários efeitos, como o deslocamento de ímãs em torno de condutores (CAMINHA, 1977).
- Efeito eletroquímico – o fluxo elétrico pode produzir ação química, ao circular em soluções eletrolíticas. Esse fenômeno é verificado no recobrimento de metais por deposição de material, como galvanoplastia e cromação, e na carga e descarga dos acumuladores elétricos, as baterias (RAMALHO JUNIOR, 1999).
- Efeito luminoso – o fluxo elétrico circulando em meio gasoso, como em lâmpadas de vapor de mercúrio, sódio, neon, argônio ou outros gases similares, produz luz (CAMINHA, 1977).
- Efeito fisiológico – resulta da passagem do fluxo elétrico por organismos vivos, podendo agir diretamente no sistema nervoso muscular e cardíaco (GUYTON; HALL, 2002).

3 Efeitos fisiológicos do choque elétrico

O choque elétrico é o efeito patofisiológico resultante da passagem de uma corrente

elétrica através do corpo de uma pessoa ou de um animal, que dependendo do tempo e da intensidade da exposição, poderá ser fatal (KILDERMANN, 1995).

Os choques elétricos possuem três elementos fundamentais:

- Parte viva: todo condutor ou parte condutora a ser energizada em condições de uso normal, incluindo o condutor neutro (COTRIM, 2003);
- Massa: parte condutora exposta que poderá ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode vir a sê-lo em condições de falha de isolamento; um invólucro de um equipamento é o exemplo típico de massa (COTRIM, 2003);
- Elemento condutivo: não faz parte da instalação elétrica, mas nela pode introduzir um potencial, geralmente o da terra. É o caso dos elementos metálicos usados na construção de edificações metálicas de gás, água, ar-condicionado, aquecimento etc., bem como de pisos e paredes não-isolantes (COTRIM, 2003).

Segundo (COTRIM, 2003), devem-se considerar dois tipos de contatos de exposição:

- Direto: existe contato direto com a parte viva de uma instalação elétrica;
- Indireto: não existe contato direto com a parte viva; o contato das pessoas com a massa sob tensão é causado por falha de isolamento ou aterramento.

Os principais efeitos fisiológicos que uma corrente elétrica (externa) produz no corpo humano são tetanização, fibrilação ventricular, parada cardiorrespiratória e queimadura (CAMINHA, 1977).

3.1 Efeito fisiológico da tetanização

As contrações musculares com forças diferentes – a soma de contrações individuais que, juntas, aumentam a intensidade da contração total – podem ocorrer de duas formas. A primeira é o aumento das unidades motoras que se contraem ao mesmo tempo, permitindo a distribuição ou a requisição de músculos a partir de sua necessidade. A segunda é o aumento da frequência de contração, que ocorre individualmente e com baixa frequência. Na prática, pode levar a períodos de repetição estreitos, provocando a tetanização dos músculos (GUYTON; HALL, 2002).

A tetanização é o resultado da contração muscular na sua capacidade máxima, de modo que qualquer aumento adicional na frequência de estimulação não exerça novos efeitos (GUYTON; HALL, 2002).

No choque elétrico, a corrente fisiológica interna do corpo humano soma-se à corrente externa desconhecida e de intensidade comparativamente muito maior, levando à hipocalcemia com concentrações plasmáticas de íons de cálcio cerca de 50% abaixo do normal (GUYTON; HALL, 2002).

A intensidade da corrente elétrica imposta ao corpo humano mantido em contato direto com materiais condutores poderá produzir a tetanização das mãos, que somente será interrompida no caso de desligamento da fonte geradora (CAMINHA, 1977).

3.2 Efeito fisiológico da fibrilação ventricular

A fibrilação ventricular é o tipo de arritmia cardíaca que, se não for interrompida no período de um a três minutos, se torna irreversível, levando à morte. Ela é decorrente de uma sequência de impulsos cardíacos desordenados, iniciando-se pelo músculo ventricular, e que se repetem continuamente no mesmo músculo (GARCIA, 2002). Dessa forma, não ocorrerá contração coordenada

circulação sangüínea no cérebro serão imprecisas (KILDERMANN, 1995).

O maior desafio na parada circulatória é impedir a ocorrência de efeitos prejudiciais ao cérebro. São necessários de cinco a oito minutos para que, na reversão da parada circulatória, não haja danos cerebrais permanentes. A morte sempre foi atribuída à hipoxia ou queda de oxigenação, porém a medicina comprovou a formação de coágulos de sangue no cérebro, decorrente da redução da circulação sangüínea ou pelo fato de esse sangue não ter como expandir-se. Assim, a falência cerebral é iniciada (KILDERMANN, 1995).

3.4 Efeito fisiológico das queimaduras

A circulação da corrente elétrica no corpo humano é acompanhada do Efeito Joule, fenômeno de produção de calor; portanto, há probabilidade de queimaduras (CAMINHA, 1977).

As queimaduras são classificadas quanto ao agente causador, profundidade ou grau, extensão ou gravidade, localização e período evolutivo. No que se refere ao agente causador, neste trabalho de pesquisa, limita-se a analisar o efeito da eletricidade que passa no corpo humano (KILDERMANN, 1995).

A evolução dos efeitos da queimadura leva aos estágios do choque circulatório e se modifica segundo os diferentes graus de gravidade, dividindo-se em:

- Estágio não progressivo, no qual os mecanismos compensatórios da circulação normal poderão causar a recuperação completa, sem a terapia de ajuda;
- Estágio progressivo, no qual, sem terapia, o choque torna-se progressiva e continuamente pior, levando até a morte;

- Estágio irreversível, no qual o choque progrediu a tal grau que qualquer forma de terapia conhecida é inadequada para salvar a pessoa, mesmo que ainda esteja viva (BRASIL, 2006).

4 Variáveis fisiológicas nas zonas do corpo humano

Segundo Cotrim (2003) e Creder (2002), as principais variáveis que influenciam no valor da impedância do corpo humano são:

- Estado da pele: a maior resistência está na pele, diminuindo com a sudorese ou feridas no corpo;
- Local do contato: depende do trajeto da corrente que passa pelo corpo humano de mão para mão, de mão para pé, de dedo para dedo e outros;
- Área de contato: o aumento da área desenvolve também a resistência, porém, dependendo da intensidade, poderá aumentar a área da lesão;
- Pressão de contato: quanto maior a tensão de contato, maior a resistência;
- Duração de contato: quanto maior o tempo de contato, menor a resistência, no entanto, com o Efeito Joule haverá queimadura da pele, levando à reação imediatamente inversa, ou seja, a resistência atinge os valores mais baixos;
- Natureza da corrente: ocorrem alterações em razão da frequência aplicada;
- Taxa de álcool: no caso de ingestão de quantidades altas de álcool, a resistência elétrica do corpo diminui;
- Tensão elétrica do choque: a resistência do corpo diminui com o aumento do choque,



ocorrendo maiores variações nos níveis mais baixos.

Deve-se considerar que essas reações mudam de pessoa para pessoa, pois, além das diferenças antropométricas, existem as condições biológicas.

5 Segurança do trabalho na área elétrica

Os riscos laborais a que estão sujeitos os profissionais da área de eletricidade são elevados, podendo ocasionar desde lesões até a fatalidade. O critério do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) (BRASIL, 2004) define estes riscos em:

- Riscos de choque elétrico: principal causador de acidentes no setor. Geralmente, é originado por contato do trabalhador com partes energizadas. Seus efeitos são as contrações musculares, tetania, queimaduras, parada cardiorrespiratória, degeneração parcial tecidual, quedas e impactos. Sua gravidade depende da intensidade da corrente e do tempo de exposição. Praticamente todas as atividades executadas com eletricidade estarão sujeitas a esse tipo de risco, entre as quais, manutenção, reparos, inspeção, medição e poda de árvores;
- Risco de arco voltaico: causado pelo fluxo de corrente elétrica através do meio isolante, como o ar, produzido na desconexão e conexão de chaves ou dispositivos elétricos, ou ainda, em caso de curto-circuito. O arco voltaico produz calor e luminosidade capazes de causar queimaduras aos trabalhadores, desde que não sejam respeitadas a distância e as sinalizações recomendadas ou normalizadas para a execução desses serviços;

- Riscos de campo eletromagnético: gerados pela passagem da corrente elétrica nos condutores, sendo mais presentes nos serviços de transmissão e distribuição de energia elétrica em alta tensão, que empregam potenciais elevados. Não há comprovação médico-científica dos danos desse tipo de radiação aos trabalhadores (ABNT, 2004);
- Riscos de queda: muito frequentes no setor elétrico, ocorrem em consequência de choques elétricos aplicados aos trabalhadores, que se desequilibram e caem. As causas são atribuídas à negligência ou imperícia dos colaboradores no uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) e à falta de treinamentos adequados (ABNT, 1981; BRASIL, 2001);
- Riscos de transporte: envolvem o transporte de trabalhadores e a utilização de veículos ou plataformas elevadoras. A improvisação de veículos ou a falta de manutenção nos sistemas elevatórios de plataformas põem em risco os colaboradores;
- Risco de ataques de insetos: causado por ataques de abelhas, marimbondos e vespas, que ocorrem na execução de serviços em torres, postes, subestações, leitura de medidores, serviços de poda de árvores e outros;
- Riscos de ataques de animais: provocados por ataques de animais peçonhentos da região, como cobras e aranhas;
- Riscos em ambientes confinados: trabalhar em espaços confinados, como caixas subterâneas e estações de transformação de distribuição, fechadas, expõem os colaboradores ao risco de falta de oxigenação ou à exposição a agentes contaminadores, tais como gases orgânicos asfixiantes (GUYTON; HALL, 2002);
- Riscos ergonômicos: causados por diversos fatores, como posturas não adequadas à inte-

ração entre o meio ambiente laboral e o trabalhador, nas diversas atividades;

- Riscos físicos: o calor excessivo é causado por atividades em espaços fechados e confinados, ou em subestações em razão da proximidade dos transformadores, geradores e capacitores (GONÇALVES, 2003);
- Riscos físicos: a radiação não-ionizante é causada pela exposição ao sol, podendo ocorrer queimaduras, lesões nos olhos, câncer de pele e outras doenças provocadas pelos raios infravermelho e ultravioleta (GONÇALVES, 2003).

6 Resultados e discussão

Os estudos relativos aos efeitos da energia elétrica no corpo humano e, por extensão, do choque elétrico, padecem de maior rigor e uniformidade em razão da dificuldade em executar experiências comprobatórias dos limites e variantes, pois o perigo dos ensaios é imprevisível e as variáveis de controle são extensas.

Dessa forma, os esforços devem ser direcionados à análise das diversas ocorrências com grande profundidade, para que as fatalidades forneçam informações sobre a relaçãonexo-causal dos acidentes.

A aplicação de técnicas de prevenção deve ser pautada pelo maior risco da eletricidade: se invisível, não há distinção entre um condutor energizado e um desenergizado, a olho nu. Somente com o uso de equipamentos apropriados será possível determinar a condição dos sistemas condutores de eletricidade. Portanto, a condição favorável ao contato humano com os circuitos elétricos deve ser feita por profissional capacitado, e as normas e políticas de segurança, cumpridas.

A NR-10, que dispõe sobre Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (BRASIL,

2004), preconiza rigorosas e precisas orientações quanto à proteção dos trabalhadores. O cumprimento dessa norma culminará na prevenção de potenciais acidentes na prática laboral.

A partir de dados coletados pela Fundação Coge, com base no levantamento de informações do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), é apresentado na Tabela 1 o indicador porcentual do panorama nacional de óbitos no trabalho pelo total de trabalhadores registrados. Na Tabela 2, esse mesmo indicador porcentual é mostrado, de forma restrita, aos trabalhadores do setor elétrico.

Tabela 1: Panorama nacional de óbitos no trabalho.

Ano	Massa trabalhadora registrada	Óbitos – Acidentes no Trabalho	% Óbitos x Massa Trabalho
2000	20 milhões	3,091	0,015
2001	20 milhões	2,753	0,014
2002	19 milhões	2,823	0,015
2003	19 milhões	2,582	0,013
2004	20 milhões	2,801	0,014

Fonte: Com base nos levantamentos de informações INSS pela Fundação Coge (ORSOLON, 2006).

Tabela 2: Panorama nacional de óbitos no trabalho – trabalhadores do setor elétrico.

Ano	Massa trabalhadora registrada	Óbitos – Acidentes no Trabalho	% Óbitos x Massa Trabalho
2000	101 mil	64	0,063
2001	97 mil	77	0,079
2002	96 mil	78	0,081
2003	97 mil	80	0,082
2004	96 mil	61	0,063

Fonte: Com base nos levantamentos de informações do INSS pela Fundação Coge (ORSOLON, 2006).

Finalmente, a Tabela 3 apresenta o resultado da comparação de óbitos do setor elétrico com o panorama nacional de óbitos. Verifica-se que, entre 2000 e 2003, houve um aumento contínuo de até sete vezes a média nacional.



Tabela 3: Comparação de óbitos no setor elétrico x panorama nacional.

Comparação de Óbitos	no setor	elétrico x panorama nacional
2000	4,2	vezes maior
2001	5,7	vezes maior
2002	5,9	vezes maior
2003	7	vezes maior
2004	4,5	vezes maior

Fonte: Com base nos levantamentos de informações do INSS pela Fundação Coge (ORSOLON, 2006).

Embora a NR-10 tenha sido publicada oficialmente em dezembro de 2004, a queda dos indicadores de óbitos deste ano caiu para quatro vezes e meia em relação à média nacional. Os agentes do setor atribuem essa queda à influência da implantação da norma NR-10, que criou grupos de estudos capazes de desenvolver e, imediatamente, implementar os novos procedimentos.

Em função da exigência da sua aplicabilidade imediata, ficou garantido o menor tempo de divulgação dessa norma junto às empresas do setor elétrico, além de terem sido estabelecidos prazos limites para que se adequassem às novas regras.

A presença de pessoas habilitadas a prestar socorro imediato também é extremamente desejável, posto que o tempo de atendimento é primordial para a manutenção da vida humana em caso de choque elétrico.

7 Considerações finais

Por meio da investigação, foi possível depreender que, ao circular pelo organismo humano, a corrente elétrica provoca diversos efeitos e consequências – desde um susto até o óbito. Como o controle no instante de contato do ser humano é difícil e arriscado, torna-se imperativo que as normas e procedimentos, à luz da legislação vigente, sejam atendidos e cumpridos com afinco. A NR-10 e outras que se façam necessárias deverão ser

atendidas para garantir a integridade física dos trabalhadores do setor elétrico.

Ainda, pressupõe-se que mesmo os profissionais capacitados para efetuarem serviços com energia elétrica estarão sujeitos a acidentes no exercício de suas atividades, com o cumprimento ou não das normas de segurança.

A study about the electricity effects in the human body regarding health and security at work

The proposal in this work is to present the main physiological effect of the electric chain passing in the human body: electric shock. It is initiated with the presentation of basic concepts of the electric energy, necessary as theoretical basis in the development of the subject. In the sequence we present an exposition of the physiology of the main effect caused to the human body under the medical optics regarding tetanus, ventricular fibrillation, cardiorespiratory stops and burns. We approach the physiological of the variables in the human body and the consequences of the effect. Finally, the focus is on the security measures in services dealt with electricity, involving the accidental risks, collective protections and individual protections. One concludes that due to the several and serious effect of the applied electric chain to the human body, the attendance of the installation norms, protection and operational security is imperative to guarantee the integrity of the users.

Key words: Electrical shock. Accidental risks. Installation of norms and safety.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410. *Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6533. *Estabelecimento de segurança aos efeitos da corrente elétrica percorrendo o corpo humano*. Rio de Janeiro: ABNT, 1981.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora n. 6*. Brasília, DF: Portaria Dsst-SIT-MTE, 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora n. 10*. Brasília, DF: Portaria Dsst-SIT-MTE, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Manual do setor elétrico e telefonia*. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/empregador/segsau>>. Acesso em: 21 de julho de 2006.

CAMINHA, A. C. *Introdução à proteção dos sistemas elétricos*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977.

CARNEIRO, E. F. *O eletrocardiograma*. 2. ed. Rio de Janeiro: Edição do autor, 1998.

COTRIM, A. A. M. *Instalações elétricas*. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CREDER, H. *Instalações elétricas*. 14. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

GARCIA, E. A. C. *Biofísica*. São Paulo: Salvier, 2002.

GONÇALVES, E. A. *Manual de segurança do trabalho*. 2. ed. São Paulo: LTr, 2003.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2002.

KILDERMANN, G. *Choque elétrico*. Porto Alegre: Sagra, 1995.

RAMALHO JUNIOR, Francisco. *Os fundamentos da física*. 7. ed. São Paulo: Moderna, 1999.

ORSOLON, M. Implementação da NR-10. *Revista Potência*, São Paulo, ano III, n. 19, p. 24-40, set. 2006.

Recebido em 21 jun. 2007 / aprovado em 28 ago. 2007

Para referenciar este texto

LOURENÇO, S. R.; SILVA, T. A. F.; SILVA FILHO, S. C. da. Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 135-143, jan./jun. 2007.