

Óbitos relacionados ao contato com energia elétrica: estudo de 224 laudos necroscópicos

P.H.C. Bordoni ^a, F.B. Barbosa ^b, N.R. Silva ^b, R.G. Soares ^c, L.S. Bordoni ^{b,d,e,f*}

^a *Posto Médico Legal de Ribeirão das Neves, Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Ribeirão das Neves (MG), Brasil*

^b *Faculdade da Saúde e Ecologia Humana (FASEH), Vespasiano (MG), Brasil*

^c *Hospital Mater Dei de Saúde, Belo Horizonte (MG), Brasil*

^d *Instituto Médico Legal de Belo Horizonte, Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil*

^e *Escola de Medicina, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (MG), Brasil*

^f *Faculdade de Medicina de Barbacena (FAME-FUNJOB), Barbacena (MG), Brasil*

*Endereço de e-mail para correspondência: leonardosantobordoni@gmail.com. Tel.: +55-31-33795066.

Recebido em 20/03/2018; Revisado em 01/07/2018; Aceito em 21/08/2018

Resumo

Óbitos e lesões relacionados à energia elétrica (EE) são um importante problema de saúde pública no Brasil. A investigação médico legal das mortes envolvendo EE é dificultada pela ausência de lesões específicas em grande parte das vítimas. Tendo em vista a importância para as ciências forenses, este trabalho objetivou investigar laudos de necropsias com histórico de contato prévio dos periciados com EE. Foram resgatados 224 casos dos quais em 73,2% a causa da morte foi atribuída exclusivamente ao contato com EE, em 8,5% foi decorrente de trauma contuso após contato com EE e em 18,3% permaneceu indeterminada mesmo após a realização da necropsia. A maioria dos óbitos ocorreu em contexto acidental, predominaram os casos relacionados a EE artificial (90,6%), a maior parte das autopsias foram realizadas na primavera e no verão. Houve predominância de periciados do sexo masculino, de cor parda, solteiros, que apresentava média etária de 32 anos, que não receberam atendimento médico previamente ao óbito. Queimaduras foram as lesões externas mais observadas; os sinais de *Jellinek* e de *Lichtenberg* foram descritos em 64 e em 10 laudos, respectivamente. Petéquias subpleurais e subepicárdicas foram os achados internos mais frequentes. Houve positividade em 22,2% dos exames de alcoolemia realizados e em 13,2% dos de toxicologia. O estudo aponta para a previsibilidade epidemiológica das fatalidades envolvendo EE, para as dificuldades médico legais no estabelecimento da causa médica da morte, o que destaca a importância da integração entre a perícia de local com os achados necroscópicos na investigação destes casos.

Palavras-Chave: Eletrocussão; Lesões por Ação do Raio; Traumatismo por Eletricidade; Medicina Legal; Autopsia.

Abstract

Deaths and injuries related to electrical energy (EE) are an important public health problem in Brazil. Medicolegal investigation of EE-related deaths is hampered by the absence of specific injuries in most victims. Considering the importance for the forensic sciences, this work aimed to investigate autopsy reports of victims with history of previous contact with EE prior to death. A total of 224 cases were studied, of which 73.2% were attributed exclusively to contact with EE, 8.5% were due to blunt trauma after contact with EE, 18.3% remained undetermined even after the contact with EE. The majority of the deaths occurred in an accidental context, the cases related to artificial EE (90.6%) predominated, and most autopsies were performed in the spring and summer. There was a predominance of males, of a brown color, unmarried, who had an average age of 32 years, and who did not receive medical care prior to death. Burns were the most observed external lesions; the *Jellinek* and *Lichtenberg* signs were described in 64 and 10 reports, respectively. Subpleural and subepicardial petechiae were the most frequent internal findings. Blood alcohol was positive in 22.2% of the tests performed and 13.2% of the toxicology tests were positive. The study points to the epidemiological predictability of fatalities involving EE and to the medicolegal difficulties in establishing the cause of death, which highlights the importance of the integration between the crime scene investigation and the necroscopic findings in the investigation of these cases.

Keywords: Electrocution; Lightning Injuries; Electric Injuries; Forensic Medicine; Autopsy.

1. INTRODUÇÃO

A passagem de corrente elétrica pelo corpo pode produzir lesões na pele, danos em órgãos internos e até a morte [1-2]. Tais lesões são denominadas como primárias, quando decorrentes diretamente do contato com corrente elétrica, ou como secundárias, quando resultam de outras circunstâncias após o referido contato, como nas quedas [1]. A heterogeneidade das lesões encontradas também é observada na nomenclatura das mesmas [3-4]. Alguns autores utilizam o termo eletrocussão para definir lesões relacionadas à passagem de energia elétrica (EE), seja esta natural (EEN) ou artificial (EEA) – definição que será utilizada no presente estudo, enquanto outros somente o consideram quando o contato resultou em óbito por corrente do tipo artificial [1-2].

Nos Estados Unidos ocorrem cerca de 1.500 óbitos anuais após contato com EEA e 150 decorrentes de EEN [5-6]. Nos países em desenvolvimento o número absoluto e relativo de óbitos é superior. No Brasil, de acordo com os registros do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), as mortes após contato com EE (incluindo as vítimas fatais de raios) representaram 1,11% dos óbitos por causas externas no período entre 1996 e 2015 [7].

As mortes ocorridas após contato com EEA são na maioria das vezes acidentais, causadas geralmente por descuido, por contato com linhas de alta tensão e fiação doméstica, por falta de manutenção de equipamentos ou por defeitos em máquinas e em aparelhos elétricos, dentre outras razões [2]. No Brasil, este tipo de energia foi responsável por 27.397 óbitos no período de 1996 a 2015 [7]. Para os óbitos decorrentes de EEN, o risco varia de acordo com a localização geográfica, com a sazonalidade e com a frequência de atividades ocupacionais e recreativas realizadas ao ar livre [6,8]. Entre os anos de 1996 e 2015 foram registradas 2.194 mortes relacionadas à este fenômeno natural no DATASUS [7].

Os principais efeitos no corpo relacionados ao contato com corrente elétrica são o aquecimento tecidual e a estimulação anormal dos músculos, do sistema nervoso central e dos nervos, o que pode provocar desde quedas até parada cardiorespiratória [1]. Os fatores que determinam o local e a gravidade das lesões dependem da amperagem, da tensão, da resistência ao fluxo de corrente, do tipo desta (se alternada ou contínua), da duração do contato com a fonte, do caminho percorrido pela corrente elétrica no corpo e de co-morbidades apresentadas pelo indivíduo [9].

A morte pode decorrer de diversos mecanismos como arritmias cardíacas, parada respiratória, queimaduras, traumatismo contuso e infecções (esta

como complicação de queimaduras, por exemplo) [2,6]. Portanto, como há a possibilidade de diversos achados necroscópicos nos óbitos após contato com EE e diversos mecanismos de morte potencialmente envolvidos, é fundamental a realização de exame necroscópico para a melhor investigação dos casos [2,6]. Considerando que a prevalência e as características dos óbitos são influenciadas por fatores regionais e que as estratégias de prevenção podem ser específicas, além da importância do tema para as ciências forenses, esse estudo objetivou avaliar laudos de necropsias com histórico de contato prévio dos periciados com EE que foram confeccionados no Instituto Médico Legal de Belo Horizonte (IML-BH) a fim de se estabelecer o perfil das vítimas, as lesões observadas, e os possíveis fatores relacionados a esses óbitos em uma área territorialmente regionalizada.

2. MÉTODOS

Foi realizado um estudo retrospectivo, do tipo transversal, utilizando os laudos de necropsias ocorridas no IML-BH no período de primeiro de janeiro de 1997 a trinta e um de dezembro de 2012, cujo contexto de morte envolvesse o contato com EE (tanto EEA como EEN). O IML-BH é um órgão público vinculado à Polícia Civil, sendo responsável pela investigação médica dos óbitos decorrentes de causas violentas ou suspeitas ocorridas na capital do estado e na maioria dos municípios de sua Região Metropolitana (RMBH). A investigação necroscópica forense de todas as mortes por causas violentas é obrigatória por lei federal [10]. Belo Horizonte é a sexta cidade mais populosa do Brasil, com 2.513.451 habitantes e sua região metropolitana é a terceira mais populosa, com estimados 5.829.921 habitantes no ano de 2016 [11].

Foi realizada uma busca textual no banco de dados dos laudos de necropsia do IML-BH por palavras ou expressões-chave como “raio”, “energia elétrica”, “choque elétrico”, “rede elétrica”, “fulguração”, “fulminação”, “eletrocussão”, “eletroplessão”, “corrente elétrica”, “eletricidade” e variações dessas expressões (“eletrocutado”, “fulminado”, etc.). Foram excluídos do estudo apenas os laudos com problemas técnicos de preenchimento e as duplicatas. Foram incluídos todos os laudos nos quais o óbito ocorreu no contexto de contato com EE, mesmo os casos onde a causa médica da morte foi indeterminada após a realização da necropsia, ou tenha envolvido predominantemente outros mecanismos, como trauma contuso, por exemplo.

As informações foram codificadas em variáveis:

- características sociodemográficas dos periciados: sexo (feminino, masculino), idade (em anos), faixa etária (0-11, 12-17, 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 anos), cor da pele (branca, parda, negra), estado civil (solteiro,

casado/união estável, viúvo, separado/desquitado), escolaridade mínima exigida para a profissão declarada (até segundo grau completo, terceiro grau completo, indefinida, sem ocupação/do lar/estudante), setor da ocupação do periciado de acordo com a Classificação Brasileira de Ocupações (indústria, serviços, outros);

- características dos óbitos: ano da entrada do corpo no IML-BH (1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012), mês da entrada do corpo no IML-BH (janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro), causa médica da morte (atribuída ao contato com energia elétrica, indeterminada após a realização da necropsia, trauma contuso após o contato com energia elétrica), recebimento de assistência médica previamente ao óbito (sim, não), local onde ocorreu o acidente (endereço residencial, endereço comercial, via pública, área rural), informações sobre o tipo de acidente ocorrido com energia elétrica artificial (acidente de trabalho, acidente doméstico, outros tipos de acidente), tipo de energia envolvida com o óbito (energia elétrica artificial, energia elétrica industrial);

- alterações morfológicas descritas nos corpos (ao exame externo e interno): regiões corporais consideradas (cabeça e pescoço, tórax, abdome, membros superiores, membros inferiores), presença de lesões externas de maneira geral (sim, não), queimaduras (sim, não), sinal de Jellinek (sim, não), sinal de Lichtenberg (sim, não), presença de petéquias localizadas no coração (sim, não), petéquias distribuídas nos pulmões (sim, não), sinais de edema pulmonar (sim, não);

- exames complementares realizados: pesquisa de alcoolemia (sim, não), resultado da alcoolemia (positivo, negativo), teor alcoólico encontrado (em dg/L), realização de exame para avaliação toxicológica (sim, não), resultado do exame toxicológico (positivo, negativo), tipo de substância encontrada nos exames toxicológicos (drogas de abuso, outras), tipos de drogas de abuso (maconha, cocaína, outras).

Nem todas estas variáveis estavam disponíveis em todos os laudos. Também não estavam disponíveis nos laudos informações sobre o histórico médico dos necropsiados.

Para finalidade descritiva, foram separadas as lesões apontadas como indicativas ou sugestivas de terem sido produzidas por contato ou passagem de corrente elétrica das lesões produzidas por outros mecanismos.

Foi considerado que os autopsiados receberam atendimento médico previamente à morte quando eram procedentes de unidades de saúde, quando foram encaminhadas juntamente com relatórios médicos ou quando apresentaram sinais da realização de procedimentos médicos tais como punção vascular, feridas cirúrgicas recentes, dentre outros. A ocupação

dos periciados foi categorizada, quando possível, de acordo com a Classificação Brasileira de Ocupações e seus Grandes Grupos [12-13].

Para as análises estatísticas utilizou-se o programa IBM SPSS versão 20.0. Para testar a relação entre variáveis contínuas e dois grupos independentes, foi utilizado o Teste de *Mann-Whitney*. Para testar a relação entre uma variável categórica e dois grupos independentes, foi realizado o teste de *Qui-quadrado*. Nos dois testes, os parâmetros considerados foram os mesmos: intervalo de confiança de 95% e nível de significância de 5%. Foi considerada relação estatística significativa aquela que apresentou valor *p* menor ou igual a 0,05.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade da Saúde e Ecologia Humana (FASEH) sob o número CAAE 34297314.5.0000.5101.

3. RESULTADOS

Foram recuperados 225 laudos cuja morte envolveu contato prévio com EE entre os anos de 1997 e 2012, dos quais apenas um foi excluído do trabalho. Em 164 casos (73,2%) a causa médica da morte foi exclusivamente atribuída ao contato com EE (CMEE) (o que incluiu óbitos relacionados a queimaduras), em 19 (8,5%) a causa da morte foi atribuída à trauma contuso após contato com EE (TCEE) e 41 casos (18,3%) apresentaram causa indeterminada de morte (CIM) mesmo após a realização da necropsia (Fig. 1).

Em 9,4% dos laudos havia a menção de energia elétrica do tipo natural (EEN) envolvida no óbito. Desses, a causa da morte foi estabelecida como sendo CMEE em 71,4% dos periciados (dos quais para apenas dois a presença de queimaduras contribuiu para os óbitos), como TCEE em 4,8% deles e como CIM para 23,8% dos casos (Fig. 1).



Fig. 1. Distribuição dos óbitos ocorridos em contexto de contato com corrente elétrica, de acordo com a causa médica da morte e com o tipo de energia envolvida no evento (IML-BH, 1997-2012).

CMEE: Causa médica da morte atribuída ao contato com energia elétrica. CIM: Causa indeterminada de morte após a realização de necropsia. TCEE: Trauma contuso após o contato com energia elétrica. EEA: Energia elétrica artificial. EEN: Energia elétrica natural.

Em relação aos tipos de acidentes ocorridos nos casos envolvendo EEA, os de trabalho (AT) foram predominantes, seguidos de outros acidentes

inespecíficos como choque durante manipulação de cerca elétrica e contato com trilhos de trem ou metrô eletrificados (Fig. 2). Quanto à circunstância do óbito, em três laudos (1,3%) havia menção a histórico de suicídio; para estes casos todos os periciados eram do sexo masculino, tiveram contato com EEA, e apresentaram idades de 32, 48 e 52 anos. Em nenhum dos laudos havia a suspeita de homicídio no contexto do óbito. Para a maioria dos necropsiados o local de ocorrência do acidente não foi especificado, mas para aqueles com esta informação disponível, o local predominante foi endereço residencial (Fig. 2). Houve maior proporção de óbitos relacionados à EEN ocorridos em área rural se comparado aos associados à EEA ($p \leq 0,05$) (Tab. 1). Dos acidentes de trabalho, o local predominante de ocorrência dos óbitos foi o endereço comercial (23 casos).

Tabela 1. Características dos óbitos que envolveram contato prévio com corrente elétrica, por tipo de energia (IML-BH, 1997- 2012).

Variáveis	EEA		EEN		Total	
	N	%	N	%	N	%
Sexo (n=224)						
Masculino	191	91,8	12	72	208	92,9
Feminino	17	8,2	4	25	16	7,1
Sector de ocupação pela CBO (n=174)						
Indústria	71	44,1	1	7,7	72	41,4
Serviços	50	31,1	7	53,8	57	32,7
Outros	40	24,8	5	38,5	45	25,9
Local do acidente (n=96)						
End. residencial	37	43,5	4	36,4	41	42,7
End. comercial	24	28,2	0	0,0	24	25
Via pública	14	16,5	1	9,1	15	15,6
Rural	10	11,8	6	54,5	16	16,7
Lesões nos membros superiores (n=162)						
Sim	153	75,4	9	42,9	162	72,3
Não	50	24,6	12	57,1	62	27,3
Sinal de Jellinek (n=64)						
Sim	62	30,5	2	9,5	64	28,6
Não	141	69,5	19	90,5	160	71,4
Sinal de Lichtenberg (n=10)						
Sim	7	3,5	3	14,3	10	4,5
Não	196	96,5	18	85,7	214	95,5

EEA = Energia elétrica artificial. EEN = Energia elétrica natural. CBO = Classificação Brasileira de Ocupações. End. = Endereço.

Com relação à sazonalidade, o maior número de necropsias ocorreu nos anos de 1998 e de 1997 e nos meses de janeiro e de dezembro. Menor casuística foi observada em 2006 e no mês de junho (Fig. 3). Houve necropsias relacionadas ao contato com EEA em todos os meses do ano, mas não houve necropsias

relacionadas ao contato com EEN no período compreendido entre os meses de maio e setembro.

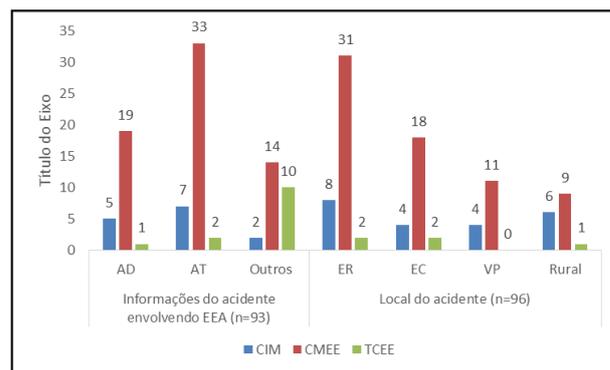


Fig. 2. Características do contexto do contato com a corrente elétrica (IML-BH, 1997-2012). AD = Acidente doméstico. AT = Acidente de trabalho. ER = Endereço residencial. EC = Endereço comercial. VP = Via pública. EEA = Energia elétrica artificial. CIM = Causa indeterminada de morte após a realização de necropsia. CMEE = Causa médica da morte atribuída ao contato com energia elétrica. TCEE = Trauma contuso após o contato com energia elétrica.

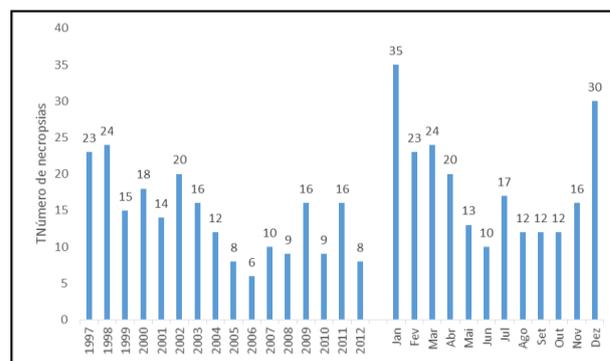


Fig. 3. Sazonalidade das necropsias cujo óbito ocorreu em contexto de contato com corrente elétrica (IML-BH, 1997-2012). Jan= Janeiro. Fev = Fevereiro. Mar = Março. Abr = Abril. Mai = Maio. Jun = Junho. Jul = Julho. Ago = Agosto. Set = Setembro. Out = Outubro. Nov = Novembro. Dez = Dezembro.

A maioria dos autopsiados era do sexo masculino, tinha cor da pele parda, era solteiro e apresentava idade menor ou igual a 35 anos (144 casos) (Tab. 2). Nos casos de morte após contato com EEN a predominância masculina foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) (Tab. 1). A média etária foi de 31,6 anos (desvio-padrão de 10,9) com extremos de idade de menos de um ano e 68 anos. A faixa etária mais prevalente foi a de 18 a 29 anos (Tab. 2). Houve proporcionalmente mais indivíduos pardos com óbito decorrente exclusivamente do contato com EE que com óbito de CIM ($p < 0,05$). A maioria dos autopsiados (126 casos – 56,3%) não recebeu atendimento médico previamente ao óbito.

Nos casos em que essas informações estavam disponíveis, para maioria dos necropsiados era exigido até o ensino médio completo para o exercício da atividade profissional; a maior parte dos ativos ocupacionalmente trabalhava no setor da indústria (Tab. 2). Não houve menção de aposentados nos laudos.

Tabela 2. Características dos autopsiados cujo óbito ocorreu em contexto de contato com corrente elétrica, por causa médica da morte (IML-BH, 1997-2012).

Variáveis	CIM		CMEE		TCEE		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Sexo								
Masculino	38	92,7	151	92,1	19	100	208	92,9
Feminino	3	7,3	13	7,9	0	0	16	7,1
Faixa etária (n=223)								
0 a 11 anos	0	0	12	7,3	1	5,3	13	5,8
12 a 17 anos	6	15	14	8,5	1	5,3	21	9,4
18 a 29 anos	11	27,5	52	31,7	5	26,3	68	30,5
30 a 39 anos	11	27,5	38	23,2	6	31,5	55	24,7
40 a 49 anos	7	17,5	32	19,5	4	21,1	43	19,3
50 a 59 anos	4	10	12	7,3	2	10,5	18	8,1
60 a 69 anos	1	2,5	4	2,5	0	0	5	2,2
Cor da pele (n=222)								
Branca	16	41	26	15,9	5	26,3	47	21,2
Parda	20	51,3	113	68,9	13	68,4	146	65,8
Negra	3	7,7	25	15,2	1	5,3	29	13
Estado civil (n=218)								
Solteiro	25	67,6	92	56,8	11	57,9	128	58,7
Casado / União estável	10	27	58	35,8	6	31,6	74	33,9
Viúvo	0	0	1	0,6	0	0	1	0,5
Separado / Desquitado	2	5,4	11	6,8	2	10,5	15	6,9
Escolaridade mínima exigida para a profissão declarada (n=216)								
Até segundo grau completo	29	78,4	123	76,9	18	94,7	170	78,7
Terceiro grau completo	0	0	1	0,6	0	0	1	0,5
Indefinida	3	8,1	6	3,8	0	0	9	4,2
Sem ocupação / do lar /	5	13,5	30	18,7	1	5,3	36	16,6
Sector de ocupação pela Classificação Brasileira de Ocupações - CBO (n=174)								
Indústria	9	29	53	42,1	10	58,9	72	41,4
Serviços	13	42	40	31,7	4	23,5	57	32,7
Outros	9	29	33	26,2	3	17,6	45	25,9

CIM = Causa Indeterminada de Morte. CMEE = Causa médica da morte atribuída ao contato com energia elétrica. TCEE = Trauma Contuso Após contato com Energia Elétrica.

Houve maior proporção de trabalhadores da indústria cujo óbito decorreu do contato com EEA e de trabalhadores dos serviços que tiveram contato com EEN ($p \leq 0,05$) (Tab. 1).

As regiões corporais onde mais foram descritas lesões externas foram os membros superiores, os membros inferiores e a cabeça / pescoço (72,3%, 63,4% e 60,3%, respectivamente) (Fig. 4). Foram identificadas proporcionalmente mais lesões nos membros superiores nos casos envolvendo EEA se comparados com os casos relacionados à EEN ($p \leq 0,05$). Vários indivíduos apresentaram lesões externas em mais de uma região do corpo, simultaneamente, ou associação destas com lesões sugestivas de passagem de corrente elétrica (sinais de *Jellinek* e de *Lichtenberg*) (Fig. 4).

Quanto as queimaduras, em 133 periciados elas foram observadas nos membros superiores (45 somente à direita, 34 somente à esquerda e 54 bilateralmente) e em 113 casos elas foram visualizadas nos membros

inferiores (34 somente à esquerda, 22 somente à direita e 57 bilateralmente). Havia informação registrada sobre a superfície corporal queimada em 11 casos (4,9%), com área média queimada de 57,6% (desvio-padrão de 26,6 e extremos de 11% e 99%). Nos casos que envolviam EEN, as queimaduras foram descritas nos membros inferiores de oito periciados (38,1%) e nos membros superiores de seis casos (28,6%). Em um laudo de vítima de EEN foram descritas queimaduras nas vestes, embora tal padrão tenha sido observado em nove óbitos relacionados à EEA.

O sinal de *Jellinek* (SJ) foi visualizado em 64 periciados (28,6%), localizando-se predominantemente nos membros superiores (53,1%) e nos membros inferiores (32,8%) (Fig. 4). Ressalta-se que este sinal foi descrito em 9,5% dos 21 casos que envolviam a EEN. O sinal de *Lichtenberg* (SL) foi mencionado em 10 laudos necroscópicos (4,5%), dos quais para três havia informação de contato do periciado com EEN (14,3%

dos casos envolvendo esse tipo de energia). O SL foi encontrado especialmente nos membros superiores (Fig. 4). Houve proporcionalmente mais casos com descrição de SL dentre as vítimas de contato com EEN e de SJ nos óbitos relacionados à EEA (Tab 1). Houve proporcionalmente mais periciados sem SJ cujos óbitos apresentaram CIM (95,1%) se comparados com os óbitos decorrentes do contato com EE (65,9%) ou com os que morreram em decorrência de TCEE (68,4%) ($p < 0,05$). Ressalta-se que vários indivíduos apresentaram SJ e/ou SL em mais de uma região do corpo, simultaneamente.

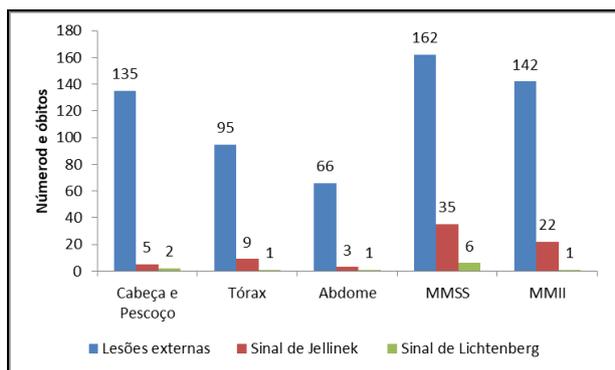


Figura 4. Lesões observadas ao exame externo dos periciados que tiveram contato com energia elétrica previamente ao óbito, por região corporal (IML-BH, 1997-2012). MMSS = Membros superiores. MMII = Membros inferiores.

Foram observadas petéquias subpleurais em 58,9% e petéquias subepicárdicas em 58% das autopsias (Fig.5). Houve proporcionalmente mais periciados com petéquias subepicárdicas e subpleurais nos óbitos decorrentes exclusivamente do contato com energia elétrica (66,5% e 65,2%) se comparados com óbitos de CIM (36,6% e 46,3%) e secundários à TCEE (31,6% e 31,6%) ($p < 0,05$). Sinais macroscópicos de edema pulmonar foram descritos em 38,4% dos casos, todos relacionados com EEA, sendo mais frequente nos casos de óbitos por CMEE (43,9%) que por CIM (21,9%) (Fig. 5).

Em 33,9% dos casos foi realizada a pesquisa de alcoolemia, com resultado negativo para a maioria (Tab. 3). Dos 16 necropsiados com resultado positivo, o valor médio encontrado foi de 11,6 dg/L, com desvio-padrão de 7,2 (extremos de resultados de 2,3 e 28,2 dg/L). Em 36,6% dos necropsiados foi realizada a pesquisa toxicológica, com resultado negativo para a maioria (Tab 3). Nos 10 casos positivos, as substâncias mais encontradas foram a cocaína (40%), a maconha (30%) e a associação destas duas drogas (10%). Quanto aos óbitos por CMEE, para os 46 casos investigados quanto à toxicologia e com resultado disponível, sete apresentaram resultados positivos para drogas de abuso.

Ressalta-se que nem todos os resultados dos exames realizados estavam disponíveis nos laudos periciais.

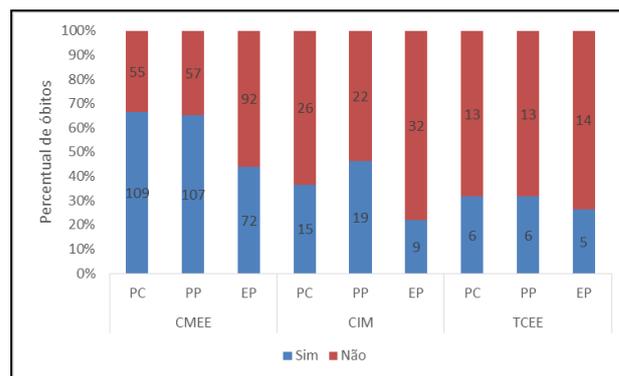


Figura 5. Alterações observadas ao exame interno dos periciados que tiveram contato com energia elétrica previamente ao óbito, por causa médica da morte (IML-BH, 1997-2012).

CMEE = Causa médica da morte atribuída ao contato com energia elétrica. CIM = Causa indeterminada de morte após a realização de necropsia. TCEE = Trauma contuso após o contato com energia elétrica. PC = Petéquias cardíacas. PP = Petéquias pulmonares. EP = Edema pulmonar.

4. DISCUSSÃO

De acordo com os dados do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) do DATASUS, entre 1997 e 2012 ocorreram 180 óbitos decorrentes do contato com energia elétrica nas cidades que compõem o núcleo da RMBH (EEA - 97,7%; EEN - 2,3%) [7], número inferior ao total de periciados que tiveram contato com EE previamente ao óbito e que foram periciados no IML-BH no mesmo período (224 casos). Considerando que o documento de referência para a alimentação dos dados do SIM é a Declaração de Óbito (DO), a informação referente ao envolvimento do contato do periciado com EE pode não ter sido apontada pelo médico legista nesse documento, subestimando os dados do SIM, especialmente para os casos nos quais a causa da morte tenha sido outra que não a eletrocussão propriamente dita (como trauma contuso) ou tenha permanecido indeterminada após a realização da necropsia.

De maneira geral, entre os anos estudados houve uma tendência a queda dos óbitos envolvendo contato com energia elétrica nos dados do IML-BH e do DATASUS [7]. Em quatro anos (2001, 2005, 2008, 2012) houve maior número de casos registrados no SIM que recuperados no banco de dados do IML-BH (18 óbitos). Isto pode indicar tanto uma limitação da metodologia do presente estudo (em especial para os laudos que não mencionavam o contato com EE previamente ao óbito) como o empenho da

Tabela 3. Informações relacionadas aos exames complementares realizados periciados que tiveram contato com energia elétrica previamente ao óbito, por causa médica da morte (IML-BH, 1997-2012).

Variáveis	CIM		CMEE		TCEE		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Pesquisa de alcoolemia (n=224)								
Sim	15	36,6	54	32,9	7	36,8	76	33,9
Não	26	63,4	110	67,1	12	63,2	148	66,1
Resultado da alcoolemia (n=76)								
Positivo	6	40,0	10	18,5	0	0	16	21,1
Negativo	8	53,3	41	75,9	7	100	56	73,7
Dado indisponível	1	6,7	3	5,6	0	0	4	5,3
Exame toxicológico (n=224)								
Sim	26	63,4	49	29,9	7	36,8	82	36,6
Não	15	36,6	115	70,1	12	63,2	142	63,4
Resultado do exame toxicológico (n=82)								
Positivo	2	7,7	7	14,3	1	14,3	10	12,2
Negativo	20	76,9	40	81,6	6	85,7	66	80,5
Dado indisponível	4	15,4	2	4,1	0	0	6	7,3

CIM = Causa Indeterminada de Morte. CMEE = Causa médica da morte atribuída ao contato com energia elétrica. TCEE = Trauma Contuso Após contato com Energia Elétrica.

Secretaria Municipal de Saúde (SMS) na investigação dos óbitos decorrentes de causas externas ou suspeitas, que devem ser codificados no SIM de acordo com a circunstância / causa básica da morte. Dessa maneira, durante a investigação destas 18 mortes pela SMS pode-se ter concluído sobre a importância do contato com energia elétrica em seu desfecho, apesar de tal informação não constar nos laudos do IML-BH.

O maior percentual de óbitos observado nos dados do IML-BH nos meses de verão (janeiro a dezembro - 39,3%) foi similar ao encontrado em estudos iraniano e sul africano, nos quais 40,3% e 34% dos óbitos relacionados ao contato com EE, respectivamente, ocorreram também nesta estação [14-15]. Trabalhos realizados na China, na Austrália e na Índia com vítimas fatais de contato com EE documentaram percentuais de óbitos ocorridos no verão ainda superiores (50,7%, 62,7% e 74% respectivamente) [16-18]. Os altos índices de óbitos nesta estação do ano, que apresenta maiores temperaturas e índices pluviométricos, podem ser atribuídos ao maior consumo médio de EE nas áreas urbanas e à maior umidade nessa época do ano, o que conseqüentemente resulta em diminuição da resistência da pele, favorecendo o fluxo da corrente elétrica pelo corpo [2].

Além disso, tal período apresenta maior número de descargas elétricas ambientais, o que eleva a chance de óbitos por esse fenômeno natural. Cerca de 90% dos 50 milhões de raios estimados para o Brasil anualmente ocorrem na primavera e/ou no verão [19]. Em nossa amostra, todos os 21 óbitos por EEN ocorreram nos meses de outubro a abril, os mais quentes, chuvosos e com maior número de descargas elétricas ambientais em nosso meio [19]. Nos países do hemisfério norte, como nos Estados Unidos, a maioria das fatalidades por raios

ocorre de junho a agosto - verão [19]. Os meses com maior e menor número de necropsias nos dados do IML-BH (janeiro e junho, respectivamente) foram coincidentes com o estudo realizado no sul da Austrália com dados de 1973 a 2002 [18].

O histórico de suicídio envolvendo EE não foi comum nos dados do IML-BH, apesar de ter sido presente em 15,25% dos 59 laudos de necropsias envolvendo EE avaliados na Irlanda do Norte e em 27% dos 37 casos analisados em uma pesquisa alemã [5,21]. Estas diferenças se explicam pois no Brasil há baixos índices de suicídio - quando comparado aos países desenvolvidos - e não há o costume de utilizar EE neste contexto, predominando o enforcamento, as intoxicações exógenas e a utilização de armas de fogo como principais meios de se conseguir o autoextermínio [22]. Quando nossos dados são comparados aos de países em desenvolvimento a diferença percentual dos suicídios tende a ser menor, como observado no estudo iraniano, no qual houve tal histórico em 3,4% dos 295 laudos avaliados [14]. Da mesma forma que o observado nos dados do IML-BH, na maioria dos trabalhos publicados sobre este tema geralmente a energia artificial é o tipo mais comumente utilizado no suicídio [5,14,21,23]. Homicídios envolvendo EE são ainda mais raros, não tendo sido mencionados nos históricos dos laudos do IML-BH nem nos laudos dos estudos iraniano, irlandês e indiano, mas constituindo 2 casos (5,4%) do trabalho alemão [5,14,21,23].

A predominância do sexo masculino observada em nossa amostra é uniforme na literatura especializada [8]. Percentuais masculinos nas vítimas fatais de contato com EE de 94%, 91%, 88%, 87,3%, 75,8% foram reportados na Irlanda do Norte, na Austrália, na Croácia, na China e na África do Sul, respectivamente

[5,15,16,18,24]. A idade média dos periciados no IML-BH (31,6 anos) também foi semelhante à encontrada em estudo de revisão com dados de 26 trabalhos publicados sobre o tema (34,8 anos) [8]. A predominância de adultos jovens encontrada no presente estudo (um terço dos casos) também foi demonstrada em outros trabalhos. Pesquisa chinesa encontrou idade média de 31,8 anos, com 36,6% das vítimas fatais pós contato com EE apresentando faixa etária de 21 a 30 anos; em um trabalho turco a idade média descrita foi de 32,1 anos, com 47,1% das mortes observadas na faixa entre 30 a 39 anos [16,25]. Adultos jovens do sexo masculino compuseram a maioria dos casos do IML-BH possivelmente por estarem mais envolvidos em atividades que exigem contato com EE, além de tenderem a adotar uma postura de maior negligência quanto às medidas de proteção individual e de exposição ao risco [26,27].

Enquanto os pardos foram a maioria dos casos do IML-BH, os brancos apresentaram maiores taxas de acidentes elétricos nos EUA [28], o que reflete diferentes componentes étnicos e socioeconômicos nestas duas populações. Para o ano de 2013, dos 152.136 óbitos por causas externas no Brasil registrados no DATASUS, 51,8% foram de pardos, 36,3% foram de brancos e 6,6% foram de negros [29]. Estudo feito com dados do IBGE e do IML da cidade de Salvador indicou que, mesmo após padronização por idade, homens pardos e negros, nesta ordem, apresentaram maiores proporções ou precocidade de óbitos por todos os tipos de causas externas [30]. Entretanto, considerando os dados do IML-BH, as informações sobre a cor da pele dos autopsiados foram descritas pelos legistas responsáveis pela necropsia, enquanto nos dados do IBGE trata-se de parâmetro autodeclarado, o que dificulta comparações com percentuais regionais e nacionais. Os solteiros geralmente compõem a maioria das vítimas de mortes violentas, o que foi confirmado nos dados do IML-BH, podendo indicar uma maior exposição destes às situações com maior risco de acidentes elétricos.

A corrente artificial alternada, com frequência entre 40 e 60 Hertz e voltagem entre 110 e 380 volts, é a mais relacionada a óbitos na maioria dos trabalhos publicados sobre o tema [8,15-16,18,21,24,31-32]. As características dessa corrente são predominantes em nosso meio, tendo sido ela a responsável pela maioria dos óbitos do IML-BH envolvendo EE. Considerando as vítimas de EEA, o setor da indústria foi o predominante em número de óbitos nos dados do IML-BH, o que também foi observado nos Estados Unidos, onde estava envolvido em 52% dos óbitos relacionados à eletricidade nos anos de 2003 a 2010 [33]. Trabalhadores do setor elétrico estão em especial situação de risco para lesões provocadas pelo contato

com EE e também para os que culminam em quedas [34]. O ensino médio foi a escolaridade máxima exigida para a atividade profissional declarada na maioria dos casos no presente estudo, padrão similar ao descrito em trabalho internacional de revisão sobre o tema [8]. Portanto, é possível que as vítimas fatais pudessem estar menos informadas e conscientes sobre os riscos envolvidos no contato com EE, não adotando práticas de segurança adequadas. Ressalta-se que em qualquer acidente de trabalho fatal a possibilidade de envolvimento de eletricidade no óbito deve ser pericialmente investigada, tanto através dos elementos do local do evento quanto dos achados necroscópicos [3,6,35,36]. Para os óbitos do IML-BH nos quais havia suspeita de acidente de trabalho envolvendo EEA a maioria ocorreu em estabelecimentos comerciais ou em via pública, apesar da predominância de mortes após contato com EE ter ocorrido no interior de residências, o que também foi observado em estudo Croata, onde 74% das mortes ocorreram nesse local [24]. Não há unanimidade epidemiológica a respeito da frequência de acidentes com EE no trabalho em comparação com os acidentes domésticos, já que alguns trabalhos demonstram o predomínio das lesões ocupacionais [14,37], enquanto outros não apresentam diferenças significativas [38]. Ressalta-se que o óbito pode ocorrer no interior de um endereço residencial e ainda assim envolver um acidente de trabalho ocorrido neste local, especialmente para os casos dos prestadores de serviço.

A maior parte dos necropsiados no IML-BH não recebeu AM previamente ao óbito (56,3%), o que é corroborado por estudo iraniano onde 60,7% das vítimas fatais após contato com EE tiveram óbito declarado no local do evento [14]. Percentuais ainda maiores de óbitos após contato com a EE sem AM foram descritos na Índia (67%) e na Dinamarca (92%) [31,39]. A ação da corrente elétrica no corpo explica o baixo percentual de atendimentos médicos observados nos casos fatais. A maioria das mortes por contato com eletricidade tem base fisiológica, e não anatômica, sendo decorrente de arritmia cardíaca (AC), em especial a fibrilação ventricular que termina em assistolia [2,8,35,40]. Estas arritmias são provocadas pela passagem da corrente elétrica pelo miocárdio, principalmente por suas camadas mais superficiais [2]. Mesmo vítimas fatais de descargas elétricas ambientais morrem, na maioria das vezes, como consequência de parada cardíaca, e não de queimaduras [6,41]. O segundo mecanismo de óbito mais comum após contato com EE é a parada respiratória (PR), na qual a passagem da corrente pelo sistema nervoso central ou pelo tórax culmina em espasmo e/ou em perda de comando do diafragma e dos músculos intercostais [2,40]. Ou seja, caso ocorra AC ou PR, se a vítima não for prontamente atendida e reanimada, ocorrerá o óbito em poucos minutos.

A principal barreira à passagem da corrente elétrica pelo corpo é a pele, que oferece uma resistência média muito maior que os órgãos internos [2]. A resistência nas áreas mais espessas na pele das polpas digitais e das plantas dos pés pode superar 1 milhão de ohms, enquanto a resistência média nas outras regiões cutâneas está entre 500 e 10.000 ohms [2]. Caso a pele esteja úmida, a resistência da mesma à passagem da corrente cai drasticamente [8]; ressalta-se que a informação se havia ou não umidade nos corpos do IML-BH não estava disponível. Esta resistência cutânea, por gerar calor ao resistir à passagem da corrente (efeito *Joule*), é a razão principal das queimaduras ocasionalmente observadas nos pontos de passagem da corrente [2]. Os pontos de contato com fontes de eletricidade artificial mais frequentes são as mãos, seguidos dos pés e da cabeça [2-3], o que foi confirmado nos dados do IML-BH, com a maioria dos autopsiados tendo apresentado queimaduras nos membros superior e inferior. A área corporal média queimada dos casos do IML-BH foi superior a 50%, embora percentual menor (27,7%) foi apontado em estudo suíço com 68 vítimas de queimaduras elétricas que receberam AM, no qual a taxa de mortalidade foi de apenas 13,2% [42]. Como os dados do IML-BH foram apenas dos óbitos, é esperado que estes apresentem maiores percentuais corporais de área queimada. Parte dos óbitos do IML-BH que permaneceram com CIM apresentavam queimaduras no corpo, mas os legistas responsáveis pelo caso não viram elementos para correlacionar as queimaduras com o contato com EE, tampouco, para relacionar os óbitos a algum mecanismo de morte específico. De qualquer forma, a investigação detalhada dos aspectos macro e microscópicos das queimaduras observadas em um caso de suposto contato com eletricidade deve ser sempre realizada, pois pode fornecer mais elementos no esclarecimento do ocorrido [2]. A confirmação de qual mecanismo realmente foi o responsável pela origem destas queimaduras virá do conjunto de todos os elementos periciais disponíveis, dentre eles, as informações da perícia de local [3,6]. Mesmo que se tenha convicção de que uma determinada queimadura tenha sido produzida pela passagem de EE, ela pode não indicar a causa médica da morte, pois a queimadura pode ter sido produzida em um momento anterior ao evento que culminou com o óbito ou mesmo ter sido produzida após a morte, em situação na qual o cadáver tenha tido contato com algum objeto eletrificado [32].

A reduzida frequência da observação do sinal de *Jellinek* (SJ) nos dados do IML-BH diverge do encontrados em diversos trabalhos, alguns tendo verificado o referido sinal em até 81% das vítimas fatais de eletrocussão [21]. Estudo croata com 89 autopsias de vítimas fatais de EE indicou a total ausência de marcas ou queimaduras elétricas em apenas 21% dos casos

[24]. O que pode justificar esta discrepância é que tal sinal pode ter sido descrito nos laudos necroscópicos do IML-BH de forma genérica como uma queimadura, sem que fosse especificado se ela havia sido produzida por EE e/ou se ela consistia no SJ. Além disso, no presente estudo também foram incluídos os casos com CIM e com histórico de óbito após o contato com EE, nos quais a grande maioria não apresentava o SJ. Este grupo é de grande interesse médico legal, pois a ausência de sinais morfológicos da passagem de EE dificulta o estabelecimento da causa médica da morte. Ressalta-se que a observação do SJ não permite conclusões sobre a direção específica da corrente elétrica não sendo possível estabelecer, com precisão, qual o ponto de entrada e qual o de saída desta corrente com base apenas na morfologia ou no local das lesões [6], ao contrário do que é afirmado por alguns autores [4,39]. Apesar de classicamente descritas como associadas à passagem de corrente elétrica, essas queimaduras cutâneas não são específicas, podendo ser observadas em outras situações de transferência de calor para a pele [2,35]. Mesmo o aspecto microscópico de uma “queimadura elétrica”, com necrose epidérmica de coagulação associada ao arranjo em paliçada das células epidérmicas, a infiltrado eosinofílico, a vacuolização celular e a deposição de material inorgânico (metalização “elétrica”) na área queimada, anteriormente descrito como patognomônico de passagem de corrente elétrica, foi encontrado em queimaduras produzidas em contextos diferentes do contato com EE [35]. A própria diferenciação entre marca elétrica (SJ) e queimadura elétrica considera por alguns autores [4] não encontra respaldo técnico [2,35]. Na busca por maior especificidade no diagnóstico de uma queimadura elétrica, vários métodos complementares foram propostos, como a análise computadorizada microscópica, o uso de microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia no infravermelho [43]. Este último método se mostrou promissor pois permite uma análise das modificações bioquímicas proteicas da área queimada mais sutis, que não são usualmente observadas à microscopia óptica [43]. Corroborando a inespecificidade do SJ, ele foi observado em duas vítimas de EEN necropsiadas no IML-BH - 9,5% das fatalidades por este tipo de energia, o que pode ser explicado pela produção das lesões durante o contato de objetos eletrificados pela descarga atmosférica com o corpo dos periciados, como é o caso de colares, de pulseiras, de anéis, e etc. [41]. Contudo, ressalta-se que há diferenças importantes nos efeitos lesivos quando são comparadas queimaduras térmicas usuais com as queimaduras elétricas, em particular as que envolvem alta voltagem [8]. Pacientes que sobrevivem horas ou dias após queimaduras elétricas por alta voltagem apresentam maior morbidade que os indivíduos que apresentam queimaduras não elétricas,

como maior número de escarotomias/fasciotomias realizadas, maior percentual de rabiomiólise, de neuropatias periféricas e de amputações e maior tempo médio de internação hospitalar, apesar da taxa de mortalidade média tender a ser equivalente [42].

O percentual de óbitos decorrentes de EEN encontrado no presente estudo (9,4%) foi superior ao observado em trabalhos realizados em outros países. Dados australiano de necropsias de vítimas fatais de EE realizadas de 1973 a 2002 apontou apenas 1% de fatalidades relacionadas a descargas elétricas ambientais, enquanto na Irlanda do Norte, no período entre 1982 e 2003, não houve nenhum óbito por este mecanismo [5,18]. É esperado que no Brasil haja percentual maior de vítimas fatais de raios, pois é o país que mais recebe descargas elétricas ambientais por apresentar grande extensão territorial tropical [19]. Em média, morrem anualmente 132 brasileiros vítimas de raios, representando uma probabilidade média de morrer por este mecanismo de 0,8 por milhão/ano, quatro vezes maior que nos Estados Unidos [19]. A região sudeste, mais populosa, apresenta o maior número de vítimas, concentrando cerca de 26% das fatalidades [18]. Ressalta-se que a maioria dos indivíduos atingidos por raios sobrevive uma vez que a mortalidade por esse mecanismo varia de 1% a 30% [41].

No IML-BH o ramo de ocupação mais predominante dentre os óbitos relacionados à EEN foi o referente aos Serviços, que compreende diversas atividades, muitas delas desempenhadas em áreas abertas, mais expostas às correntes diretas e indiretas dos raios [19]. Corroborando este raciocínio o fato de a grande parte dos autopsiados no IML-BH por EEN estarem em ambiente rural no momento do evento, o que não foi observado para as vítimas de EEA.

Apenas um pequeno percentual das vítimas fatais de raios apresenta queimaduras graves pois, apesar da enorme voltagem potencialmente envolvida com a descarga atmosférica - mais de 100 milhões de volts em alguns casos, a vítima não fica em contato permanente com um condutor [6,41]. Além disso, o tempo de passagem da corrente geralmente é muito curto [6,41]. Uma queimadura elétrica somente é produzida quando a temperatura da pele é aumentada por tempo suficiente para produzir lesão [6]. Já queimaduras mais superficiais são comuns nas vítimas de raios [41]. Estudo retrospectivo americano com 54 laudos de necropsias relacionadas à EEN mencionou queimaduras em 53,7% dos casos e queimaduras/alterações nas vestes em 29,6% [20]. Nas vítimas de EEN do IML-BH as queimaduras superficiais corpóreas e nas vestes foram descritas em proporção menor.

Os principais mecanismos de morte nas vítimas de raios também são a AC e a PR, o que vai de encontro ao

encontrado no presente estudo, uma vez que a causa da morte foi estabelecida como sendo apenas decorrente da EEN para a maioria dos casos [41]. Descargas atmosféricas tendem a produzir assistolia cardíaca e não fibrilação ventricular [41]. Caso haja PR, a hipóxia resultante pode também desencadear AC [41]. Quanto ao mecanismo de morte envolvendo TCEE dentre as vítimas de EEN, o pequeno percentual de casos observados no IML-BH também é respaldado por dados epidemiológicos [41]. Descargas atmosféricas podem provocar lesões por ação contundente de forma indireta, ao produzirem queda de objetos que atingem pessoas (como árvores e telhados, por exemplo) e ao resultarem em lesões por explosão (*blast*) com seus componentes primário, secundário e terciário [41]. A onda de choque produzida por uma descarga atmosférica pode projetar um humano adulto a vários metros de distância do local de contato da mesma com o solo [41]. Quanto as autopsias com CIM após contato com EEN, infere-se que a maioria dos óbitos nesta situação foi decorrente de AC ou PR, mas não foram encontradas evidências claras da ocorrência do contato com EE no corpo dos periciados previamente ao óbito, tais quais a presença de queimaduras e o sinal de *Lichtenberg* (SL). Ressalta-se que um percentual grande das vítimas fatais de descargas atmosféricas pode não apresentar à necropsia nenhum sinal característico da passagem da corrente elétrica, não apenas dificultando o estabelecimento da causa médica da morte como contribuindo para a subnotificação destes casos.

O SL (marca queraunográfica) é considerado o elemento morfológico mais indicativo de contato com EEN, embora seja evidenciado com baixa frequência, como observado no IML-BH. Apesar de ainda não serem conhecidos por completo os mecanismos da produção do SL, já está estabelecido que não é uma queimadura verdadeira e que envolve fenômenos vasoativos com ou sem o extravasamento de hemácias nas camadas superficiais da pele, podendo desaparecer com o tempo ou mesmo aparecer após a morte [4,41,44-45]. Este sinal também pode apresentar diversas formas morfológicas, como uma área eritematosa com limites imprecisos, além da clássica figura arboriforme, o que pode dificultar sua observação pericial [45]. Ressalta-se que a literatura especializada já registrou a presença deste sinal em vítimas de contato com EEA de alta voltagem [46]. No presente estudo foram evidenciados sete casos nos quais o sinal de *Lichtenberg* apareceu em um contexto de contato com EEA, apesar de ter sido proporcionalmente menos frequente neste grupo se comparado ao de EEN, confirmando que deve haver extrema cautela em associar sua presença apenas à EEN.

Nos laudos do IML-BH os achados internos mais importantes foram petéquias subpleurais e

subepicárdicas. Estudo alemão encontrou petéquias em 74% dos casos de eletrocussão, predominando as conjuntivais (49%), as subpleurais (40%) e as subepicárdicas (37%), sem diferenças substanciais entre as vítimas de alta ou baixa voltagem [21]. A presença de petéquias é um importante indicativo de lesões produzidas em vida [21]. Uma justificativa para a grande frequência dessas sufusões hemorrágicas puntiformes nos casos de eletrocussão é a congestão e a hipertensão arterial produzidas pela passagem da corrente elétrica [21]. Além disso, as petéquias são achados compatíveis com processos asfíxicos em geral, incluindo a PR, um dos mecanismos de morte por EE. Pelo fato de tais alterações serem inespecíficas, a observação dessas sufusões hemorrágicas deve ser sempre contextualizada com outros elementos para a definição da causa médica da morte. Ao contrário do que é afirmado em alguns trabalhos de epidemiologia forense [39], a necropsia nos casos de morte envolvendo eletricidade é uma das mais difíceis tecnicamente, pois os achados externos e internos são bastante inespecíficos, à exceção das lesões térmicas nos pontos de passagem da corrente, que frequentemente estão ausentes nos casos de contato com corrente de baixa voltagem [2,6]. É especialmente difícil investigar a causa médica da morte nos óbitos após contato elétrico sem testemunhas do evento, o que reforça a importância do contexto do ocorrido e da perícia de local em seu esclarecimento [2,35].

O uso de substâncias com efeitos (depressor ou estimulante) no sistema nervoso central são fatores de risco para diversas causas externas de morte, como as envolvendo o contato com EE [47]. Todavia, nos dados do IML-BH os exames de alcoolemia e toxicológico não foram realizados para a maior parte dos casos, o que limita a interpretação dos dados encontrados. É assegurada por lei federal autonomia técnica, científica e funcional no exercício da perícia oficial de natureza criminal, atividade que também enquadra a Medicina Legal [48]. Portanto, cabe ao médico legista ampla liberdade técnica para utilizar ou não os exames complementares disponíveis para o estudo necroscópico. Esta liberdade protege o ato pericial de influências externas e dá isenção ao mesmo, mas contribui para uma grande heterogeneidade técnica nas necropsias realizadas, ainda que haja protocolos institucionais de orientação de condutas periciais. Ressalta-se que nas situações nas quais o necropsiado recebe atendimento médico previamente ao óbito (43,7% dos casos do IML-BH) e é submetido a procedimentos médicos, a interpretação dos resultados de alcoolemia e/ou da pesquisa toxicológica pode ficar prejudicada, o que leva alguns legistas a não colher amostras para tais exames. A realidade em alguns países desenvolvidos se assemelha à brasileira neste aspecto,

como observado na Irlanda do Norte onde em estudo realizado com vítimas fatais de EE em um período de 22 anos houve pesquisa toxicológica em apenas 3 de 59 casos [5]. Além disso, há trabalhos com grande número de fatalidades relacionadas à EE onde sequer é mencionada a realização de exames complementares nos autopsiados [14,23].

A proporção de positividade na alcoolemia observada nos dados do IML-BH foi semelhante à encontrada em estudo realizado no Distrito Federal (25%) [47]. No trabalho retrospectivo que utilizou dados de todas as mortes por causas externas ocorridas no estado de São Paulo em 2006 foi observada alcoolemia positiva em 36,9% dos casos [49]. Já no estudo realizado na Turquia a positividade para álcool etílico foi maior, apesar desse país apresentar consumo *per capita* anual de bebidas alcoólicas inferior ao brasileiro (2 x 8,7 litros), tendo sido descrita em 52,9% das vítimas fatais de contato com EE [25,50]. Ainda que a embriaguez alcoólica constitua uma síndrome de diagnóstico essencialmente clínico, e não laboratorial, uma alcoolemia de 11,6dg/L poderá resultar em importantes alterações neurológicas para a maioria das pessoas, como instabilidade emocional, perda do raciocínio crítico, déficits variáveis de memória, sonolência, lentificação motora, marcha com base alargada, dentre outros [51]. Estes efeitos colocam o indivíduo em risco para descuido com situações de potencial perigo quanto ao contato acidental com EE [52]. Quanto a drogas ilícitas, houve positividade em 15,2% das vítimas do IML-BH cuja causa de morte foi exclusivamente atribuída ao contato com EE, quase o triplo do percentual encontrado (5,9%) no estudo distrital [47]. Esta diferença pode refletir particularidades regionais no consumo de substâncias ilícitas. As drogas mais encontradas foram a cocaína e a maconha, consideradas as de maior consumo em nosso meio [47].

Como limitações importantes deste estudo ressalta-se que a extrapolação das conclusões deve ser vista com critério pois os dados foram obtidos de uma região geográfica específica e de um único banco de dados; que existem particularidades administrativas envolvendo o funcionamento dos Institutos Médico Legais nos diferentes estados brasileiros que podem influir no tipo de informação disponível nos laudos; que as informações foram colhidas em fontes secundárias; e que nem todas as variáveis estavam disponíveis em todos os laudos para análise.

5. CONCLUSÕES

Foram recuperados 224 laudos cuja morte envolveu contato prévio com energia elétrica entre 1997 e 2012. A maioria dos óbitos ocorreu em contexto acidental, predominaram os casos relacionados à energia elétrica

artificial, e a maior parte dos óbitos ocorreu na primavera e no verão. A maioria dos autopsiados era do sexo masculino, parda, solteira, e com média etária de 32 anos, não recebendo atendimento médico previamente ao óbito. Queimaduras foram as lesões externas mais descritas, tendo sido os sinais de *Jellinek* e de *Lichtenberg* descritos em poucos laudos. Petéquias subpleurais e subepicárdicas foram os achados internos mais frequentes. Os exames toxicológico e de alcoolemia foram na maioria das vezes negativos. O estudo destaca a previsibilidade das fatalidades envolvendo energia elétrica, bem como as dificuldades médico legais no estabelecimento da causa médica da morte, o que aponta a importância da integração entre as informações da perícia de local com os achados necroscópicos na investigação destes casos.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. João Batista Rodrigues Júnior, pelo apoio e incentivo indispensáveis para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R.M. Fish; L.A. Geddes. Conduction of electrical current to and through the human body: a review. *ePlasty* 9, 407-21, 2009.
- [2] P. Saukko; B. Knight. Electrical Fatalities. In: P. Saukko; B. Knight (Eds.). *Knight's Forensic Pathology*, London, 325-38, 2016.
- [3] H.C. Hercules. Lesões e Morte por Ação Elétrica. In: H.C. Hercules. *Medicina Legal – Texto e Atlas*, Brasil, 363-87, 2014.
- [4] G.V. França. Traumatologia médico-legal – Energias de ordem física. In: C.V. (Ed.). *Medicina Legal*. Brasil, 138-41, 2017.
- [5] J. Lucas. Electrical Fatalities in Northern Ireland. *Ulster Med J* 78(1), 37-42, 2009.
- [6] E.R. Donoghue; B.D. Lifschultz BD. Electrical and Lightning Injuries. In: W.U. Spitz (Ed.). *Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death – Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*, United States of America, 882-902, 2006.
- [7] Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). *Estatísticas Vitais*. Retirado de <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>, em 10/03/18.
- [8] K. Duff; R.J. McCaffrey. Electrical Injury and Lightning Injury: A Review of Their Mechanisms and Neuropsychological, Psychiatric, and Neurological Sequelae. *Neuropsychology Review* 11(2), 101-16, 2001.
- [9] A.E. Ritenour; M.J. Morton; J.G. McManus; D.J. Barillo; L.C. Cancio. Lightning injury: A review. *Burns* 34(5), 585-94, 2008.
- [10] H.C. Hercules. Causa Jurídica da Morte. In: H.C. Hercules (Ed.). *Medicina Legal – Texto e Atlas*, Brazil, 123-43, 2014.
- [11] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Retirado de <http://www.ibge.gov.br>, em 01/10/17.
- [12] Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Classificação Brasileira de Ocupações. *Livro 1 – Códigos Títulos e Descrições*. Brasil (2010). Retirado em 10/03/18, de <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/download.s.jsf>.
- [13] Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Classificação Brasileira de Ocupações. *Livro 2 – Códigos Títulos e Descrições*. Brasil (2010). Retirado em 10/03/18, de <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/download.s.jsf>.
- [14] A. Sheikhzadi; M. Kiani; M.H. Kiani. Electrocutation-related mortality. A survey of 295 deaths in Tehran, Iran between 2002 and 2006. *Am J Forensic Med Pathol* 31(1), 42-5, 2010.
- [15] R. Blumenthal. A retrospective descriptive study of electrocution deaths in Gauteng, South Africa: 2001–2004. *Burns*, 35, 888-94, 2009.
- [16] S. Liu, Y. Yu, Q. Huang, B. Luo, X. Liao. Electrocutation-Related Mortality - A Review of 71 Deaths by Low-Voltage Electrical Current in Guangdong, China, 2001-2010. *Am J Forensic Med Pathol* 35, 193-6, 2014.
- [17] D.M. Fatovich. Electrocutation in western Australia, 1976-1990. *Med J Aust* 157, 762-4, 1992.

- [18] R. Wick; J.D. Gilbert; E. Simpson; R.W. Byard. Fatal Electrocution in Adults – A 30-Year Study. *Med Sci Law* 46(2), 166-172, 2006.
- [19] O. Pinto Jr.; I. Cardoso. *Brasil: que raio de história*. Brasil, 2015.
- [20] J.L. Pincus; S.L. Lathrop; A.J. Briones; S.W. Andrews; M.B. Aurelius. Lightning deaths: a retrospective review of New Mexico's cases, 1977-2009. *J Forensic Sci* 60(1), 66-71, 2015.
- [21] B. Karger; O. Suggeler; B. Brinkmann. Electrocution—autopsy study with emphasis on electrical petechiae. *Forensic Science International* 126, 210-13, 2002.
- [22] M. Calixto Filho; T. Zerbini. Epidemiologia do suicídio no Brasil entre os anos de 2000 e 2010. *Saúde, Ética & Justiça* 21(2), 45-51, 2016.
- [23] S. Kumar; A.K. Verma; U.S. Singh. Electrocution-related mortality in northern India – A 5-year retrospective study. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 4, 1-6, 2014.
- [24] I. Kuhtic; M. Bakovic; D. Mayer; D. Strinovic; V. Petroveckí. Electrical mark in electrocution deaths – a 20-years study. *The Open Forensic Science Journal* 5, 23-7, 2012.
- [25] M. Dirlik; B. Gün; F.Ç. Kallem. Evaluation of Death Cases Connected to Electric Current in Aydin Province, Western Turkey. *Workplace Health & Safety* 63(12), 546-550, 2015.
- [26] W. Dokov. Electrocution-related mortality: a review of 351 deaths by low-voltage electrical current. *Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery* 16(2), 139-143, 2010.
- [27] A. Rahmani; M. Khadem; E. Madreseh; H. Aghaei; M. Raei, M. Karchani. Descriptive study of occupational accidents and their causes among electricity distribution company workers at an eight-year period in Iran. *Safety and Health at Work* 4, 160-5, 2013.
- [28] A.J. Taylor; G.J. McGwin; F. Valent; L.W. 3rd Rue. Fatal occupational electrocutions in the United States. *Injury Prevention* 8, 306-12, 2002.
- [29] Brasil. Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde - Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. *Saúde Brasil 2014: uma análise da situação de saúde e das causas externas*, Brasil (2015). Retirado em 15/03/18, de http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2014_analise_situacao.pdf.
- [30] E.M. Araújo; M.C.N. Costa; V.K. Hogan; E.L.A. Mota; T.M. Araújo; N.F. Oliveira. Diferenciais de raça/cor da pele em anos potenciais de vida perdidos por causas externas. *Rev Saúde Pública* 43(3):405-12 (2009).
- [31] L. Hyldgaard; E. Sondergaard; P. Leth. Autopsies of fatal electrocutions in Jutland. *Scand J Forens Sci* 1, 8-12, 2004.
- [32] W. Dokov; K. Dokova. Epidemiology and Diagnostic Problems of Electrical Injury in Forensic Medicine. In: D.N. Vieira (Ed). *Forensic Medicine – From Old Problems to New Challenges*, 121-36, 2011. Retirado em 15/03/2018 de <http://dx.doi.org/10.5772/19434>.
- [33] Bureau of Labor Statistics. U.S. Department of Labor. National census of fatal occupational injuries in 2010 (preliminary results), 2011. Retirado em 15/03/2018, de https://www.bls.gov/news.release/archives/cfoi_08252011.pdf
- [34] E.T.C. Domingos. Acidentes do trabalho fatais no setor elétrico do Ceará: características dos óbitos e circunstâncias dos acidentes ocorridos no período de 1994 a 2004. *Dissertação de mestrado*, Departamento de Saúde Comunitária da Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, 2005.
- [35] D. Dolinac; E. Matshes; E. Lew. Environmental Injury - Electrocution. In: D. Dolinac; E. Matshes; E. Lew (Eds.). *Forensic Pathology – Principles and Practice*. United States of America, 250-2, 2005.
- [36] P.H.C. Bordoni; L.S. Bordoni; J.M. Silva; E.F. Drumond. Utilização do método de captura-recaptura de casos para a melhoria do registro dos acidentes de

- trabalho fatais em Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011. *Epidemiol Serv Saúde* **25(1)**, 85-94, 2016.
- [37] W. Dokov. Characteristics of lethal electrical injuries in central and northeastern Bulgaria for a 27-year period (1980–2006). *ePlasty* **8**, 101-5, 2008.
- [38] W. Dokov; M. Baltov. A study of fatal electrical injuries in Smolyan District, Republic of Bulgaria. *The Internet Journal of Forensic Science* **10**, 6, 2009.
- [39] Reddy; R. Balaraman; P. Sengottuvel. Accidental electrocution fatalities in Puducherry: a 3-year retrospective study. *International Journal of Medical Science and Public Health* **4(1)**, 48-52, 2015.
- [40] T. Michiue; T. Ishikawa; D. Zhao; Y. Kamikodai; B.L. Zhu; H. Maeda. Pathological and biochemical analysis of the pathophysiology of fatal electrocution in five autopsy cases. *Legal Medicine* **11**, S549–S52, 2009.
- [41] M.O. Gatewood; R.D. Zane. Lightning injuries. *Emerg Med Clin N Am* **22**, 369–403, 2004.
- [42] A.E. Handschin; S. Vetter; F.J. Jung; M. Guggenheim; W. Künzi; P. Giovanoli. A Case-Matched Controlled Study on High-Voltage Electrical Injuries vs Thermal Burns. *Journal of Burn Care & Research* **30(3)**, 400-7, 2009.
- [43] J. Zhang; W. Lin; H. Lin; Z. Wang; H. Dong. Identification of Skin Electrical Injury Using Infrared Imaging: A Possible Complementary Tool for Histological Examination. *PLoS ONE* **12(1)**, 1-11, 2017.
- [44] Y. Domart; E. Garet. Lichtenberg Figures Due to a Lightning Strike. *The New England Journal of Medicine* **23**, 1536, 2000.
- [45] R.W. Byard; M. Thu; J.D. Gilbert. Cutaneous manifestations of lightning strike – variability in Lichtenberg figures. *Forensic Sci Med Pathol* **13(3)**, 390-93, 2017.
- [46] J.F. Arnould; R.L. Floch. Lichtenberg figures associated with a high-voltage industrial burn. *Burns* **37(3)**, e13-e5, 2011.
- [47] E.L.C. Campelo; E.D. Caldas. Postmortem data related to drug and toxic substance use in the Federal District, Brazil, from 2006 to 2008. *Forensic Science International* **200**, 136-140, 2010.
- [48] Brasil. Presidência da República - Casa Civil. Lei 12.030 de 17 de Setembro de 2009. Dispõe sobre as perícias oficiais e dá outras providências. D.O.U de 18/09/2009. Retirado em 15/03/2018, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l12030.htm .
- [49] D.M. Sinagawa; C.D. Godoy; J.C. Ponce; G. Andreuccetti; D.G. Carvalho; D.R. Muñoz; V. Leyton. Uso de álcool por vítimas de morte violenta no Estado de São Paulo. *Saúde, Ética & Justiça* **13(2)**, 65-71, 2008.
- [50] Organização Mundial de Saúde (OMS). *WHO Global status report on alcohol and health 2014*, 2014. Retirado em 19/08/2017, de http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_alcohol_report/msb_gsr_2014_3.pdf.
- [51] W.U Spitz. Forensic aspects of alcohol. In: W.U Spitz (ed.). *Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death – Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*. United States of America, 1218-29, 2006.
- [52] R. Ramchand; A. Pomeroy; J. Arkes. *The Effects of Substance Use on Workplace Injuries*. Center for Health and Safety in the Workplace - RAND Institute for Civil Justice and RAND Health, United States of America, 2009.