

Mestrado de Medicina Legal

Importância Médico-Legal dos Metais Pesados no Desenvolvimento Infantil

Carla Cristina Correia Magalhães



PORTO

2010

Carla Cristina Correia Magalhães

Importância Médico-Legal dos Metais

Pesados no Desenvolvimento Infantil

Dissertação de Candidatura ao grau de

Mestre em Medicina Legal, submetida ao
Instituto de Ciências Biomédicas de Abel
Salazar da Universidade do Porto.

Orientador – Doutora Maria José Carneiro
de Sousa Pinto da Costa Categoria –
Professora associada convidada

Afiliação – Instituto de Ciências Biomédicas
Abel Salazar da Universidade do Porto.

À memória da minha avó.

“Sempre chegamos ao sítio aonde nos esperam.”

- O Livro dos Itinerários – José Saramago.

Agradecimentos

Uma tese de mestrado é um processo solitário que um investigador está sujeito apesar de todos os contributos reunidos por pessoas que estiveram envolvidas nela.

É com muito agrado que expresso aqui o mais profundo agradecimento a todos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho.

Gostaria antes de mais, de agradecer á Professora Doutora Maria José Carneiro Sousa Pinto da Costa, orientadora desta tese, pelo apoio, incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à sua concretização. Um grande e sentido beijinho.

Á minha querida Maria Manuel, expresso-lhe os meus mais sinceros e amigos agradecimentos, pelo apoio, a partilha de saberes e as valiosas contribuições para a realização desta tese. Obrigada pelo estímulo e entusiasmo revelado por esta dissertação, pela disponibilidade sempre revelada, pelo incansável apoio moral e, sobretudo pela amizade e confiança demonstradas. Obrigada por me continuar a acompanhar nesta jornada e por estimular o meu interesse pelo conhecimento e pela vida académica, numa perspectiva futurista.

A todos os meus colegas de mestrado pela excelente relação que construímos, pelo intercâmbio de ideias e pela força impressa na creditação de um sonho, em especial ao grupo fantástico que prezadamente é constituído pela Nélia; Joana; Tininha; Ana Luís; Sofia; Mário....perdoem-me se faltou alguém.

Aos meus amigos, que de uma forma ou outra, se mostraram disponíveis e me fizeram acreditar que era possível, obrigada pela confiança.

Á Lili porque é única, o espírito de entreaajuda e sacrifício pelo próximo são características de descrição pessoal feitas á tua medida. Obrigada.

Ao pai da Sara, a ele estou grata por me incentivar a entrar neste desafio.

Aos meus pais, porque sempre estiveram disponíveis para sustentar os meus delírios, e às vezes nada fáceis, prometo fazer um esforço no processo de mudança. Apenas quero que saibam que vos amo.

Á minha filha Sara, que em todos os momentos esteve presente como fonte de inspiração e coragem. És a minha vida...

Por fim não podia deixar de expressar o meu profundo agradecimento ao homem com o papel mais activo e representativo na minha vida, amo-te To-Jú.

A todos os meus sinceros agradecimentos e um grande Bem hajam!

Resumo

Este trabalho teve como principal objectivo obter uma relação entre a psicologia e a medicina legal. Para tal tentou-se comprovar a influência dos metais pesados no desenvolvimento biológico, e psico social das crianças, uma vez que são conhecidos os efeitos prejudiciais para a saúde resultantes de exposições a estes elementos, como o chumbo, mercúrio e arsénio. A exposição a estes metais é principalmente ambiental ou ocupacional.

Foram realizados ensaios experimentais durante 6 – 8 semanas para detectar a presença de chumbo no cérebro de ratinhos injectados com diferentes doses deste metal, aplicando a técnica de Microscopia electrónica de Varrimento acoplada à Microanálise por Raio-X.

Apenas nos ratinhos expostos a uma dose 100 vezes superior ao índice biológico de exposição foi detectado chumbo no cérebro, o que indica que doses mais pequenas tem um efeito cumulativo ao longo do tempo, não surgindo imediatamente os seus efeitos negativos.

Abstract

The main point of this study was to demonstrate the relation between psychology and legal medicine. So, it was analyzed the influence of heavy metals on the biological, psychological and social development of children, once there are known the prejudicial effects to health of some of these substances like mercury, arsenic and lead. The exposure to these metals it's mainly ambiental or occupational.

Some experimental was made during 6 – 8 weeks for detecting the presence of lead in the brain of mice injected with different doses of this metal, applying scanning electron microscopy with X – Ray microanalysis.

Only in mice exposed to a dose 100 times superior to the index of biological exposure was detected lead on the brain. This indicates that lower doses have cumulative effects, so the prejudicial effects are only showed passed long time.

Índice

Índice.....	1
Índice de Tabelas	5
Índice de Figuras	6
Introdução.....	7
Objectivos.....	8
Origem da Medicina Legal	9
Primórdios Remotos.....	9
Período Antigo	9
Período Romano	10
Período Médio ou da Idade Média.....	10
Período Canónico	10
Período Moderno ou Científico.....	11
Áreas de actuação	12
Origem da Toxicologia.....	14
Toxicologia.....	15
Importância da Toxicologia.....	16
Divisões da Toxicologia.....	17
Vias de Penetração dos Tóxicos no Organismo.....	19
Doenças Profissionais	21

Breve Referência no Tempo.....	21
Legislação	23
Organização Médico-legal.....	23
Tabela Nacional de Incapacidades (TNI).....	24
Chumbo, Arsénio e Mercúrio na legislação portuguesa.....	25
Acção dos Metais Pesados no Desenvolvimento Infantil	27
Introdução	27
O Chumbo no Desenvolvimento Bio-Psico-Social Infantil.....	28
Fontes de Exposição ao Chumbo.....	30
Toxicidade do Chumbo – Efeitos Subclínicos	32
Testes de Envenenamento pelo Chumbo.....	35
Sintomas de Envenenamento pelo Chumbo em Crianças.....	36
Tratamento.....	36
Prevenção	37
Factores Individuais	38
O Mercúrio no Desenvolvimento Bio-Psico Social Infantil.....	38
Mercúrio Elementar	40
Compostos de Mercúrio Inorgânico.....	41
Compostos Orgânicos de Mercúrio	42
Tratamento.....	43
O Arsénio no Desenvolvimento Bio-Psico Social Infantil	44

Mercúrio	45
Toxicidade do Mercúrio	48
Efeito do Mercúrio nas células	48
Forma de actuação	48
Chumbo	49
Arsénio.....	50
Toxicidade.....	51
Materiais e Métodos.....	54
Materiais e Métodos.....	55
Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise por Raio-X.....	55
Resultados.....	60
Estudo do Cérebro de ratinho por SEM-XRM	61
Estudo experimental em ratinhos	61
Discussão	62
Discussão	63
Conclusões.....	65
Conclusão.....	66
Perspectivas Futuras	67
Perspectivas Futuras	68
Bibliografia.....	69
Bibliografia.....	70

Páginas da Internet com informação relevante relativamente aos temas abordados na introdução teórica deste trabalho	74
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Acção Recomendada para cada Nivel de plumbémia [17]	34
Tabela 2 - Classificação dos níveis de chumbo no sangue. [32]	35

Índice de Figuras

Figura 1 - (Adaptado de Goldman, L. R. et al. Pediatrics 2001; 108:197-205) – Fontes de mercúrio e a sua conversão em compostos de mercúrio orgânico. [12]	40
Figura 2 - Espectro característico do estudo por Microanálise de Raio –X onde é possível detectar a presença de Mercúrio	57
Figura 3 - Espectro exemplificativo de Microanálise de Raio – X, onde é possível encontrar a presença de Chumbo	57
Figura 4 - Espectro do estudo de Microanálise por Raio-X onde é possível detectarem-se a presença espectral dos 3 elementos em estudo: Mercúrio, Chumbo e Arsénio	58
Figura 5 - Imagem de Microscopia Electrónica de Varrimento, acoplada á Microanálise por Raio- X, onde é visível uma imagem de electrões secundários ampliada 20X cuja imagem refere-se a um cérebro Real.....	58
Figura 6 - Imagem de Microscopia Electrónica de Varrimento acoplada á Microanálise por Rx na versão de electrões retrodifundidos onde os pontos brilhantes são característicos da presença de metal pesado	59
Figura 7 - Imagem de electrões secundários, pormenorizada de uma porção de Cérebro ampliada 1000X.....	59

Introdução

Objectivos

Este trabalho teve como objectivo relacionar a psicologia, ou o serviço social na área da prevenção, com toxicologia na medicina legal. Para tal dividiu-se o trabalho em duas partes: na primeira foi efectuada uma breve resenha bibliográfica para enquadrar os efeitos do mercúrio, arsénio e chumbo (dando especial relevo a este ultimo) no desenvolvimento infantil, na área social, biológica e psicológica; na segunda parte foi feito um pequeno trabalho experimental utilizando microscopia electrónica de varrimento com microanálise de raio – X, para se verificar se esta é uma técnica a utilizar para a detecção qualitativa de metais pesados. Para tal foi utilizada uma amostra de ratinhos, aos quais se injectou chumbo em diferentes quantidades.

Origem da Medicina Legal

Primórdios Remotos

A medicina legal nasceu quando o Homem sentiu necessidade de aplicar a Justiça que a convivência em comunidade lhe impunha. Nas sociedades antigas os crimes eram de fácil resolução pois o consenso local determinava a sua resolução. Com a evolução das sociedades deixou de ser credível os fundamentos de base para o crime assentes na magia e superstição poderá dizer-se que o crime é tão antigo quanto o homem, sendo hoje necessária a sua prova como fase processual de julgamentos de inculpatados. [10]

A história da Medicina Legal divide-se em cinco períodos [10]: antigo, Romano, Médio ou da Idade Média, Canónico e Moderno ou Científico.

Período Antigo

A medicina Legal é de extrema importância no conjunto de actividades sociais, esta compreende a existência de referências esparsas e isoladas, rudimentares, despidas de carácter científico nas legislações dos povos antigos. Considerada mais como uma arte do que ciência, a medicina era tida como uma profissão subalterna e procurava atribuir origens extra terrenas às doenças. [10] Assim nesta perspectiva, a necrópsia e a vissecação eram proibidas, por serem os cadáveres considerados sagrados. No Egipto, os crimes de violência sexual eram condenados, se quando atado sobre o leito de uma sala do templo, o sujeito, apresenta-se erecção peniana antes da estimulação sexual desencadeada por virgens, que dançavam nuas ou com roupa transparente. Na China, por volta de 1240 a.C. foi elaborado o tratado “Hsi yuan lu”. Este instruía sobre o exame post-mortem, listava antídotos para venenos e dava orientações acerca de respiração artificial, era um valioso documento médico-legal. Havia apenas traços da medicina Judiciária, relativos à virgindade, à violação, ao homicídio, às lesões corporais e aos problemas de ordem moral.

A legislação teológica foi-se paulatinamente transformando e finalmente deu-se a emancipação do Direito, graças ao Cristianismo e aos ideais morais de cada geração que nela foi introduzindo. [10]

Período Romano

Em Roma, na fase anterior à reforma de Justiniano, a Lei atribuída a Numa Pompílio prescrevia a histerotomia na morte da mulher grávida. Antístio, médico, examinou as muitas feridas do cadáver de Júlio César e declarou apenas uma delas mortal. [10]

Segundo os relatos de Tito Lívio, um médico, examinou em praça pública o cadáver de Tarquínio, assassinado, e o de Germânico, suspeito de envenenamento. Assim, os cadáveres eram já examinados, nessa época, por médicos, porém externamente. As necrópsias, como já lembrado, por respeito ao cadáver, eram proscritas. Com a reforma, em Roma, emanciparam-se a Medicina e o Direito, como se depreende dos códigos de Justiniano, que têm implícita a Medicina Legal. A lei Aquilia trata da letalidade dos ferimentos. Na Grécia Antiga foi notório o interesse pela medicina. Já Hipócrates, (460-377 a.C.) refere noções isoladas de anatomia e fisiologia. Também Galeno (131-210) fez experiências com animais e examinou os seus cadáveres. [10]

Período Médio ou da Idade Média

Nesse período houve contribuição mais directa do médico ao direito, como se nota "na lei sálica, na germânica e nas Capitulares de Carlos Magno, que contêm detalhes de anatomia sobre ferimentos e sobre a reparação devida às vítimas, conforme a sede e a gravidade das mesmas" (Hélio Gomes), estabelecendo que os julgamentos devem apoiar-se no parecer dos médicos. Infelizmente, após Carlos Magno sobreveio na Idade Média a onda de vandalismo que extinguiu a Medicina Legal, substituindo-a pela prática absurda e cruel nórdico-germânica das provas inquisicionais em que a penalidade depende do dano causado, e às provas invoca-se o Juízo de Deus ("ordálias"). [10] Diz-se inclusive que a Idade Média foi a "escuridão do pensamento humano". Na medicina, a proibição da dissecação do cadáver impediu fortemente o seu desenvolvimento.

Período Canónico

Compreende 400 anos (1200 a 1600).

Chamado canónico, este período é dominado pelo Cristianismo, que dá normas ao Direito Moderno dos povos civilizados, através da codificação das Decretais dos Pontífices dos Concílios. Nesse período foi restabelecido o concurso das perícias médico-legais, como se depreende da bula do Papa Inocêncio III, em 1219, que trata dos

ferimentos em juízo como revestidos de habitualidade. A sexologia é tratada exaustivamente nas Decretais, pois "a moralidade tem aí seus fundamentos. O período Canónico é assinalado pela promulgação do Código Criminal Carolino (de Carlos V), em 1537. Este código conferiu obrigatoriedade à perícia médica estabelecendo que o perito deveria ajudar os juízes nos casos de feridas enforcamento envenenamentos homicídios infanticídio entre outras lesões. É o primeiro documento organizado de Medicina Judiciária e determina o parecer dos médicos antes das decisões dos juízes. Em 1575 surge o primeiro livro de Medicina Legal, de Ambroise Paré, intitulado *Des rapports et des moyens d'embaumer les corps morts*, reconhecendo a França o seu autor como o pai da Medicina Forense. [10]

Período Moderno ou Científico

Inicia-se em 1602, em Palermo, na Itália, com a publicação do livro intitulado *De Relatoribus Libri Quator in Quibus e a Omnia quae in Forensibus ac Publicis Causis Medici Preferre Solent Plenissime Traduntur*, de Fortunato Fidelis. Em 1621, Paulus Zacchias publica o verdadeiro tratado da disciplina, *Quaestiones Medico Legales Opus Jurisperitis Maxime Necessarium Medicis Peritilis*, obra monumental com 1200 páginas, distribuídas em três volumes, na qual compendia tudo o que se sabia e em que se estudam com discernimento e cultura numerosos problemas médico-legais. É por isso considerado pela maioria dos autores como o verdadeiro fundador da Medicina Legal. [10]

No século XVII, a ciência passa a ser dominada sobretudo pelo saber como a realidade se expressa, ficando o conhecimento das causas limitado ao campo da filosofia. Considera-se neste período que o homem científico é um homem confuso, perante as variadas concepções existentes, provenientes do renascimento. No que diz respeito à medicina esta confusão é reflectida na apresentação de novas teorias. Todavia, foi no século XIX que a Medicina Legal se firmou no conceito que a Justiça lhe proporcionou a partir do momento em que o presumido pode, enfim, ser confirmado pelo exame necroscópico. É desde então, graças a nomes como o de Orfila, Divergie, Lacassagne, Rollet, Thoinot, Tardieu e Brouardell, na França; Bernt, Hoffman, Schanesteir e Paltauf, em Viena; Telchmeyer, na Alemanha; Hunter e Cooper, na Inglaterra; Barzelloti, Martini, Perrone, Garófolo, Virgílio, Nicéforo, Falconi e Ferri, na Itália; Balk, Gromev, Schmidt e Poelchan, Dragendorff e Pirogoff, na Rússia, entre outros, a Medicina Legal está em constante e alucinante progresso, por aquisições científicas, aperfeiçoamento dos métodos de pesquisa e encadeamento doutrinário. No século XIX a ciência ganha

finalmente a autonomia, e o seu conceito básico, evolui concomitantemente aos expressivos progressos do conhecimento humano, a invenção de novos aparelhos e descobertas de novas técnicas e padrões, cada vez mais necessários e exactos. [10]

Áreas de actuação

Designam-se áreas de actuação da medicina legal: medicina forense (inclui a tanatologia forense, clínica médico-legal, psiquiatria forense) e outras ciências forenses (toxicologia forense, genética forense, anatomia patológica, psicologia forense, criminalística, antropologia, histopatologia forense, etc.). [28] Para além do estudo da morte e dos exames aos vivos, a medicina legal desenvolve-se também por um largo campo de actividades de índole laboratorial, nomeadamente na toxicologia e biologia forense criminalística.

Na medicina forense, espera-se que os profissionais sejam capazes de: [28]

- a) Seleccionar, preservar, colher e acondicionar vestígios;
- b) Identificar e caracterizar lesões físicas, psicológicas e sociais (frequência, causas que incluem a etiologia social, mecanismos e tipos) e proceder à sua interpretação;
- c) Identificar, caracterizar e avaliar as consequências permanentes dessas lesões (sequelas no corpo, capacidades, subjectividade e situações da vida diária);
- d) Determinar a relação entre lesões e sequelas (nexo de causalidade);
- e) Determinar a relação entre consequências físicas, psicológicas e sociais;
- f) Esclarecer sobre a forma como as lesões e traumatismos podem afectar de maneira particular o desenvolvimento físico e psicológico das crianças e jovens ou a independência e autonomia de uma pessoa, particularmente no caso das pessoas idosas;
- g) Identificar e despistar vítimas potenciais;
- h) Articular-se com os profissionais das outras ciências forenses para melhor esclarecer e estudar os casos (ex.: identificar vestígios encontrados num corpo através de estudos de DNA, determinar a alcoolemia ou concentração de outras drogas numa morte suspeita, estudar uma bala numa suspeita de homicídio);

- i) Conhecer e colaborar nos procedimentos seguidos na investigação de crimes contra pessoas;
- j) Trabalhar em conjunto com os serviços médicos em geral e outros serviços de apoio a vítimas, tendo em vista orientar o seu tratamento e reintegração/reinserção;
- k) Compreender e atender às questões éticas e legais levantadas pela prática médico-legal;
- l) Apresentar de forma clara, ao sistema de justiça, o resultado das perícias efectuadas, através de relatórios médico-legais objectivos e bem sistematizados.

Origem da Toxicologia

As substâncias tóxicas têm sido usadas para ataque ou defesa do homem desde sempre. Pesquisas arqueológicas demonstraram conhecimentos de venenos pelos homens primitivos que pintavam as pontas das suas armas com eles para mais facilmente matarem as suas vítimas ou inimigos.

Entre os mais remotos escritos de Toxicologia encontram-se os velhos papiros do Egito. O papiro de Ebers, datado de 1552 a.C., é talvez o melhor conhecido, é uma compilação de muitas invocações e práticas de artes mágicas para expulsar as doenças e regista muitos remédios específicos.

No princípio do século. XVII, o sul de Itália, incluindo a Sicília, estava infestado de perigosos envenenadores que prosperaram durante anos, tendo-se Nápoles tornado o centro de tão nefasto mister. Na altura conhecia-se o arsénio, ouro pimento, antimónio, mercúrio, ouro, cobre e chumbo bem como algumas das suas propriedades.

Os envenenamentos continuaram em muitas partes do mundo durante os séculos XVIII e XIX e actualmente ainda não se está livre de tal horrível prática pois a natureza básica do homem não mudou com os tempos. Antes do séc. XIX não havia métodos científicos de detectar venenos no organismo. Não podiam ser realizadas autópsias nem análises químicas dos órgãos das vítimas.

A investigação científica sistemática de envenenamento foi mal conhecida antes do fim do séc. XVIII e começo do século XIX. Foi então que surgiram rápidos avanços nos domínios da química, fisiologia, patologia e clínica médica. Também a partir desta data a consciencialização de Estado e protecção dos cidadãos não só de criminosos mas também de lesões industriais foi reconhecida na generalidade. O conhecimento das ciências atrás descritas permitiu a detecção dos agentes tóxicos o que permitiu o diagnóstico dos agentes causais quando da suspeita do envenenamento. Da química surgiram os métodos para a análise dos agentes tóxicos e a clínica uniram os sintomas dos doentes aos tecidos agredidos. Compete á clínica médico-legal fornecer os dados importantes para a protecção do público e os adequados procedimentos para a protecção dos trabalhadores da indústria.

É reconhecido que um dos fundadores da Toxicologia moderna foi Mateo J. B. Orfila (1787-1853). Em 1814, publicou o Tratado de Toxicologia, obra de dois volumes que é

hoje reconhecido como um clássico e do qual se fizeram várias edições. Era um experimentador e desenvolveu certo número de testes para a identificação de agentes tóxicos. Uma das mais importantes descobertas de Orfila foi a de que os venenos são absorvidos no estômago e se acumulam nos tecidos. Desenvolveram-se métodos quantitativos para a detecção de substâncias tóxicas, entre eles menciona-se o teste de Marsch para o arsénio (1836), o teste de Reinsch para o arsénio e o mercúrio (1841).

Com o decorrer do tempo, outros métodos e técnicas específicas e delicadas surgiram para a detecção de crimes como a identificação pelas impressões digitais, o exame microscópico de artigos suspeitos e os testes serológicos.

Toxicologia

A toxicologia (do grego Toxikon, arco, flecha) é a ciência que se ocupa dos tóxicos, das suas propriedades, do seu modo de acção, da sua pesquisa e dos processos que permitem combater a sua acção nociva ou seja tem como principal objectivo a identificação e quantificação dos efeitos adversos associados com a exposição a determinados agentes.

A toxicologia apoia-se por isso em três elementos básicos, o agente químico, o sistema biológico e o efeito resultante. Será necessário, também a existência de um meio adequado, através do qual o sistema biológico e o agente químico passam a interagir.

Importa fazer a distinção entre tóxico e veneno. Tóxico é considerado, toda a substância que é ministrada em doses adequadas e que se torna útil para o organismo e que em doses excessivas ou efeito cumulativo provoca perturbações funcionais ou alterações orgânicas, podendo levar inclusive á morte.

Existe um vasto leque de substâncias tóxicas como sendo drogas, pesticidas, aditivos alimentares poluentes ambientais, químicos industriais, toxinas naturais e venenos caseiros.

No que concerne á definição de veneno é toda a substância estranha ao organismo e inadequada á manutenção do mesmo e que o mesmo em pequenas quantidades produz efeito nocivo á saúde.

Importância da Toxicologia

A toxicologia forense insere-se no âmbito da toxicologia analítica, tendo por conseguinte, como principal objectivo, a detecção e quantificação de substâncias tóxicas. Contudo, a actividade do toxicologista forense aplica-se a situações com questões judiciais subjacentes para as quais importa reconhecer, identificar e quantificar o risco relativo da exposição humana a agentes tóxicos. Como tal aproveita conhecimentos alcançados em praticamente todas as áreas da toxicologia moderna. [40]

Até ao século XX, a toxicologia forense limitava-se a estabelecer a origem tóxica de um determinado crime; o “toxicologista” actuava directamente no cadáver com a mera intenção da pesquisa e identificação do tóxico. Actualmente o campo de acção desta ciência é mais vasto, estendendo-se desde as perícias no vivo e no cadáver até circunstâncias de saúde pública, tais como aspectos da investigação a nível da actividade laboral ou do meio ambiente. No caso das pessoas vivas estes exames têm sobretudo a ver com perícias toxicológicas para rastreio e confirmação de drogas de abuso no âmbito dos exames periciais ou médicos para caracterização do estado de toxicodependência (Decreto-Lei nº 15/93, de 22/01) e com o regime legal da fiscalização do uso de substâncias psicoactivas nos utilizadores da via pública (Decreto - Lei nº 265-A/2001, de 28/09; Decreto-Lei nº 2/98, de 3/01; Decreto Reg. nº 24/98, de 30/10; Portaria nº 1006/98, de 30/11). Neste último caso a participação do INML compreende, além dos procedimentos para garantia de cadeia de custódia de produtos e amostras, os exames de quantificação de álcool etílico no sangue, e o rastreio e confirmação da presença das substâncias legalmente consideradas estupefacientes e psicotrópicas na urina e no sangue, respectivamente. Os exames no vivo têm como objectivo a avaliação da intoxicação como circunstância qualificadora de delito, como causa de perigosidade ou de inimputabilidade. [40]

Assim a Toxicologia Forense tem uma reconhecida importância na medida em que serve para o esclarecimento de questões Judiciais relacionadas com intoxicações, estudando os aspectos médicos – legais, procura estabelecer a causa de morte em intoxicações e envenenamentos. [40]

A definição do conceito de tóxico é muito difícil, uma vez que qualquer substância, mesmo aquelas que fazem parte essencial dos organismos vivos, pode ser lesiva ou produzir transtornos no equilíbrio biológico. Nesta medida, todas as substâncias seriam tóxicas, incluindo aquelas que à partida, são habitualmente assumidas como alimentos

ou medicamentos. Paracelso (1493-1541) disse uma vez “Todas as substâncias são venenosas, não há nenhuma que não seja um veneno. A dose certa diferencia um veneno de um remédio.” São vários os critérios pelos quais os tóxicos podem ser classificados. Para melhor sistematização, em toxicologia analítica classificam-se os tóxicos de acordo com os métodos extractivos adequados ao isolamento do analítico. Assim consideram-se sete grupos de tóxicos, a saber: gases; substâncias voláteis; substâncias orgânicas termolábeis; metais ou metalóides; pesticidas; aniões; outras substâncias mais específicas.

Divisões da Toxicologia

A Toxicologia é no sentido lato, o estudo dos venenos. Trata do estudo de acção de elementos tóxicos que levam a intoxicação e envenenamento. Dedica-se as propriedades químicas e físicas das substâncias tóxicas e dos seus efeitos fisiológicos no organismo vivo aos métodos qualitativos e quantitativos de análise de materiais biológicos e não biológicos e ao desenvolvimento de formas de actuação no tratamento dos envenenamentos. [40]

A toxicologia divide-se em 4 grupos: a toxicologia clínica que estudando os sintomas e sinais clínicos visa diagnosticar os envenenamentos orientando para a terapia; a toxicologia profiláctica, que através do estudo da poluição da água, terra, ar e alimentos, tem como objectivo principal manter e aumentar a segurança para a sobrevivência e saúde humana; toxicologia profissional que estuda as condições do ambiente de trabalho zelando por um ambiente de salubridade evitando doenças profissionais; e por último a toxicologia analítica, que se centra na análise e compreensão dos processos dinâmicos de absorção, distribuição, metabolização e excreção dos tóxicos. [40]

A toxicologia pode subdividir-se em toxicologia ambiental na qual o seu estudo incide sobre o ambiente analisando as suas condições na qual as actividades humanas causaram mudanças.

Toxicologia Alimentar que pretende o estudo e o conhecimento de substâncias tóxicas presentes nos alimentos de forma a estabelecer normas de entre a sua ingestão a níveis que causem riscos para a saúde. Toxicologia dos Medicamentos, esta pretende o estudo do uso e abuso indevido de medicamentos. Toxicologia Ocupacional preocupa-se com a identificação e o estudo do mecanismo de acção dos agentes químicos industriais bem como o tratamento e prevenção dos seus efeitos. Toxicologia Social, que pretende obter

o estudo dos efeitos nocivos provenientes do uso de fármacos ou de drogas sem receita médica, prejudicando o próprio ou a sociedade. Toxicologia Experimental debruça-se sobre os mecanismos de acção dos tóxicos nos sistemas biológicos com efeito elucidativo, avaliando os efeitos de correntes dessa acção. [40]

A avaliação da toxicidade segue as normas estabelecidas quer pelos órgãos nacionais, como pelos internacionais aplicados em diferentes espécies animais.

Vias de Penetração dos Tóxicos no Organismo

Regra geral, a penetração dos tóxicos no organismo ocorre por via digestiva, via percutânea ou via respiratória. Também pode ocorrer penetração destes agentes por mais de uma via simultaneamente. [15]

A via respiratória é a mais comum a nível de penetração de tóxicos presentes nos locais de trabalho. Os efeitos nocivos tanto se podem fazer sentir ao nível das vias respiratórias, como se podem repercutir noutras regiões do organismo. [15]

Através do sistema respiratório entram no organismo partículas sólidas ou líquidas, em suspensão no ar. O mesmo se passa com os gases e vapores existentes no ambiente de trabalho. Os perigos de inalação são tanto maiores quanto mais elevada for a temperatura. [15]

Intoxicações pelo aparelho respiratório podem ser provocadas por poeiras (ex.: sílica pura cristalina), fibras (ex.: amianto), fumos (ex.: chumbo), aerossóis (ex.: insecticidas), neblinas (ex.: açúcares), gases (ex.: cloro) e/ou vapores (ex.: mercúrio). [15]

Nem todas as partículas atingem o interior do aparelho respiratório, assim como os níveis atingidos por estas são diferentes. Isto porque o sistema respiratório tem defesas, resultantes da adaptação ao longo da evolução humana, protegendo-o de uma parte das partículas nocivas para a saúde. A eficácia das defesas naturais está directamente relacionada com a dimensão das partículas. [15]

As partículas com 10-15 μ de diâmetro ficam retidas, mecanicamente, nas vias respiratórias superiores, através dos cílios vibráteis e do muco nasal, exercendo um efeito local, que pode ser nocivo, mas dificilmente tóxico. As partículas respiráveis (com diâmetro inferior a 10 μ) penetram pelas ramificações mais finas da árvore brônquica, atingindo os alvéolos pulmonares provocando lesões muito graves e pondo mesmo em risco a vida. [15]

A pele tem, essencialmente, um papel de protecção contra os diferentes agentes agressivos (físicos, químicos e biológicos). No entanto, os poros, as glândulas sebáceas e as glândulas sudoríferas funcionam como portas de entrada naturais. Por sua vez, a sudação facilita a penetração dos tóxicos na pele. Também as alterações da pele (descamações, ferimentos, etc.) facilitam a entrada de tóxicos. Estas alterações,

nomeadamente na pele das mãos de trabalhadores, são consequência não só da utilização de ferramentas ou equipamentos agressivos, mas também de substâncias tóxicas com as quais contactam. A absorção por feridas ou queimaduras profundas é particularmente rápida, por ausência da barreira derme epiderme e por haver um aumento das trocas sanguíneas. [15]

A afinidade de alguns agentes tóxicos (lipossolúveis) com os lípidos cutâneos (dissolvendo-se na gordura que normalmente lubrifica a pele) permite-lhes ultrapassar a barreira da pele e alcançar ao nível da derme a circulação geral. O tetra-etilchumbo é um exemplo de uma substância com entrada no organismo por via percutânea. [15]

O contacto de tóxicos com as mucosas, devido à sua elevada vascularização, é ainda mais perigoso do que com a pele. As mucosas dos olhos reagem energicamente com certos tóxicos, assim como a mucosa faríngea, sobretudo se está inflamada. [15]

Uma outra via importante de penetração dos tóxicos é a via digestiva uma vez que pode ocorrer absorção, devido à manipulação incorrecta de produtos tóxicos (contaminação das mãos, boca, olhos), à ingestão de alimentos erradamente guardados em locais de trabalho contaminados, à deficiente higiene corporal, nomeadamente das mãos, após trabalhos relacionados com produtos tóxicos e fumar ou guardar tabaco nos locais contaminados. [15]

A ingestão de substâncias tóxicas permite a passagem das mesmas para a corrente sanguínea (ao nível da boca, do estômago e do intestino); podendo a absorção dessas substâncias, com a passagem para a circulação sanguínea, pode provocar lesões graves em órgãos afastados (rins, fígado, etc.). [15]

O processo de absorção por via digestiva pode ser mais ou menos rápido e, em certos casos, diferentes acções podem intervir para diminuir a toxicidade duma substância; é o que acontece com a absorção de certos tóxicos juntamente com os alimentos, com a formação de compostos insolúveis, com o aparecimento de vômitos e/ou de diarreias ocasionados por irritação da mucosa digestiva. A intervenção do fígado, transformando uma parte das substâncias antes da passagem destas para a corrente sanguínea, pode fazer diminuir a toxicidade das mesmas. [15]

Doenças Profissionais

Breve Referência no Tempo

A medicina do trabalho não é considerada um novo ramo da medicina, uma vez que já Hipócrates (460-377 a.C.) uma referência na história da medicina, alertou para os efeitos nocivos que a expansão dos vapores dos chumbo tinham sobre a saúde dos mineiros e dos operários que o manuseavam. [15] Plínio (23-79 d.C.) na sua história natural, faz referência ao uso de bexigas de animais por parte dos trabalhadores das refinarias tendo como objectivo evitar a inalação do pó do metal. Só a partir do século XV é que começaram a existir progressos significativos no campo da medicina do trabalho. [15] Em 1473 Ellenberg depois de reconhecer a perigosidade dos vapores de certos metais e de descrever os sintomas de intoxicação por chumbo sugere o uso de máscara e de luvas. Paracelso (1493-1541) publicou um tratado de doenças profissionais no qual descrevia as várias enfermidades provocadas nos mineiros que manuseavam estes metais.

Ramazzini (1633-1714), com a publicação da célebre “De Morbis Artificum Liber”, onde escreve uma série de trabalhos com perigos a eles inerentes, através da sua observação insistindo e recomendando que as medidas para combater as doenças profissionais tinham um carácter preventivo e não terapêutico, levando a exacta valoração do papel patogénico do trabalho. [15]

Após a revolução industrial aparece um novo ramo da toxicologia, ligado às intoxicações profissionais abrangendo o manuseamento de tóxicos, desde a indústria extractiva passando pela transformadora até a fase final que inclui a manipulação e utilização destes produtos.

Cada vez mais a medicina actual adquire um carácter social principalmente na protecção e prevenção da importância do trabalho como proveniência de doenças e acidente que ameaçam a saúde dos trabalhadores.

A medicina do trabalho pode ser definida como “ a ciência que tende a olhar pela segurança do homem e a sua finalidade consiste em melhorar as condições de trabalho, vigiar a saúde dos trabalhadores, protege-los contra perigos de produção, melhorar o seu

rendimento, colocá-los num ponto adequado e levar a cabo a redução e adaptação no caso em que seja necessário”

Encara-se como doença profissional aquela que tem origem no exercício do trabalho, em que os mesmos sintomas sejam observados nos outros trabalhadores que exercem a mesma profissão, em que se possa demonstrar com clareza a causa produtiva da síndrome clínica e que haja possibilidade de reproduzir experimentalmente a doença.

Pode-se referir que dentro da medicina do trabalho á lugar a existência da medicina legal, laboral, que visa a junção dos conhecimentos médicos ou legais auxiliando a justiça quer seja um problema laboral ou social desde que este se torne um problema de base médico-biológico.

Legislação

Organização Médico-legal

A existência de políticas sociais pode ser considerada como um fenómeno associado á constituição da sociedade. A união europeia pretende tornar a Europa mais competitiva e por conseguinte desenvolve-la ao nível do crescimento económico, e da sua competitividade, promovendo a qualidade de vida, justiça e equidade social. Assim é emergente a optimização e performance de cada trabalhador e de todos os recursos físicos e humanos.

Ter boas condições de trabalho privilegiar a segurança, higiene e saúde dos seus trabalhadores evitando doenças profissionais ou acidentes de trabalho deverá ser um objectivo e incentivo as empresas.

A Toxicologia Forense é uma manifestação clara de como a ciência e a legislação se podem sobrepor. Esta é parte integrante da Medicina Legal evoluindo também ao longo dos anos.

Tal como a Medicina Legal evoluiu a Toxicologia e a actividade do toxicologista forense também. Este, deixa de exercer não só as suas funções nos cadáveres com o intuito de estabelecer a ligação a um determinado crime, mas também no vivo, com questões judiciais subjacentes.

A medicina do trabalho do trabalho tende a prevenção da saúde dos trabalhadores, melhorando as condições da sua actividade, corrigindo as consequências da mesma que lhe são prejudiciais. O artigo do Código de Trabalho, nas alíneas 1,2,3 faz referência as competências da Clínica Médico-Legal e da peritagem no âmbito do Direito do Trabalho.

Doença Profissional, é considerada aquela que resulta directamente das condições de trabalho e que consta da lista de doenças profissionais (Decreto regulamentar nº 76/2007 de 17 de Junho), causando incapacidade para o exercício da actividade ou morte. Consideram-se ainda todas aquelas que o doente prove serem consequência da actividade exercida e não resultam de factores normais de desgaste do organismo.

A definição Acidente de Trabalho, está impressa no Decreto-Lei nº 99/2003 de 27 de Agosto, nos artigos 281 a 301, que define como sendo um acontecimento/acidente, de

forma accidental sofrido pelo trabalhador que se encontre no local e horário de trabalho, considerando o trajecto de ida e volta para o trabalho, na realização de serviço espontaneamente prestados resultado ganho para a entidade empregadora. No local de trabalho quando no exercício de representação dos trabalhadores, reuniões e actividades indicadas pela entidade empregadora fora do local de trabalho.

A Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) é um serviço do Estado, responsável pela promoção da melhoria das condições de trabalho através do controlo do cumprimento do normativo laboral, pelas políticas de prevenção dos riscos profissionais no âmbito das relações laborais privadas e pela promoção da segurança e saúde no trabalho em todos os sectores de actividade públicos ou privados.

A prevenção e reparação de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais referidas no Código do Trabalho no capítulo IV, nos sete pontos do artigo 281, refere os princípios gerais em matéria de segurança e saúde no trabalho, no artigo 282, refere que informar, consultar e assegurar a formação adequada aos seus trabalhadores é uma questão de obrigatoriedade por parte da entidade empregadora. O artigo 283 do mesmo capítulo, refere as doenças profissionais e remete-nos para uma lista publicada no Diário da República. A lei nº 98/2009 de 4 de Setembro, aprovada pela lei nº 7/2009, de 12 de Fevereiro, regulamenta o regime de reparação de acidentes de trabalho e de doenças profissionais incluindo a reabilitação e reintegração profissionais, nos termos do artigo 284 do Código do Trabalho.

Tabela Nacional de Incapacidades (TNI)

A Tabela Nacional de Incapacidades foi legislada pela primeira vez em Portugal pelo Decreto – Lei nº 341/93. Esta sempre teve como objectivo facilitar a avaliação de lesões físicas ou psicológicas nos trabalhadores como resultado da sua ocupação. A Tabela Nacional de Incapacidades (TNI) tem por objectivo fornecer as bases de avaliação do prejuízo funcional sofrido em consequência de acidente de trabalho e doença profissional, com perda de capacidade de ganho, tal como consta no Decreto-Lei n.º 352/2007, DR n.º 204, Série I de 2007-10-23.

Este decreto foi revogado pelo Decreto – Lei nº 352/ 2007 de 23 de Outubro, com o objectivo de travar o uso incorrecto da TNI. Neste foram ajustadas as percentagens de incapacidade aplicáveis em determinadas patologias, considerando a dinâmica do panorama médico-legal nacional e o estabelecido noutros países europeus.

Neste diploma foram publicadas duas tabelas de avaliação de incapacidades, uma destinada a proteger os trabalhadores no domínio particular da sua actividade, portanto no âmbito do direito laboral (Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais, revista e actualizada), e outra direccionada para a reparação do dano em direito civil (Tabela Nacional para a Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil). (Decreto-Lei n.º 352/2007, DR n.º 204, Série I de 2007-10-23)

No direito laboral, está em causa a avaliação da incapacidade de trabalho que resultou de acidente de trabalho ou doença profissional que originou perda de capacidade, enquanto no âmbito do direito civil, e face ao princípio da reparação integral do dano nele vigente, se deve valorizar percentualmente a incapacidade permanente em geral, ou seja, a incapacidade para os actos e gestos correntes do dia a dia, assinalando depois e suplementarmente o seu reflexo na actividade profissional específica do examinando. Isto permitiu a criação de um instrumento adequado de avaliação neste domínio específico do direito, destinada a avaliação e pontuação das incapacidades resultantes das alterações na integridade psico-física. Neste anexo encontram-se as grandes incapacidades, estabelecendo-se as taxas para as sequelas dos diferentes sistemas, aparelhos e órgãos, avaliam-se as situações não descritas por comparação com as situações clínicas descritas e quantificadas.

A TNI actualmente em vigor para o direito civil destina-se a ser utilizada exclusivamente por médicos especialistas em medicina legal ou médicos especialistas noutras áreas com competência específica na avaliação do dano corporal.

Nesta sequência pode dizer-se que o referido decreto, ajudou a contribuir para uma maior e melhor avaliação da incapacidade considerando o sinistrado num todo físico e psíquico, deixando de o considerar apenas pela função exercida.

Chumbo, Arsénio e Mercúrio na legislação portuguesa

Relativamente aos metais pesados em estudo neste trabalho, na legislação portuguesa o Decreto – Lei nº 274/89 de 21 de Agosto estabelece diversas medidas de protecção da saúde dos trabalhadores contra os riscos de exposição ao chumbo (transpõe a Directiva nº 82/605/CE de 28 de Julho).

Estabelece também que o Valor Limite de Concentração de chumbo no ar no local de trabalho é de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, referido a 8 horas diárias e 40 horas por semana.

O Valor Limite Biológico, ou a concentração de chumbo no sangue está fixado em 70 µg deste metal por 100 ml de sangue.

O Decreto – Lei nº 351/ 2007 de 23 de Outubro transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Dezembro, estabelecendo valores alvo para as concentrações de arsénio e mercúrio no ar ambiente.

Para o arsénio o valor alvo é de 6µg/m³, para o teor total da fracção PM₁₀ (partículas susceptíveis de passar através de uma tomada de amostra selectiva, com 50 % de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 10 µm), calculada como média durante um ano civil.

Os limiares de avaliação da concentração de arsénio no ar ambiente numa zona ou aglomeração são:

Limiar superior de avaliação em percentagem do valor-alvo: 60 % (3,6 µg/m³)

Limiar inferior de avaliação em percentagem do valor-alvo: 40 % (2,4 µg/m³)

O Decreto – Lei nº 162/ 2009 de 21 de Agosto indica que as emissões gasosas gerais de mercúrio não deve ultrapassar os 0,2 mg/N m³.

Acção dos Metais Pesados no Desenvolvimento Infantil

Introdução

A poluição ambiental dos países industrializados por metais pesados como chumbo, mercúrio e o metaloide arsénio é largamente a consequência das antigas emissões de partículas pelas indústrias não ferrosas.

Apesar das medidas restritivas e dos controlos colocados durante as ultimas décadas, estabelecendo níveis admissíveis, continuamos a encontrar estes poluentes nos solos e sedimentos e também na cadeia alimentar, com a consequente exposição ambiental crónica das populações que vivem nessas áreas.

A contaminação natural com arsénio geológico ou factores relacionados com o estilo de vida, como mercúrio inorgânico em amálgamas dentárias pode contribuir para aumentar o risco da exposição humana a estes tóxicos.

Existem poucos dados relativos aos efeitos nocivos destes agentes sobre as crianças, facto da maior preocupação pois estas absorvem os metais mais rapidamente que os adultos e são particularmente sensíveis por razões biológicas e do seu desenvolvimento.

Os efeitos neurotóxicos dos metais pesados estão muito bem documentados, principalmente para o mercúrio e chumbo, com numerosas descrições de alterações neurocomportamentais depois de exposições ocupacionais e efeitos no desenvolvimento de crianças expostas antes ou após o seu nascimento. [8]

No entanto, estudos experimentais sugerem que o arsénio também interfere com o sistema nervoso central e que estes três metais influenciam o sistema dopaminérgico de diferentes maneiras. [8]

As crianças actualmente estão expostas a diferentes substâncias poluentes, dispersas no ambiente, muitas delas desenvolvidas após a II Guerra Mundial. A vulnerabilidade das crianças, à exposição a substâncias químicas, tem as seguintes justificações:

As vias metabólicas, nos primeiros anos de vida, são imaturas, apresentando dificuldades na metabolização e excreção de poluentes, que muito frequentemente se acumulam.

As crianças, em fase de crescimento, podem sofrer processos disruptivos, por acção de drogas, comprometendo um desenvolvimento equilibrado e podendo desenvolver processos patológicos e doenças crónicas.

As crianças, comparativamente com o adulto, respiram mais ar/kg de peso, bebem mais água e mais leite, e podem apresentar comportamentos mão-boca, que facilitam a exposição através dos alimentos, água e ar.

Neste trabalho pretende-se obter um conhecimento mais aprofundado da exposição infantil ao chumbo, mercúrio e arsénio.

O Chumbo no Desenvolvimento Bio-Psico-Social Infantil

O chumbo é um metal pesado amplamente utilizado pelo homem. A exposição ocupacional e ambiental têm sido intensivamente estudadas, uma vez que intoxicações graves podem resultar em sequelas importantes, se cuidados especiais não forem tomados. Estudos indicam que os efeitos do chumbo são os mesmos tanto para a população em geral como para a população exposta.

A exposição a este metal é especialmente comum nos países utilizadores de gasolina com chumbo. Este é um elemento estranho ao organismo humano, comportando-se por isso como um tóxico particularmente nocivo para o Sistema Nervoso Central. Além disso, Moreira e Moreira (2004) alertam para o facto de todos os sistemas enzimáticos serem susceptíveis aos metais pesados. [34]

Porém, é importante fazer a distinção entre adultos e crianças, uma vez que a susceptibilidade ao metal é diferente entre esses dois grupos. A *Centers for Disease Control and Prevention*, considera que níveis de plumbémia superiores a 10µg/dl, estão associados a défices intelectuais nas crianças, assim como a faltas de atenção, problemas na construção do discurso, e risco acrescido de comportamentos aberrantes. Pode também haver danos no fígado e nos rins, sendo no entanto estas lesões mais frequentes em adultos expostos ocupacionalmente do que em crianças.

A extensão e gravidade dos sintomas dependem directamente, dos valores de plumbémia e o tempo de exposição. David Bellinger afirma nos seus estudos que,

mesmo quantidades relativamente pequenas de chumbo, podem causar deterioração permanente da inteligência em crianças, resultando em prejuízos académicos e distúrbios psicológicos, uma vez que ao actuar sobre o sistema nervoso, o metal pode bloquear ou dificultar a transmissão nervosa, podendo haver perda de memória e dificuldade de concentração. As crianças são por isso especialmente vulneráveis aos efeitos do chumbo.

O meio ambiente tem um papel importante no desenvolvimento da criança acelerando-o ou retardando-o. A contaminação do chumbo pode ser uma variável ambiental prejudicial ao desenvolvimento adequado da criança, uma vez que actua negativamente sobre as enzimas, hormonas, entre outras.

O comportamento é determinado por uma série de factores, entre eles factores internos, como a maturação e a hereditariedade, e externos, como o ambiente que o cerca, e seus diversos componentes, e suas experiências com este. Uma avaliação do desenvolvimento infantil, para ser adequada, deve levar em conta as condições ambientais e de oportunidade a que estão expostas as crianças. [6]

A industrialização, a par do progresso das regiões onde se instala, concentra também problemas decorrentes da poluição atmosférica, aquática e dos solos, que podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas nas populações a eles expostas. [37]

As crianças podem estar expostas a poluentes do ar contaminado, água, solo e alimentos. Um exemplo de um poluente persistente emitido para a atmosfera, cuja exposição pode ocorrer sob outra via, é o mercúrio, um neurotóxico do desenvolvimento.

Emissões industriais, em particular das centrais eléctricas com produção através de carvão, são as principais fontes de emissão de mercúrio para o ambiente. Apesar dos níveis de mercúrio no ar não serem perigosos, este pode-se depositar no solo e na superfície da água e entrar na cadeia alimentar especialmente através dos peixes.

Em 1992, Mayan e colaboradores, desenvolveram um estudo no Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge, com o objectivo de avaliar a exposição ao chumbo na criança em idade escolar. O objectivo principal consistia na avaliação do Quociente Geral de Desenvolvimento das crianças comparando duas amostras. Um grupo de crianças expostas a diferentes níveis de chumbo e outras sem esse factor negativo. As conclusões apontam, para Quocientes de Desenvolvimento mais baixos, nas crianças cujos valores de plumbémia se apresentavam mais elevados. Esta diferença foi considerada como

estatisticamente significativa. O estudo aponta também, para a eventualidade da presença de factores de confusão, nomeadamente o mau ambiente familiar, o alcoolismo, carências nutricionais e mesmo a toxicodependência dos pais.

As crianças com estômago vazio absorvem mais chumbo do que crianças alimentadas o que se encontra em crianças de agregados familiares com carências financeiras. Dietas ricas em cálcio e ferro podem reduzir a quantidade de chumbo que a criança absorve. Não foram registadas diferenças significativas entre os dois sexos, respeitantes aos níveis de plumbémia. [32]

Outros estudos como os desenvolvidos por Mayan et al, 1992,1994,1998,e 2001; Marques et al 1995; Sibergel O., 1997;Markowitz et al 1999;McMichael et al, 1998, relacionam valores elevados de plumbémia em crianças, com lesões do SNC (Sistema Nervoso Central) ou com atrasos de desenvolvimento.

A vigilância ocasional dos níveis de plumbémia, não devia ser ignorada, pois para além da idade poderão estar também relacionados factores próprios da habitação ou da sua área envolvente (lixeiros próximas, habitação degradada, água de abastecimento proveniente de poços inquinados). [44]

Fontes de Exposição ao Chumbo

Há várias fontes de produção e de exposição ao chumbo, de entre as quais destacamos:

1) Tintas com chumbo, cristais com alto teor de chumbo, pó e solos

Durante muitos anos, as tintas para utilização doméstica, contendo chumbo na sua constituição, contribuíram para casos de plumbémia essencialmente em crianças.

Actualmente, ainda existe o risco de intoxicação, na manipulação e ingestão, de pedaços de tinta com chumbo em crianças jovens, sobretudo em zonas residenciais degradadas.

Nos escalões etários mais baixos, a ingestão compulsiva de produtos não alimentares é uma das principais causas de plumbémia. Este comportamento tem como característica a ingestão de terra, manipulação de brinquedos conspurcados ou ingestão de lascas de tinta, cuja composição inclui o chumbo. Estas, de sabor adocicado, pela presença de cromato de chumbo, são um perigo real para as crianças. O quadro clínico é insidioso, de difícil diagnóstico, e prognóstico muitas vezes reservado.

As crianças que desenvolvem encefalopatias devido a concentrações de chumbo no sangue de mais de 100 µg/dl frequentemente apresentam resíduos visíveis de tinta aos raios X realizados ao abdómen. No entanto, as crianças que habitam em casas sem pinturas deterioradas, podem alcançar níveis sanguíneos de chumbo de 20 µg/dl ou mais, mesmo sem mascar lascas de tinta.

O pó e o solo são os locais finais de depósito de chumbo existente no ar, derivados da gasolina e pó das tintas. O chumbo no pó e no solo contaminam casas limpas e contribuem para o aumento das concentrações de chumbo no sangue das crianças que brincam nos solos contaminados.

2) Exposição trasplacentar e no leite materno

A exposição ao chumbo pode começar ainda no útero, caso a mãe tenha este metal no seu organismo, uma vez que este atravessa a barreira placentária, e pode aumentar após o nascimento, através de inúmeras fontes. A mulher grávida faz parte de um dos principais grupos de risco. Os efeitos do tóxico manifestam-se de forma evidente e dramática, traduzindo-se por abortos de repetição, partos prematuros e recém-nascidos de baixo peso.

Em 1992, Mayan e colaboradores, realizaram um trabalho no Instituto Nacional de Saúde Pública Dr. Ricardo Jorge, com o objectivo de avaliar a exposição a chumbo do recém-nascido. Este estudo concluiu, que os valores mais elevados de plumbémia surgiram nas mulheres residentes nas áreas urbanas; e os teores de chumbo, encontrados na mãe e no feto, apresentavam uma relação linear. [32]

O estudo salienta a importância da vigilância da mulher grávida, enquanto trabalhadora industrial, numa perspectiva de exposição profissional.

A fonte de chumbo no sangue das crianças parece ser uma mistura de aproximadamente dois terços proveniente da dieta da mãe e um terço do que está armazenado no esqueleto. Apesar de o chumbo surgir no leite humano, a sua concentração é aproximada à do plasma e muito menor do que a do sangue, por isso muito pouco é transferido. Como os suplementos alimentares para os bebés também contêm chumbo, as mulheres que amamentam e que têm na sua corrente sanguínea chumbo, expõem menos os seus filhos deste modo do que não amamentando.

3) Outras Fontes

Outro risco actual de plumbémia consiste na inalação de vapores durante a reparação de baterias, ou na inalação de vapores de gasolina em adolescentes.

Os pais que trabalham em indústrias relacionadas com chumbo podem transportar vestígios deste metal nas suas roupas para casa, podendo expor as suas crianças desta forma.

É comum pensar-se que em construções após 1978, não existe o perigo de intoxicações em crianças com chumbo, pois as tintas e as canalizações já não deveriam ter na sua composição este material. No entanto, de acordo com a *Centers for Disease Control and Prevention*, este metal pode encontrar-se em algumas torneiras metálicas, em canalizações interiores ou nas ligações entre as casas e os esgotos na rua. Mesmo que as casas não tenham canos de chumbo, este pode ser encontrado nas soldas dos canos de cobre.

De acordo com a agência de protecção ambiental dos EUA, as habitações mais recentes também podem estar em risco, pois as canalizações podem conter até 8% de chumbo. O chumbo na água pode contribuir para níveis elevados de chumbo no sangue das crianças.

Toxicidade do Chumbo – Efeitos Subclínicos

Outros aspectos funcionais do cérebro e dos nervos, especialmente o comportamento, também podem ser afectados pela acção do chumbo. Professores americanos relataram que estudantes com níveis elevados de chumbo nos dentes eram mais desatentos, hiperactivos, desorganizados e menos capazes de seguir as indicações dadas nas aulas [12]. Algumas dessas crianças continuaram a ser vigiadas, tendo mostrado grandes dificuldades em terminar o liceu, problemas de leitura e um grande número de absentismo no final do ano escolar.

Concentrações elevadas de chumbo nos ossos estão associadas a disfunções na capacidade de atenção, agressão e delinquência. Em crianças seguidas desde a infância com medidas de chumbo no sangue, foram observados comportamentos delinquentes entre os 15 – 17 anos mais graves nos casos que houve exposição ao chumbo desde o útero materno, e que foi encontrado chumbo nos ossos. Estes dados implicam que os efeitos da exposição ao chumbo podem ser de longa duração ou mesmo permanentes.

O chumbo entra directamente no organismo pela oro faringe, misturado com a ingestão de alimentos, água contaminada ou de produtos não alimentares.

O diagnóstico na ausência de encefalopatia é difícil, em virtude dos sinais referenciados pela família serem muitas vezes vagos, e a criança ter dificuldades em qualificar queixas. É referida a hiperactividade, a falta de atenção, alterações comportamentais, ou cólicas abdominais difusas como sintomas do envenenamento. Também o sistema hematopoiético pode revelar alterações, que se traduzem em anemia. Como resultado da absorção excessiva de chumbo, o sistema vascular periférico, sofre uma intensa constrição, afectando o sangue e os tecidos hematopoiéticos (medula óssea). O chumbo diminui o tempo de vida dos eritrócitos e perturba a síntese da hemoglobina, levando a um padrão clínico de anemia. [17]

Há um aumento da produção de eritrócitos imaturos (reticulócitos) e de hemácias basófilas, mecanismo pelo qual o organismo tenta evitar carências.

Por outro lado, o chumbo actua ao nível das porfírinas e da absorção do Fe^{++} (protoporfirina IX), aumentando os teores circulantes, em ferro no soro. Nas intoxicações crónicas, de acumulação insidiosa e progressiva, estabelece-se um quadro de anemia refractária, isto é, mesmo existindo, teores elevados de ferro sérico, este não entra na síntese do heme, por carência da enzima ferroquelatase. [17]

O *Center for Disease Control and Prevention* (CDC), propõe uma classificação, baseada nos teores de chumbo no sangue. Esta classificação serve de orientação no estabelecimento de prioridades, no tratamento e na vigilância médica de crianças com plumbémia.

Tabela 1 - Acção Recomendada para cada Nivel de plumbémia [17]

Níveis de plumbémia (µg/dl)	Acção Recomendada
≤10	Sem actuação imediata
10-14	Vigilância da comunidade
15-19	Educação sobre exposição ao Pb
20-24	Exames médicos
25-54	Teste EDTA (Edetato de cálcio dissódico)
	Se + (25-44) – EDTA
	Se + (45-54) – EDTA ou DMSA (Succimer)
	55-69 Tratamento c/ EDTA ou DMSA
≥70	Hospitalização de urgência
	Tratamento c/ BAL (Dimercaprol) e EDTA

Esta tabela mostra que a intoxicação por chumbo se avalia pelos teores do metal no sangue (plumbémia). Os primeiros sinais manifestam-se a partir de concentrações 35-50µg/dl na criança e de 40-60µg/dl no adulto. Concentrações superiores a 70µg/dl, representam grave toxicidade, levando rapidamente à falência de órgãos e de sistemas.

As crianças precisam de ser vigiadas para evitar o envenenamento com chumbo se estiverem sujeitas a um dos seguintes factores de risco:

- Viver ou visitar frequentemente uma casa construída antes de 1950.
- Viver ou visitar frequentemente uma casa construída antes de 1978 e que está a ser remodelada.
- Ter amigos com níveis elevados de chumbo.
- Pertencer a algum grupo de risco, incluindo viver em pobreza e a receber algum tipo de tratamento.
- Comer ou mascar objectos não comestíveis como lascas de tinta
- Ter familiares que trabalhem ou tenham um hobby que envolva reparações de radiadores, industria de chumbo, reparação de baterias, preparações químicas, soldaduras, construção ou reparação de casas, olaria, fundição de cobre, construção de túneis, pontes ou auto-estradas, equipamento ou maquinaria industrial, reparação automóvel, envernizar mobílias e queima de mobílias pintadas.

- Viver ou brincar numa área com uma fundição nas proximidades ou com um local de despejo de resíduos sólidos, indústria de chumbo, local de reparação de baterias, casa em construção ou próximo de uma sucateira.
- Consumir medicamentos, comprimidos para nutrição ou vitaminas, incluindo suplementos de cálcio.
- Habitar numa casa com canalizações de chumbo
- Mascar frequentemente chaves

Testes de Envenenamento pelo Chumbo

As crianças devem ser vigiadas para prevenir o envenenamento por chumbo a partir dos 6 – 9 meses de idade quando os pais, ou as pessoas que as acompanham, estão sob o risco deste tipo de intoxicação.

As crianças de risco devem fazer o teste de picagem do dedo para retirar uma amostra de sangue ou mesmo fazer uma análise de sangue. Dependendo da quantidade inicial de chumbo no sangue no primeiro teste, as crianças devem repetir a análise de acordo com a classificação da tabela em baixo indicada.

Tabela 2 - Classificação dos níveis de chumbo no sangue. [32]

Nível de Chumbo no Sangue (µg/dl)	Classe	Tempo para se obter o nível em sangue venoso
< 9	I	Não é necessário
10-14	IIA	3 – 4 meses
15-19	IIB	Até 1 mês
20-44	III	Até 1 semana
44-69	IV	Até 48 horas
>69	V	Imediatamente

Existem outros testes que também podem ser executados como hemogramas para se detectarem anemias, Raios X dos ossos das pernas para se encontrarem linhas de chumbo, análises à urina para se verificarem os danos nos rins. Um Raio X do abdómen também pode ser feito para procurar chumbo recentemente ingerido.

Sintomas de Envenenamento pelo Chumbo em Crianças

Como referido no capítulo dedicado ao chumbo, este após ingerido entra na corrente sanguínea e é absorvido e armazenado em muitos tecidos e órgãos no corpo, incluindo fígado, rins, cérebro, dentes e ossos.

Níveis elevados de chumbo podem provocar graves problemas nas crianças. O envenenamento por este metal pode afectar quase todos os sistemas de órgãos do corpo, incluindo:

1. Cérebro e sistema nervoso central, provocando baixos QI's, dores de cabeça, problemas de memória, coordenação reduzida, irritabilidade, hiperactividade, reflexos lentos, vômitos, problemas de aprendizagem, sonolência, fadiga, perda de audição, fraqueza muscular, hipertensão e coma.
2. Sistema Gastrointestinal, provocando constipações, diarreia, dores abdominais, vômitos, perda de apetite e de peso.
3. Sistema sanguíneo, causando anemia.
4. Problemas renais
5. Sistema reprodutor, nascimentos prematuros ou baixo peso à nascença.

Tratamento

O aspecto mais importante da terapia baseia-se no afastamento da criança da fonte de exposição a chumbo. Na maioria dos casos, é a única atitude terapêutica que deve ser tomada. A ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) considera que em crianças, com níveis de plumbémia < a 25µg/dl, a atitude terapêutica deverá ser conservadora, afastando a criança da potencial ou efectiva, fonte de contaminação. Em simultâneo, devem ser ponderadas outras atitudes terapêuticas.

Nos casos de maior gravidade, (valores de plumbémia > a 45µg/dl) torna-se necessária a terapêutica de quelação.

A decisão não é isenta de riscos. As drogas utilizadas na quelação são suficientemente potentes para inactivar o metal existente nas células, podendo em simultâneo lesar as próprias células, causando proteinúria, hematúria, hipercalcémia e febre. Apesar deste tratamento diminuir a concentração de chumbo no sangue, não reverte ou diminui os efeitos comportamentais ou neurofisiológicos provocados por este metal.

A ATSDR, aconselha a administração de BAL (Dimercaprol) e D-penicilamina. Esta terapia é realizada exclusivamente em meio hospitalar.

Em crianças assintomáticas, portadoras de níveis séricos compreendidos entre 10-19 µg/dl, a atitude deverá ser conservadora, sem qualquer tratamento. Nesta situação, devem ser implementadas acções de educação para a saúde, incidindo a formação sobre potenciais fontes de exposição ao chumbo.

Para níveis de plumbémia compreendidos entre 20-45 µg/dl, deve ser realizado o teste de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético). Este teste consiste na administração de uma quantidade deste quelante, durante 30 minutos. Posteriormente procede-se à recolha de urina da criança, durante as 8 horas seguintes. Uma excreção urinária com um ratio > a 0,7 (Pb/EDTA), é considerada positiva. Deverá nesta situação clínica e analítica ser ponderado o tratamento de quelação.

Valores de plumbémia compreendidos entre 45-69 µg/dl equacionam a administração de EDTA por via intravenosa, durante 5 dias. A alternativa ao EDTA, é a administração de DMSA (Ácido Meso-dimercaptosuccinico), por via oral num total de 19 dias.

Qualquer destas formas de tratamento, tem como objectivo baixar a plumbémia a valores < 20 µg/dl.

Prevenção

A educação para a saúde em crianças deverá incidir na prevenção do hábito de ingerir objectos não alimentares, da higiene das mãos e de evitar roer ou morder os brinquedos.

A educação nos adultos deverá centrar-se na importância da substituição das pinturas antigas com pigmentos de chumbo, por outras isentas do metal. Neste sentido, não deverá ser esquecida a importância, da substituição do vestuário utilizado durante o desempenho profissional de algumas actividades mais expostas. (pedreiros, operários fabris, etc).

A educação de populações expostas é fundamental na prevenção da plumbémia. Não são conhecidas outras atitudes terapêuticas preventivas, que não sejam em simultâneo biologicamente agressivas.

Apesar de não existirem evidências especificamente sobre as intervenções nas dietas relativamente à prevenção da absorção do chumbo ou à modulação dos seus efeitos, há dados que comprovam que um consumo adequado de ferro, cálcio e vitamina C é muito importante para estas crianças. Em quantidades correctas o ferro e cálcio podem diminuir a absorção do chumbo, e a vitamina C pode aumentar a excreção renal.

Factores Individuais

Além do tempo de exposição e da idade, já mencionados, a susceptibilidade, a constituição física individual e o estado imunitário individual também são determinantes no aparecimento de sintomas clínicos.

A intoxicação resulta da incapacidade do organismo em metabolizar este metal, com uma intensidade significativa, nos escalões etários mais baixos (crianças em idades pré-escolar e escolar). A sua menor resistência e maturidade imunológica dificultam a metabolização do metal, com consequente acumulação, nos órgãos e sistemas. Qualquer situação clínica banal, mesmo uma gripe, pode constituir um factor de agravamento da intoxicação. Debilitando as defesas do organismo, as situações mórbidas são susceptíveis de mobilizar os depósitos de chumbo que até aí mantiveram silenciosos, nomeadamente no esqueleto. Entrando na corrente sanguínea podem alojar-se em tecidos nobres, tais como os do cérebro ou rim.

O Mercúrio no Desenvolvimento Bio-Psico Social Infantil

O mercúrio em todas as suas formas é tóxico para fetos e para crianças, devendo ser feitos esforços para reduzir a exposição de mulheres grávidas, crianças, assim como de toda a população em geral.

As crianças, estão expostas ao metal, na forma orgânica e na inorgânica. A forma inorgânica produz dermatite, gengivite, estomatite e tremores. A forma orgânica, representada quimicamente pelo metilmercúrio, é uma forma lipossolúvel, que podendo penetrar rapidamente no sistema nervoso central, provoca lesões neurológicas. Esta exposição, cuja via mais vulgar é a digestiva, ocorre através do consumo de peixe contaminado com mercúrio.

O metal, proveniente de complexos industriais utilizadores de mercúrio, deposita-se em áreas lagunares, em rios e no mar, contaminando a cadeia alimentar, desde o peixe

até ao homem. A ATSDR considera que em adultos não expostos os valores sanguíneos do metal, raramente excedem 1,5 µg/dl, e concentrações de metal no sangue $\geq$ a 5µg/dl, são geralmente acompanhados de sinais e de sintomas de toxicidade. [2]

Desde o útero que as crianças podem ser afectadas pelo mercúrio. O feto torna-se vulnerável, à acção do Hg existente no sangue materno, pela capacidade do metal, atravessar as barreiras biológicas, nomeadamente a barreira placentar. Destaca-se nesta característica, o metilmercurio, com afinidade de ligação à hemoglobina fetal, impedindo o processo de desenvolvimento e divisão das células neuronais. Como consequência, a intoxicação do feto por teores elevados de mercúrio, conduz a deficiência mental, ataxia, cegueira, microcefalia e paralisia cerebral.

A contaminação ambiental pelo mercúrio pode ser devida ao trabalho em minas, fundições e descargas industriais. O mercúrio no ar deposita-se na água. As bactérias nos lagos, rios e sedimentos dos oceanos podem converter mercúrio elementar em compostos orgânicos, como o metilmercurio, que se pode acumular no peixe e progredir na cadeia alimentar (fig. 1). Os peixes maiores, predadores e que vivem mais tempo, como o atum e o tubarão, podem ter um teor de metilmercurio mais elevado devido à sua exposição a fontes de mercúrio naturais e industriais. [12]

As crianças são mais vulneráveis aos efeitos adversos da poluição do ar do que os adultos. Calcula-se que 8 % dos alvéolos são formados após o nascimento, e continuam a dar-se alterações nos pulmões durante a adolescência. No primeiro período pós-neonatal, o desenvolvimento pulmonar é altamente susceptível a danos depois da exposição a tóxicos ambientais.

As crianças têm uma maior exposição ao mercúrio ou outros poluentes do ar quando comparado com adultos devido à sua maior frequência ventilatória por minuto e maiores níveis de actividade física, assim como também pelo facto de passarem mais tempo ao ar livre, nas suas brincadeiras.

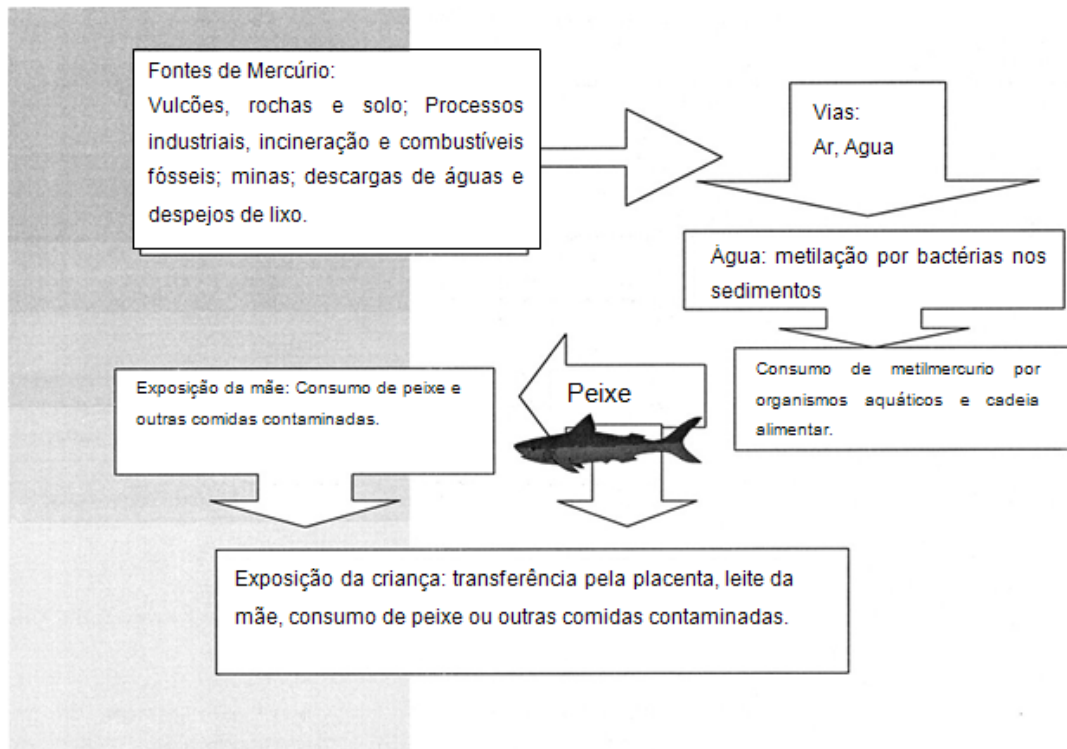


Figura 1 - (Adaptado de Goldman, L. R. et al. Pediatrics 2001; 108:197-205) – Fontes de mercúrio e a sua conversão em compostos de mercúrio orgânico. [12]

Mercúrio Elementar

O mercúrio elementar vaporiza à temperatura ambiente. Quando inalado, este composto passa facilmente através das membranas dos alvéolos pulmonares e entra na corrente sanguínea, onde se distribui principalmente pelos glóbulos vermelhos, sistema nervoso central e rins. Pelo contrário, menos de 0,1% é absorvido pelo tracto gastrointestinal depois da ingestão, desta forma apresenta menos toxicidade quando ingerida. [48]

O mercúrio elementar atravessa a placenta e concentra-se no feto.

Em concentrações elevadas, a inalação de vapor de mercúrio produz bronquite e pneumonias agudas, que podem levar à morte por falha respiratória. Exposições permanentes ao mercúrio podem danificar principalmente o Sistema Nervoso Central. Os primeiros sintomas não específicos incluem perda de memória e de apetite, tremores que podem ser mal diagnosticados, confundindo-se com uma doença psiquiátrica. Outros sinais são a sialorreia, transpiração excessiva e concentração nas hemácias e acumulação nos rins. [48]

As principais fontes de mercúrio elementar são a queima de combustíveis fósseis, em particular carvões sulfúricos, a produção de cloro-alcálinos, trabalhos em minas, incineradoras de lixo, crematórios e vulcões. O mercúrio elementar e inorgânico têm sido utilizados em medicamentos a nível mundial, nomeadamente em vacinas administradas às crianças. [48]

A quantidade de mercúrio num termómetro é usualmente insuficiente para provocar uma exposição clinicamente significativa quando ingerida. No entanto, os vapores podem ser absorvidos; as crianças não devem por isso brincar com mercúrio metálico. Casos esporádicos de acrodinia foram registados em crianças que brincavam em carpetes contaminados com mercúrio metálico.

Compostos de Mercúrio Inorgânico

A mais comum fonte de exposição ao mercúrio inorgânico é a amálgama dentária. Vapor de mercúrio liberta-se durante a preparação e colocação das restaurações, sendo algum inalado. Foi calculado a partir de raros recém nascidos um nível mínimo de 0,02 µg/m³ para exposições agudas através de inalações [12]. Os níveis de mercúrio encontrados durante a autópsia nos tecidos dos fetos e recém-nascidos estavam co-relacionados com o número de amálgamas dentárias existentes nas mães. Apesar de apenas 10% dos sais mercúricos ser absorvido, estes tendem a ser extremamente cáusticos, podendo ser fatais. A ingestão normalmente é inadvertida, mas provoca rapidamente úlceras ou perfurações gastrointestinais e hemorragias, seguido de colapso circulatório. [12]

Acronidia, ou doença cor-de-rosa, é uma intoxicação infantil que se manifesta por inflamação das extremidades, do tórax e do nariz, e que se faz acompanhar de problemas nervosos e circulatórios. Parece ser uma resposta de hipersensibilidade ao mercúrio e foi inicialmente relatada em crianças expostas a calomel (pós dentífricos com cloreto mercuroso) ou a compostos orgânicos de mercúrio como fenilmercurio, utilizados como fungicida na lavagem de fraldas e em crianças expostas a mercúrio nas tintas de interiores de látex. Borbulhas, inchaço e dores nas extremidades (língua, por exemplo), neuropatias periféricas, hipertensão e disfunção renal são sintomas que se desenvolvem nas crianças afectadas.

Davidson (2004) sugere que mesmo os jovens adolescentes podem ser mais susceptíveis do que os adultos e que a recuperação de um episódio de intoxicação por

mercúrio deixa vestígios de distúrbios funcionais detectáveis através de testes psicológicos. [12]

Compostos Orgânicos de Mercúrio

Estes compostos incluem o metilmercúrio, etilmercúrio e fenilmercúrio que foram produzidos como compostos industriais biocidas e pesticidas. Também podem ser encontrados em casa como anti-sépticos: mercurocromo e mertiolato. Existem evidências que o tempo de semi vida do etilmercúrio é mais curto do que o do metilmercúrio.

A fonte de exposição principal ao mercúrio orgânico é o consumo de peixe por mães antes e durante a gestação e por crianças com mais de um ano, através da forma de metilmercúrio. Deve-se ter este facto em atenção, pois a National Research Council (NRC) recomenda que a dose de metilmercúrio não seja superior a 0.1 µg/ kg/ dia. [12]

O conteúdo deste composto nos peixes varia entre as espécies, com o tamanho e o local da pesca. As espécies mais comerciais (atum de conserva, camarão, salmão, bacalhau e caranguejo) contêm um nível de mercúrio de aproximadamente 0,1 µg/g. [12]

Os pais podem reduzir a exposição dos seus filhos a este composto limitando a quantidade do consumo dos peixes referidos anteriormente durante a gravidez, lactação e mesmo nas refeições das crianças.

O etilmercúrio, na forma de timerosal, foi formalmente utilizado como anti-séptico tópico e para preservação de vacinas e outros agentes biológicos para terapia médica. [38]

Até 1999, quando o timerosal foi removido de todas as vacinas que fazem parte da vacinação obrigatória infantil, em cada dose de 0.5 ml de vacina contra o tétano e difteria existia 25 µg de mercúrio. A mesma quantidade era encontrada em vacinas contra o vírus influenza, meningococcus, pneumococcus e rubéola. [38]

Na vacina para a Hepatite B a quantidade reduzia para 12.5 µg de mercúrio por dose. Desta forma, aos 3 meses de idade a criança já podia ter recebido uma dose cumulativa de 75 µg de mercúrio, e aos 6 meses 187.5 µg valores estes que ultrapassam os recomendados internacionalmente (0,1 µg/kg/d).

Estudos desenvolvidos pela CDC em crianças, para avaliar a toxicidade do etilmercúrio, presente nas vacinas, no desenvolvimento neurológico, indicaram correlação entre a

quantidade de mercúrio recebido das vacinas e atrasos na linguagem, défice de atenção ou hiperactividade, atrasos não específicos no desenvolvimento e tiques.

O mercúrio orgânico consegue passar do sangue para o cérebro assim como atravessar a placenta. Os níveis de mercúrio no sangue fetal são iguais ou maiores do que os maternos. O metilmercurio também surge no leite materno.

A toxicidade de compostos orgânicos de mercúrio depende do composto específico, no tipo de exposição, idade e a pessoa exposta. Estes compostos apresentam uma toxicidade maior no sistema nervoso central, apesar de afectarem também os rins e o sistema imunitário.

Num cérebro em desenvolvimento, o metilmercurio é tóxico no córtex cerebral e no cerebelo, provocando a necrose de neurónios e a destruição de células da glia. Este composto é um agente teratogénico no cérebro fetal; interfere com a migração neuronal e com a organização do núcleo do cérebro e com a distribuição dos neurónios corticais. Tipicamente, as crianças quando nascem não aparentam nada diferente, no entanto durante o crescimento apresentam um atraso psicomotor, surdez, cegueira e apoplexia desenvolvida ao longo do tempo. [12]

Verificou-se em estudos realizados nas ilhas Faroe, onde existe um consumo muito elevado de peixe e consequentemente de metilmercurio, que as crianças com mais de 7 anos apresentam problemas de memória, atenção e linguagem.

Tratamento

O tratamento mais importante e mais eficaz passa pela identificação da fonte de mercúrio e o fim da exposição. As crianças que tenham sofrido um envenenamento com mercúrio devem ir periodicamente ao pediatra.

As amálgamas dentárias estão a ser substituídas por resinas compostas, aço inoxidável e ouro que não contém mercúrio e são aprovadas para restaurações dentárias em crianças. A grande desvantagem das resinas é a sua estabilidade ir diminuindo com o tempo. O seu tempo médio de vida é de 4 a 5 anos, enquanto de uma amálgama é de 15 anos.

A Food and Drug Administration (FDA) desde 1997 que revê a utilização de mercúrio em produtos biológicos e preparações farmacêuticas, particularmente os utilizados por

crianças ou mulheres grávidas. Também está desenvolver pesquisa com a indústria farmacêutica e a comunidade médica para diminuir ou eliminar a exposição ao mercúrio em vacinas e outros produtos.

Em relação à exposição ao metilmercúrio através do consumo de peixe, deve-se ter em atenção que mudanças nas dietas que afectam o consumo de proteínas e nutrientes essenciais durante a gravidez podem ser mais perigosas para o feto do que o risco pouco definido associado ao metilmercúrio no peixe. [8]

Existem algumas evidências que indicam que a distribuição da dose ao longo do tempo pode ser determinante nos efeitos da exposição. Um único e curto pico de exposição, como os ocorridos em episódios de envenenamento, pode ser suficiente para chegar ao cérebro uma dose que teoricamente pode ser suficientemente elevada para produzir danos no sistema nervoso central. Uma dosagem crónica como a que resulta de uma dieta rica em consumo de peixe do oceano, pode resultar numa acumulação ao longo do tempo suficientemente elevada nos tecidos para provocar danos.

O Arsénio no Desenvolvimento Bio-Psico Social Infantil

A exposição a arsénio a níveis mais elevados do que a média ocorre principalmente no local de trabalho, perto de sítios onde se depositam resíduos perigosos ou em áreas com níveis naturais elevados. Uma exposição a baixas quantidades de arsénio, mas durante muito tempo pode provocar descoloração da pele e o aparecimento de pequenas verrugas.

Normalmente, as pessoas podem estar expostas ao arsénio através da ingestão em pequenas quantidades nos alimentos e na água ou respirando ar contaminado (por exemplo fumo resultante da queima de madeiras tratadas com arsénio). Se viverem em áreas com níveis naturais elevados de arsénio nas rochas ou se trabalharem em funções que envolvam a produção de arsénio e aplicações de pesticidas também podem estar em risco. [45]

Pouco se conhece através da observação sobre os efeitos na saúde dos humanos provocado por compostos de arsénio. Estudos em animais mostram que alguns compostos orgânicos simples são menos tóxicos que as formas inorgânicas. A ingestão de compostos metil e dimetil podem provocar diarreias e lesões nos rins.

Existem provas de que uma exposição prolongada de crianças ao arsénio pode causar baixos QI, e que em exposições no útero materno ou na infância pode aumentar a mortalidade em jovens adultos.

Foi feito um estudo por David Bellinger que demonstrou que as crianças com maiores níveis de arsénio em amostras de cabelo apresentavam níveis de QI significativamente mais baixos – em média 10 pontos – do que aquelas com níveis mais baixos. Estas também apresentaram piores resultados no que respeita à aprendizagem verbal e memória, demonstrando um vocabulário mais pobre e fraca coerência de discurso. Quanto mais elevados foram os níveis de arsénio encontrados, piores os resultados obtidos.

Uma das formas de exposição de crianças ao arsénio é por exemplo em espaços públicos onde continuam a ser utilizadas estruturas de madeira preservadas com CCA (arseniato de cobre cromado), podendo por isso o chão à volta conter arsénio, um metal neurotóxico e carcinogénico.

Deve-se ter em atenção que o arsénio está presente naturalmente no solo e na areia independentemente dos parques infantis terem estruturas de madeiras tratadas com CCA ou não. Por isso uma forma de reduzir o risco de exposição é a lavagem das mãos das crianças depois de brincarem, particularmente depois do contacto com estas construções.

Apesar de não haver estudos definitivos, existem algumas evidências que ingerir ou inalar arsénio pode prejudicar mulheres grávidas ou os seus bebés antes de nascerem. Estudos em animais mostram que grandes doses de arsénio podem provocar doenças nas fêmeas grávidas, baixo peso à nascença das crias, más formações fetais e até morte fetal. Este metal pode atravessar a placenta e ser encontrado nos tecidos fetais. Também é encontrado em baixos níveis no leite materno.

Mercurio

O mercúrio é um metal pesado com número atómico 80 e massa atómica 200,59. É representado quimicamente pelo símbolo Hg, apresentando-se líquido e inodoro à temperatura ambiente. No entanto, à medida que a temperatura aumenta, este vai evaporando, libertando vapores tóxicos.

O mercúrio é encontrado em alguns objectos quotidianos, como termómetros e medidores de tensão arterial (em hospitais), baterias, lâmpadas fluorescentes e interruptores.

Este elemento pode apresentar-se nas seguintes formas:

Mercúrio elementar; elemento metálico (Hg^0)

Sais inorgânicos ou sais de mercúrio, quando surge combinado com cloro, oxigénio ou enxofre

Compostos orgânicos, se um átomo de mercúrio estabelecer uma ligação covalente com pelo menos um átomo de carbono, forma compostos de metilmercúrio, etilmercúrio ou fenilmercúrio.

O mercúrio apresenta três estados de oxidação (Hg^0 , Hg^{+1} e Hg^{+2}), que se podem converter facilmente entre si.

As fontes de exposição de mercúrio nas populações derivam do metilmercúrio (CH_3Hg^+) e etilmercúrio ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Hg}^+$) provenientes do consumo de peixe contaminado, de amálgamas dentárias e algumas vacinas.

A principal fonte de metilmercúrio para o ser humano é o consumo de peixe contaminado. [22]

A fonte primordial nas populações de vapores de mercúrio é as amálgamas dentárias. Devido à sua constituição (50% mercúrio combinado com outros metais, como prata e cobre), pode haver libertação em quantidade elevada de vapor de mercúrio na cavidade oral. Este é posteriormente inalado e absorvido no sangue. [25]

Pensa-se que a exposição crónica a vapor de mercúrio pode estar relacionada com algumas doenças degenerativas como a doença de Alzheimer ou doença de Parkinson, uma vez que foram realizados alguns estudos “in vitro” onde se constata que este elemento pode prejudicar processos bioquímicos relacionados com estas.

A vacinação continua a ser outra fonte de exposição dos bebés ao etilmercúrio, pois algumas vacinas têm na sua constituição timerosal, um agente preservante que apresenta como componente activo este composto. [38]

Ainda se desconhece o nível fatal de mercúrio. No entanto, uma exposição de 0,5 mg/m³ de vapor de mercúrio durante algumas horas provoca bronquite química aguda e pneumonia. Ao fim de duas horas pode provocar efeitos fatais para os pulmões.

Pode haver formação de metilmercurio e dimetilmercúrio através da conversão de mercúrio inorgânico por microrganismos. Esta biotransformação provoca a acumulação de metilmercúrio na cadeia alimentar aquática, representando um sério risco ambiental. Este fenómeno designa-se por bioamplificação.

O metilmercurio existente no ambiente é produzido por biometilação do mercúrio inorgânico existente nos sedimentos aquáticos. Este composto permanece por longos anos nos tecidos dos organismos.

Alguns estudos publicados indicam a relação entre doenças cardiovasculares e a exposição ao mercúrio, especialmente metilmercurio. Num deles inclusive, está demonstrada a relação directa entre determinada concentração de mercúrio e o risco de enfarte do miocárdio. [48]

Apesar do etilmercurio apresentar semelhanças químicas com o metilmercurio, este ultimo é o mais tóxico e responsável pelos danos mais importantes no Homem. No entanto, o etilmercurio é mais facilmente metabolizado em mercúrio inorgânico.

Toxicidade do Mercúrio

Qualquer forma sob a qual o mercúrio se apresenta provoca danos à saúde, principalmente quando ocorrem exposições a doses elevadas. Este composto é um conhecido poluente ambiental, cujos efeitos biológicos provocam alterações celulares e danos nos sistemas reprodutor e nervoso. [49]

Os vapores de mercúrio quando inalados atravessam facilmente os alvéolos pulmonares, entrando rapidamente na corrente sanguínea. Na forma líquida, o mercurio é fracamente absorvido pelo tracto intestinal. [49]

Efeito do Mercúrio nas células

Foi demonstrado que o mercúrio orgânico ou inorgânico a nível celular provoca uma diminuição da capacidade de proliferação dos linfócitos e linhagens linfoblásticas humanas, e da produção de citocinas e secreção de imunoglobulinas.

As células apresentam mutações tanto a nível cromossómico como génico, que poderão induzir o aparecimento de cancro e de doenças hereditárias.

Forma de actuação

Como o mercúrio estabelece ligações covalentes com enxofre que esteja na forma de sulfidrilo, é alterada a solubilidade, dissociação e afinidade relativa para os receptores, distribuição e excreção das enzimas e outros compostos que possuam grupos sulfidrilos.

O mercúrio também pode actuar provocando um conjunto de alterações, como o aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica, a inibição da polimerização e formação dos microtubulos, alterações na replicação do DNA e na síntese proteica, desregulação do sistema imunitário e mudança na homeostase do cálcio.

Este composto também está ligado a mecanismos de peroxidação lipídica, provocando a sua indução, e a alterações no mecanismo do grupo heme. Estes fenómenos provocam a diminuição dos níveis de glutathione, superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase, tornando as células menos protegidas em relação ao stress oxidativo, devido à acção do mercurio na despolarização da membrana interna mitocondrial, aumentando o nível de peróxido de hidrogénio, uma das espécies reactivas de oxigénio.

Como este metal possui afinidade com os grupos tiois, torna-se possível a utilização do ácido 2,3 dimercapto -1-propano-sulfónico ou DMPS ou da penicilina para o tratamento de intoxicações por mercúrio por quelação.

Como já referido, o mercúrio é um agente teratogénico, pois provoca danos no sistema reprodutor. Se a mãe for exposta a metilmercurio, este é transferido para a placenta e consequentemente para o feto. Também é transportado para o leite materno. [21]

O metilmercurio inibe a divisão e migração das células neuronais e irrompe a citoarquitettura do desenvolvimento cerebral. Da mesma forma, quando houve exposição pré-natal a mercúrio orgânico (em acidentes industriais, por exemplo), registaram-se anomalias no desenvolvimento do cérebro.

O mercúrio também pode afectar o eixo hipotálamo-hipofisário, provocando ciclos menstruais irregulares e menos número de ovulações.

Alguns estudos demonstraram uma relação entre a exposição ao mercurio e problemas reprodutivos e maior número de abortos.

Chumbo

O chumbo é facilmente introduzido no meio ambiente através de determinados produtos que usamos e temos fácil acesso como: os plásticos, tintas pigmentos e indústria metalúrgica, o facto de adicionarem tetraetilo de chumbo à gasolina. Sendo assim o chumbo (Pb) tem sido responsável por muitos problemas de intoxicação.

É um metal que pode estar associado a algumas doenças no nosso organismo nomeadamente uma doença crónica denominada saturnismo.

Os efeitos de intoxicação são: tonturas, irritabilidade, dores de cabeça e perda de memória. A intoxicação aguda caracteriza-se pela sede intensa, sabor metálico na boca, inflamação gastrointestinal, vómitos e diarreias. Nas crianças também causa efeitos nefastos como: retardamento físico e mental, perda de concentração e diminuição da capacidade cognitiva e nos adultos provoca problemas nos rins e aumento da pressão arterial.

O chumbo compete com o ião cálcio (Ca^{2+}) para a absorção no intestino, uma deficiência de ferro na dieta aumenta a absorção de chumbo pelo tracto gastrointestinal.

As fontes de chumbo são a mineração, fundição de Pb e outros metais, indústrias petrolíferas, tintas à base de chumbo, água e exposição ambiental e industrial. A exposição aguda ocorre principalmente pela ingestão acidental de alimentos e bebidas com altos teores. A exposição crônica poderá compreender as três seguintes causas: (i) ocupacional, galvanoplastia, sondagens, baterias; (ii) ambiental através de tintas, água e ar de regiões contaminadas pelo metal e (iii) alimentar através de alimentos e água com elevados teores de Pb.

Arsénio

O nome arsénio (AS), deriva do grego “Arsenikon”, que quer dizer substância amarela. É conhecido desde as civilizações antigas (Egípcia, Grega e também Chinesa), época onde foram também descobertas as suas propriedades tóxicas, crendo-se que o seu descobrimento seja atribuído a Albertus Magnus em 1250 a.c.

O arsénio (AS) é um elemento químico com o nº Atómico 33, possui 74.92160 de massa atómica e classifica-se como semi-metal. Está espalhado pelo solo, oceanos, atmosfera e encontra-se acumulado em peixes e moluscos.

Segundo Soriano (2007) o arsénio é um tóxico ambiental que se encontra na água, solo e ar e deriva de processos naturais e actividades como, queima de carvão, extracção mineira, fertilizantes agrícolas e uso de pesticidas, o que contribui para o aumento de problemas para a saúde humana. [45]

Este metal, AS, pode apresentar-se sob a forma orgânica e pode ser tri ou pentavalente, exercendo menor toxicidade uma vez que é melhor absorvido e eliminado pela via renal. Pode ser encontrado na alimentação humana, na mesma forma orgânica (arsenobetaina e arsenocolina), sendo estas formas, rapidamente excretadas pela via urinária e não apresentam perigo de grande toxicidade. [8]

Na forma inorgânica, este encontra-se nas águas minerais e pode ser tri ou pentavalente á semelhança da forma orgânica, sendo que a primeira é mais tóxica, uma vez que o trióxido de arsénio e o arsenito de sódio evidenciam-se com formas trivalentes muito abundantes.

As suas formas de exposição são:

Oral – quando ingeridos produtos contaminados como pesticidas e herbicidas bem como através de alimentos ou água que contém arsénio;

Inalação – Mais frequente em zonas industriais uma vez que existe uma elevada concentração na atmosfera de arsénio, ou em zonas agrícolas devido ao uso de pesticidas e herbicidas;

Dérmica – esta exposição pode originar-se no decorrer de actividade laboral, podendo ocorrer acidentes de trabalho causados pelo contacto directo com compostos arsenicais.

Toxicidade

A sua toxicidade depende das diferentes formas químicas e dos estados de oxidação. Uma vez ingerido em grandes quantidades podem verificar-se sintomas gastrointestinais, perturbações cardiovasculares e alterações das funções do sistema nervoso conduzindo mesmo à morte. Sabe-se que o cancro da pele, pulmões, bexiga e rim, está eventualmente relacionado a um período de exposição prolongado ao arsénio através das águas de consumo. Podem também verificar-se outras alterações da pele e unhas.

A toxicidade do arsénio reside no facto de ser corrosivo e de, após absorvido pelo organismo humano, perturbar vários processos metabólicos essenciais – é rapidamente convertido a espécies altamente tóxicas que têm acção inibidora sobre as enzimas que contêm grupos sulfidrilas, inibindo e bloqueando os processos celulares do indivíduo (síntese de ATP, o metabolismo energético, glucídico e lipídico).

O arsénio além da sua toxicidade é bioacumulativo, à semelhança de outros elementos.

Como referido anteriormente, o arsénio pode ser introduzido por ingestão, inalação e absorção sendo em 24 horas os compostos deste elemento distribuídos por diferentes órgãos do corpo humano.

A intoxicação por arsénio ou derivados costuma ocorrer de forma accidental, caso não se cumpram as devidas medidas higiénicas de trabalho, ou de forma voluntária, com intenções suicidas ou homicidas. Para além disso, os derivados do arsénico utilizados com fins terapêuticos apenas provocam uma intoxicação caso sejam ingeridos em doses superiores às prescritas.

A intoxicação aguda que resulta da exposição de trabalhadores a níveis elevados de poeiras ou fumos de arsénio provoca efeitos gastrointestinais (náuseas, diarreia, dores abdominais), enquanto a exposição destes a arsénio inorgânico resulta em desordens no sistema nervoso central e periférico.

A exposição oral aguda ao arsénio inorgânico, em doses de aproximadamente 600 µg/kg/dia ou mais elevadas em humanos, provoca a morte. Em doses mais baixas resulta em efeitos no tracto gastrointestinal (náuseas, vómitos), sistema nervoso central (dores de cabeça, delírios), sistema cardiovascular (hipotensão), fígado, rins e sangue (anemia, leucopenia). [8]

Por seu lado, a inalação do gás arsénico (arsina) manifesta-se através de dor de cabeça, vómitos, sensação de formigueiro, icterícia e insuficiência cardíaca, também de rápida evolução. Em ambos os casos, se a dose ingerida ou inalada for elevada, pode favorecer o desenvolvimento de complicações mortais (30 minutos a uma exposição de 25 a 50 ppm pode ser letal). Por outro lado, em caso de intoxicação crónica, as manifestações vão-se evidenciando gradualmente e baseiam-se em debilidade, perda de apetite, vermelhidão e úlceras na pele, dor de cabeça, inchaço e debilidade dos membros, problemas digestivos, renais, hepáticos e do ritmo cardíaco, com uma grave deterioração das funções mentais nas fases avançadas. [8]

Por exemplo, os sintomas de uma intoxicação aguda pelo arseneto de gálio (incluindo desconforto gastrointestinal, vómitos, coma e algumas vezes a morte) podem ocorrer em 30 minutos, enquanto as consequências de um envenenamento crónico (incluindo anemia, cancro da pele e outros cancros internos) são muito mais insidiosos. [8]

Uma única dose de 100mg/kg de arseneto de gálio e arseneto de índio resulta numa inflamação pulmonar aguda e hiperplasia pneumocócica após 14 dias da exposição. Uma exposição crónica com pequenas doses (≤ 1 mg/L) de arseneto de gálio e arseneto de índio produz lesões pulmonares e toxicidade sistémica. [8]

Até agora foram indicados os efeitos de uma exposição aguda a derivados de arsénio. Existem também efeitos crónicos não cancerígenos a estes compostos.

A inalação de arsénio inorgânico resultante de uma exposição crónica está associada nos humanos a irritações da pele e das mucosas (dermatites, conjuntivites, faringites e rinites). No que respeita a exposição oral, resulta em efeitos gastrointestinais, anemia,

lesões na pele, gangrena de extremidades, lesões vasculares e danos nos rins ou no fígado.

Diversos estudos demonstram que a ingestão de arsénio inorgânico pode aumentar o risco de cancro da pele, fígado e pulmões. A Agência de Protecção Ambiental dos EUA determinou o arsénio inorgânico como um agente carcinogénico humano. Esta estima que, se um indivíduo respirar em média $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$, continuamente, de arsénio inorgânico durante a sua vida, essa pessoa teoricamente terá uma probabilidade aumentada de 1 para 1 milhão de desenvolver cancro como consequência directa de respirar ar que contem este químico.

O tratamento da intoxicação por arsénico baseia-se na eliminação do tóxico presente no organismo, independentemente de ser através de uma lavagem gástrica ou mediante a administração de dimercaprol. Em caso de intoxicação crónica, deve-se acabar com a exposição do paciente à fonte de intoxicação.

A melhor forma de determinar exposições recentes ao arsénio é a análise à urina (1 a 2 dias após o contacto), enquanto medindo no cabelo ou nas unhas pode ser útil para detectar elevados níveis de exposição que ocorreram nos passados 6-12 meses. Deve-se ter em atenção que estes testes apenas determinam se a pessoa esteve exposta ao arsénio em níveis acima da média. Não prevêm se os níveis existentes no corpo poderão prejudicar a saúde.

Materiais e Métodos

Materiais e Métodos

Neste trabalho aqui apresentado e numa tentativa de valorização do mesmo devido ao forte gosto da sua autora pelo trabalho laboratorial idealizaram-se algumas experiências simples e de fácil aplicabilidade aos conceitos teóricos apresentados. Aplicou-se uma técnica já descrita e publicada com aplicação Médico-Legal, a Microscopia electrónica de Varrimento acoplada à Microanálise por Raio-X.

Foram realizadas experiências em 24 animais, fêmeas, BALB/c, 6-8 semanas de idade, pesando em média 25g, obtidos a partir de um Biotério Espanhol (Charles River Laboratories Spain, SA). Os animais foram mantidos de acordo com as normas de protecção de animais da União Europeia (86/609/EC).

Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise por Raio-X

As características físicas e químicas das superfícies dos materiais determinam algumas das suas propriedades mecânicas, térmicas, eléctricas, ópticas, químicas e delimitam as suas potencialidades de aplicação tecnológica.

Os microscópios electrónicos são instrumentos que permitem a observação e caracterização de um material com base nas radiações resultantes da interacção com um feixe de electrões. O microscópio electrónico de varrimento permite obter imagens numa gama de ampliações da ordem de x10 a x500 00. O seu princípio de funcionamento consiste em realizar o varrimento da superfície da amostra por um feixe electrónico finamente focado, modulando o brilho em cada ponto da imagem obtida num monitor de visualização pelo sinal emitido pela amostra.

A detecção dos sinais resultantes da interacção do feixe de electrões com a superfície da amostra, permite realizar imagens com informação de topografia, composição química (nº atómico), da estrutura cristalina e da composição elementar desde que ao microscópio seja associado um espectrómetro de raios X.

Quando o Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV) está a funcionar no seu modo mais habitual (utilização de electrões secundários), as imagens assemelham-se às imagens habituais da observação visual, permitindo uma interpretação intuitiva mais ou menos imediata das superfícies celulares. Quando a imagem é obtida a partir de

electrões retrodifundidos, a MEV perde detalhe mas permite, com o uso de microanálise, determinar o conteúdo químico do interior das células. A designação de electrões rectrodifundidos, (ER), identifica os electrões com energia elevada, próxima da energia dos electrões primários. A razão das imagens de ER apresentarem forte contraste topográfico é devida ao facto da intensidade da emissão dos electrões retrodifundidos ser crescente com o ângulo de incidência.

Para a análise elementar do conteúdo celular utiliza-se a emissão de raios X. A emissão de raios X resulta da expulsão dos electrões das camadas mais internas dos átomos cujas orbitais estão ocupadas pelos electrões das camadas mais exteriores com emissão de radiação. Esta emissão de espectros característicos possibilita a microanálise qualitativa, semi-quantitativa e quantitativa dos elementos presentes na amostra.

O espectro de raios X emitido fornece informação específica acerca da composição química da área da amostra bombardeada pelos electrões.

O equipamento do CEMUP (Centro de Materiais da Universidade do Porto), utilizado na elaboração deste trabalho, JEOL-6301F acoplado com Noren Voyager X-Ray com sistema EDS de detecção, permite a detecção de elementos químicos presentes numa concentração acima de 0,1% – 0,2 %, em massa.

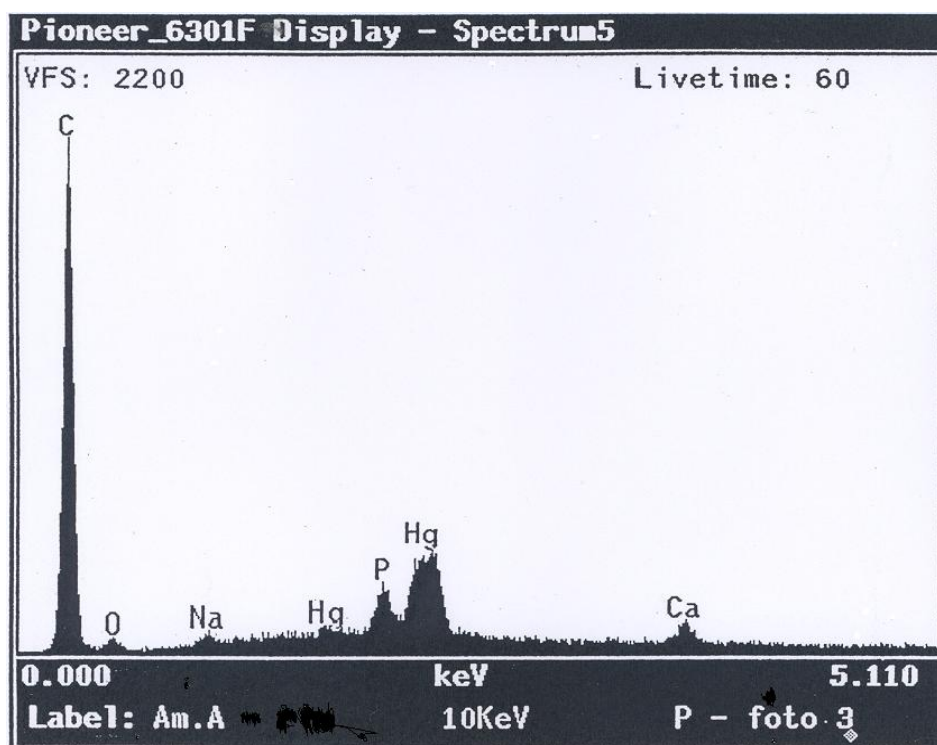


Figura 2 - Espectro característico do estudo por Microanálise de Raio -X onde é possível detectar a presença de Mercúrio

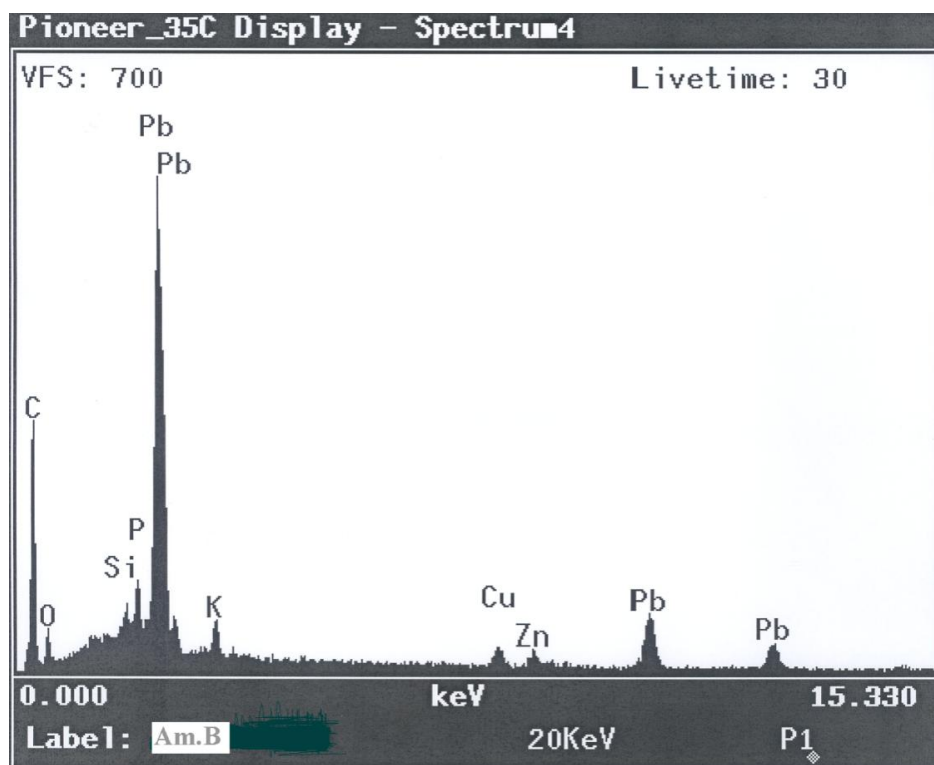


Figura 3 - Espectro exemplificativo de Microanálise de Raio - X, onde é possível encontrar a presença de Chumbo

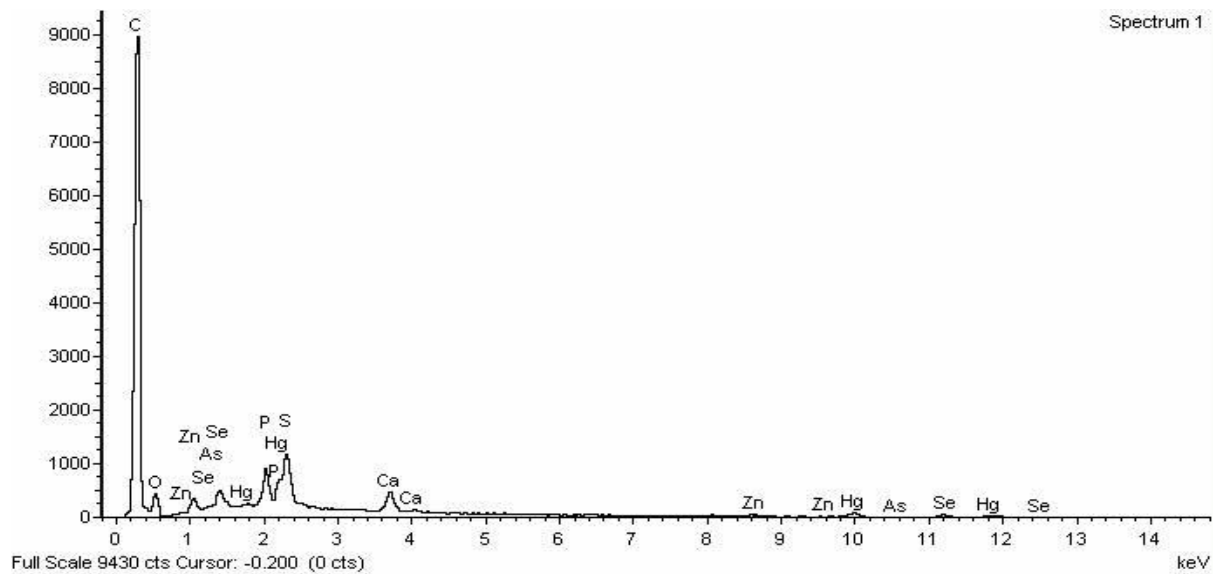


Figura 4 - Espectro do estudo de Microanálise por Raio-X onde é possível detectarem-se a presença espectral dos 3 elementos em estudo: Mercúrio, Chumbo e Arsénio

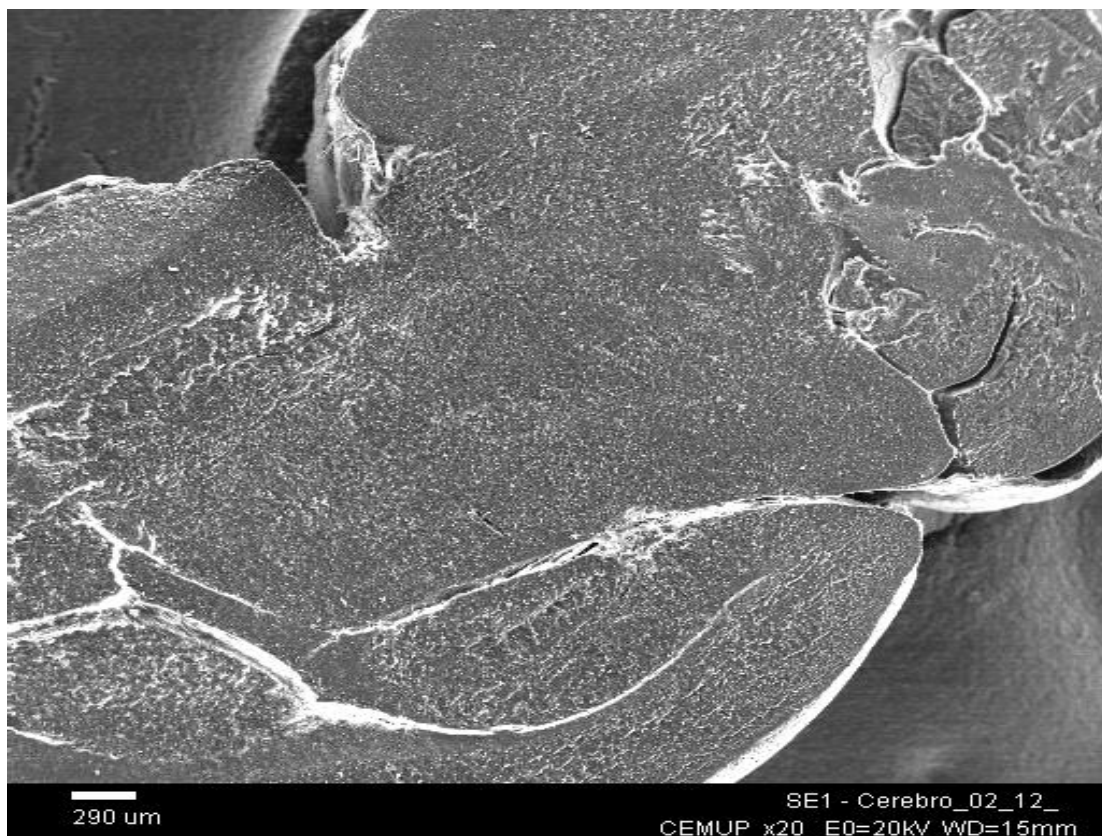


Figura 5 - Imagem de Microscopia Electrónica de Varrimento, acoplada á Microanálise por Raio- X, onde é visível uma imagem de electrões secundários ampliada 20X cuja imagem refere-se a um cérebro Real

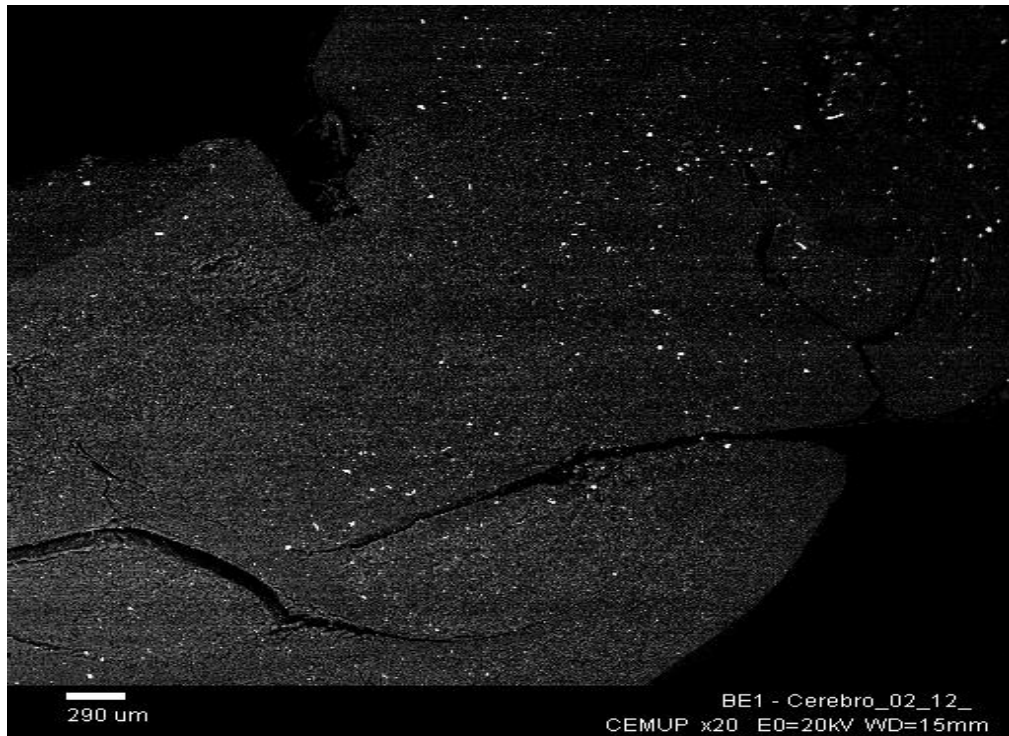


Figura 6 - Imagem de Microscopia Electrónica de Varrimento acoplada à Microanálise por Rx na versão de electrões retrodifundidos onde os pontos brilhantes são característicos da presença de metal pesado

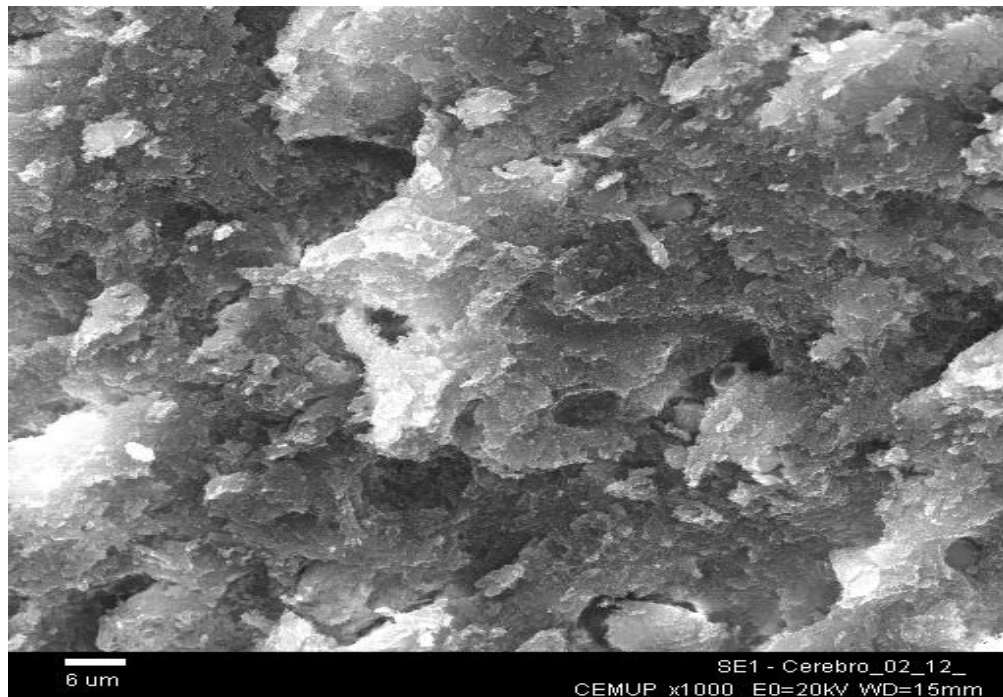


Figura 7 - Imagem de electrões secundários, pormenorizada de uma porção de Cérebro ampliada 1000X

Resultados

Estudo do Cérebro de ratinho por SEM-XRM

Estudo experimental em ratinhos

O objectivo destes ensaios experimentais foi determinar a possibilidade de detectar a presença de chumbo no cérebro de ratinhos injectados com diferentes doses deste metal pesado. Considerando-se os valores atrás apresentados em “Legislação”, os animais foram separados em quatro grupos de 6 animais cada. Grupo I controlo (sem injeção do metal); Grupo II, injectado intraperitonealmente, i.p. dose 30 µg/100 mL Pb; Grupo III 300µg/100 mL Pb e Grupo IV 3000µg/100mL Pb.

Dos três ensaios realizados em ratinho, apenas o Grupo IV em que foi feita a injeção i.p. de Pb 100X superior ao IBE, Índice Biológico de Exposição foi positivo (figura 6, electrões secundários e rectrodifundidos, em que os pontos claros detectados foram sujeitos a análise química por XRM que revelou corresponder especificamente a partículas de Pb, espectro representado pela figura 3.

Nas figuras 5 e 7, apresentam-se microfotografias de SEM, de cérebro de ratinhos dos grupos I, II e III em que não se observam os pontinhos brancos característicos de metais pesados.

Discussão

Discussão

Como está descrito na resenha bibliográfica entre as funções de um médico legista está a identificação e caracterização de lesões físicas, psicológicas e sociais e a sua interpretação, avaliação das consequências permanentes dessas lesões e a relação entre consequências físicas, psicológicas e sociais, e esclarecer como as lesões e traumatismos podem afectar de maneira particular o desenvolvimento físico e psicológico de crianças e jovens.

A escolha do chumbo, deve-se ao facto de ser este o metal com mais literatura disponível e também o mais associado às implicações estudadas no propósito do trabalho (danos físicos e psicológicos provocados pela exposição a este elemento). A existência de uma tese de doutoramento na área do mercúrio, bem como a escassa bibliografia com interesse científico na área do arsénio foram igualmente factores decisivos para esta escolha.

Por exemplo, Burbure (2006) descreve uma série de alterações neurocomportamentais depois de exposições ocupacionais e efeitos no desenvolvimento de crianças expostas antes ou após o seu nascimento. [8]

Pode-se verificar pelos resultados obtidos que a técnica de Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise por Raio-X permite a identificação qualitativa de metais pesados quando estes estão presentes em conteúdos celulares, nomeadamente no cérebro, desde que os elementos apresentem uma concentração superior a 0,1 – 0,3% em massa. Assim, numa primeira abordagem é exequível verificar a presença ou não de substâncias tóxicas e nocivas utilizando este método segundo uma perspectiva médico-legal.

Trata-se portanto de uma técnica semi-quantitativa em que se utilizam amostras facilmente acessíveis (os ratinhos podem estar disponíveis para qualquer laboratório), rápida, não destrutiva ou evasiva, e barata. [11]

Portanto este trabalho aplica-se à área da toxicologia forense, pois como referido no capítulo da Toxicologia, esta tem como principal função a detecção e quantificação de substâncias tóxicas, de forma a quantificar o risco relativo da exposição humana a agentes tóxico.

Pode-se justificar o aparecimento dos pontos brancos no cérebro dos ratinhos, pois devido à injeção de chumbo na corrente sanguínea, este proliferou até órgãos mais distantes. Possivelmente se a análise tivesse sido feita ao fígado ou rins por exemplo, os resultados seriam semelhantes. Pelo menos assim indica a informação consultada para a elaboração da resenha bibliográfica. No entanto, como descreve Moreira (2004) o chumbo é um tóxico especialmente nocivo para o sistema nervoso central.

É igualmente interessante notar que apenas o grupo ao qual foi administrada uma dose 100 vezes superior ao IBE deu um resultado positivo. Isto provavelmente deve-se ao que foi descrito na resenha bibliográfica, ou seja, a exposição ocasional ao chumbo não tem efeitos imediatos mas sim cumulativos.

Conclusões

Conclusão

Este trabalho contribuiu com dados originais na aplicação da técnica de Microscopia electrónica de Varrimento acoplada à Microanálise por Raio-X [11] já descrita e com aplicação e interesse Médico-legal.

No presente trabalho esta foi utilizada para se relacionar implicitamente, o serviço social na área da prevenção associado á psicologia e a toxicologia no mundo da Medicina Legal.

Pode-se concluir, através deste pequeno trabalho experimental que, tal como foi descrito na resenha bibliográfica, uma exposição ao chumbo pode provocar danos no sistema nervoso central, pois afecta o cérebro, como se pode verificar pelos resultados obtidos. Consequentemente pode vir a afectar o desenvolvimento psicológico dos indivíduos, assim como o desenvolvimento biológico e social. Desta forma, o objectivo principal deste estudo poderá considerar-se atingido uma vez que ficou demonstrada então a relação entre o social e a medicina legal.

Perspectivas Futuras

Perspectivas Futuras

Como o título deste trabalho é a importância dos metais pesados no desenvolvimento infantil, seria interessante fazer um estudo de campo com jovens portugueses expostos a metais pesados e analisar quais as consequências, pois durante a elaboração deste trabalho, apercebi-me que em Portugal existem poucos estudos realizados nesta área.

Outra hipótese seria também a análise das águas do distrito a que pertenço, aplicando conhecimentos de toxicologia ambiental, outra área da medicina legal, pois quando recorri à consulta de alguns dados no INE, verifiquei igualmente, a inexistência de um estudo específico nesta área, realizado no nosso país.

Bibliografia

Bibliografia

- 1 - Araújo, U., Pivetta, F., Moreira, J. (1999). Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos. Cadernos de Saúde Pública, Volume 15, nº 1, Rio de Janeiro.
- 2 - Agency for Toxic substances Disease Registry (1999). Toxicological profile for mercury. Atlanta.
- 3 - Ahlqwist M, Bengtsson C, Lapidus L, Gergdahl I, Schutz A. (1999). Serum mercury concentration in relation to survival, symptoms, and disease: results from the prospective population study of women in Gothenburg, Sweden. Acta Odontol Scan 57: 168-174.
- 4 - Bakir F, Damluji S, Amin-Zaki L, Murtadha M, Khalidi A, al-Rawi Ny, Tikriti S, Dahahir H, Clarkson T, Smith J, Doherty R.(1973). Methylmercury poisoning in Iraq. Science 181: 230-241.
- 5 - Ball L, Ball R, Pratt R. (2002) An assessment of thimerosal use in childhood vaccines. Pediatrics 109: 1153-1159.
- 6 - Bee, H. (1997). O ciclo vital. Porto alegre: Artes médicas
- 7 - Bjorkman L., Pedersen N., Lichtenstein P. (1996). Physical and mental health related to dental amalgam fillings in Swedish twins. Community Dent Oral Epidemiol 24: 260-267.
- 8 - Burbure, C., Buchet, J., Leroyer, A., Nisse, C., Haguenoer, J., Mutti, A., Smerhovsky, Z., Cikrt, M., Ochocka, T., Razniewska, G., Jakubowski, M., Bernard, A. (2006). Renal and Neurologic Effects of Cadmium, Lead, Mercury and Arsenic in Children: Evidence of Early Effects and Multiple Interactions at the Environmental Exposure Levels. Environmental Health Perspectives, Volume 114, nº 4, p.584-590. Bruxelas.
- 9 - Clarkson T. (2002). The three modern faces of mercury. Environ Health Perspect 110: 11-23.
- 10 - Costa, P. (2003). Origens da Medicina Legal. Porto: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

- 11 – Cunha, E., Silva, D., Aguas A. (2003) High-resolution identification of mercury in particles in mouse kidney after acute lethal exposure - A study by scanning electron microscopy coupled with x-ray elemental microanalysis. *Biometals* 16: 583-590.
- 12 - Davidson, P., Myers, G., Weiss, B. (2004).Mercury Exposure and Child Development Outcomes. *Pediatrics*, Volume 113, nº 4, p. 1023-1029. New York.
- 13 - Environmental Protection Agency. (2001) Reference dose for chronic oral exposure to methylmercury: Integrated Risk Information System. Greenbelt, Md.
- 14 - Environmental Protection Agency. (2001) Water quality criterion for the protection of human health: methylmercury. Washington, D.C.
- 15 – Espiga, M. (2000). Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho – Textos de Apoio. Lisboa: CECO.A.
- 16 - Eto K, Oyanagi S, Itai Y, Tokunaga H, Takizawa Y, Sudal. (1992). A Fetal type of Minamata disease: an autopsy case report with special reference to the nervous system. *Mol Chem Neuropathol* 16: 171-186.
- 17 - Félix, A. (2001). A criança e os metais pesados. Universidade do Porto, Porto.
- 18 - Gloxhuber, C., Künstler, K. (1992) Anionic surfactants; *Biochemistry, Toxicology, Dermatology*; 2ª Edição; Volume 43; pgs. 147, 297, 298, 303, 307.
- 19 – Goldwater, L. (1972). Mercury: a history of quicksilver. Baltimore: York Press.
- 20 – Gossel, T., Bricker J. (1990). Principles of clinical toxicology. 2ª Edição. Raven press. New York.
- 21 – Grandjean, P., Weihe, P., White, R., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K., Murata, K., Sorensen, N., Dahl, R., Jorgensen, P. (1997) Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 19: 417-428.
- 22 – Grandjean, P., Weihe, P., Jorgensen, P., Clarkson, T., Cernichiari, E., Videro, T. (1991) Impact of maternal seafood diet on fetal exposure to mercury, selenium, and lead. *Arch Environ Health* 47: 185-195.

- 23 – Guallar, E., Sanz-Gallardo, M., Van't Veer, P., Aro, A., Gomes-Aracena, J., Kark, J., Riemersma, R., Martin-Moreno, J., Kok, F. (2002) Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *N Engl J Med* 347: 1747-1754.
- 24 - Hunter D. The disease of occupations. (1969). 4ª Edição. Londres: English Universities Press, 221-241.
- 25 – Kingman, A., Albertini, T., Brown, L. (1998) Mercury concentrations in urine and whole blood associated with amalgam exposure in a military population. *J Dent Res* 77: 461-471.
- 26 – Kjellstrom, T., Kennedy, P., Wallis, S. (1989) Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish. Stage 2. Interviews and psychological tests at age 6. Report no. 3642. Solna, Sweden: Solna National Swedish Environmental Board.
- 27 – Leong, C., Syed, N., Lorscheider, F. (2001) Retrograde degeneration of neurite membrane structural integrity of nerve growth cones following *in vitro* exposure to mercury. *Neuroreport* 12: 733-737.
- 28 – Likosky, W., Hinman, A., Barthel, W. (1970) Organic mercury poisoning, New Mexico. *Neurology* 20: 401.
- 29 - Magalhães, T. (2003). Introdução à Medicina Legal. Porto: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.
- 30 - Magos L. (2001) Review on the toxicity of ethylmercury, including its presence as a preservative in biological and pharmaceutical preparations. *J App Toxicol* 21: 1-5.
- 31 - Mavropoulos, E. (1999). A hidroxiapatita como absorvedor de metais. Tese de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 105 pp.
- 32 - Mayan, O. et al. (1992). Exposição a chumbo do recém-nascido. *Revista de Epidemiologia*; Volume 4, nº12.
- 33 - Moszczynski P. (1997) Mercury compounds and the immune system: a review. *Int J Occup Med Environ Health* 10: 247-258.

- 34 - Moreira, F. e Moreira, J. (2004). Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. *Revista Panam Salud Publica*, Volume 15, nº 2, p.119 – 129. Rio de Janeiro.
- 35 - Moreira, F. e Moreira, J. (2004). A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. *Revista Ciência e Saúde Colectiva*, Volume 9, nº 1, Rio de Janeiro.
- 36 - O'Flaherty, E.J. (1995). Physiologically based models for bone-seeking elements. V. Lead absorption and disposition in childhood. *Toxicology and Applied Pharmacology*, nº 131, p. 297-308. Ohio.
- 37 - Padez, C. (1995). O rural industrializado. Dissertação de Doutoramento em Antropologia. Universidade de Coimbra, Coimbra.
- 38 - Pichichero ME, Cernichiari E, Lopricato J, Treanor J. Mercury concentrations and metabolism in infants receiving vaccines containing thiomersal: a descriptive study. *Lancet* 2002; 360: 1737-1741
- 39 - Prista, J., Uva, A., Abreu, M., Dias, T., Aguiar, P., (2004). Variação temporal da protoporfirina – zinco (PPZ) em trabalhadores expostos a chumbo. *Saúde Ocupacional*, Volume 22, nº 2. Lisboa.
- 40 - Ramazzini B. (1994) *Disease of workers*. Wright WC, trans. New York: Hafner Publishing.
- 41 - Rangel, R. (2003). *Noções Gerais sobre outras ciências forenses*. Porto: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.
- 42 - Riley D., Newby C., Leal-Almeraz T., Thomas V. (2001) Assessing elemental mercury vapour exposure from cultural and religious practices. *Environ Health Perspect* 109: 770-784.
- 43 - Sá, C. (2003). *Textos de Apoio em Microscopia electrónica de varrimento com microanálise de Raio X*. CEMUP. Porto
- 44 - Silbergel, K. (1997). Preventing lead poisoning in children. *Annual Review of Public Health*; 18: 187-210. Maryland.

- 45 - Soriano C., Creus A., Marcos R. (2007). Gene mutation induction by arsenic compounds in the mouse lymphoma assay. *Mutation Research*; 634: 40–50
- 46 - Sousa, M. (2003). *Clínica Médico-Legal*. Porto: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.
- 47 - Evaluation of certain food additives and contaminants: twenty- second report of the Joint FAO/ WHO Expert Committee on Food Additives. (1978) *World health organ Tech Rep ser 631*: 1-39.
- 48 – Yoshizawa, K., Rimm, E., Morris, J., Spate, V., Hsieh, C., Spiegelman, D., Stampfer, M., Willwt, W. (2002) Mercury and the risk of coronary heart disease in men. *N Engl J Med* 347: 1755-1760.
- 49 - Zimina, L. (2001). Acute poisonings with different mercury compounds. *Journal of Toxicology - Clinical Toxicology*; 39: 285-286.

Páginas da Internet com informação relevante relativamente aos temas abordados na introdução teórica deste trabalho

http://en.wikipedia.org/wiki/Mathieu_Orfila

<http://direitocoletivojusto.files.wordpress.com/2010/04/medicina-legal.doc>

<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e08200.html>

<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e08000.html>

<http://ronaldo79171.blogspot.com/2009/08/medicina-legal-definicao-historico.html>

http://www.cit.sc.gov.br/propaganda/pdfs/artigos/publicidade_industria_farmaceutica.pdf

http://www.cpires.com/such_mercurio_1.html

<http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1423/1423.pdf>

[http://www.infopedia.pt/\\$arsenio,2](http://www.infopedia.pt/$arsenio,2)

http://www.malthus.com.br/rw/forense/Medicina_Legal_2004_gerson.pdf

<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/>

<http://recantodasletras.uol.com.br/artigos/1625456>

<http://www.uc.pt/fmuc/DocumentosHomepage/2009/Maio/ElogioHCausa310509>

portalteses.iciet.fiocruz.br › Lista de Teses

<http://www.who.int/ceh/publications/11airpollution.pdf>

<http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.childrenshospital.org/.../mainpageS156P0.html>

http://www.jpintodacosta.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=6

6