

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA**



TESE DE DOUTORADO

**PREVALÊNCIA DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO E
MORTALIDADE POR LEUCEMIA ENTRE OS EXPOSTOS:
ESTIMATIVAS PARA O BRASIL**

MARIA JULIANA MOURA CORRÊA

Salvador, Bahia
2014

MARIA JULIANA MOURA CORRÊA

**PREVALÊNCIA DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO E
MORTALIDADE POR LEUCEMIA ENTRE OS EXPOSTOS:
ESTIMATIVAS PARA O BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação do Instituto de Saúde Coletiva,
da Universidade Federal da Bahia como
requisito para obtenção do título de
Doutor em Saúde Pública.

Área de concentração: Epidemiologia

ORIENTADORA
Vilma Sousa Santana

Salvador, Bahia
2014

Ficha Catalográfica
Elaboração Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

C787p Corrêa, Maria Juliana Moura.

Prevalência da exposição ocupacional ao benzeno e mortalidade por leucemia entre os expostos: estimativas para o Brasil / Maria Juliana Moura Corrêa – Salvador: M.J.M. Corrêa, 2014.

106 f.

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Sousa Santana.

Tese (doutorado) – Instituto de Saúde Coletiva. Universidade Federal da Bahia

1. Exposição Ocupacional. 2. Benzeno. 3. Matriz de Exposição. 4. Leucemias Atribuíveis. 5. Fração Atribuível Populacional. 6 Saúde do Trabalhador. I. Título.

CDU 615.9



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde Coletiva – ISC
Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

Maria Juliana Moura Corrêa

“Prevalência da exposição ocupacional ao benzeno e mortalidade por leucemia entre os expostos: estimativas para o Brasil”

A Comissão Examinadora abaixo assinada aprova a tese, apresentada em sessão pública ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde da Universidade Federal da Bahia.

Data de defesa: 15 de abril de 2014.

Banca Examinadora:

Vilma Sousa Santana

Profª Vilma Sousa Santana – Orientador – ISC/UFBA

Eduardo Luiz Andrade Mota

Prof. Eduardo Luiz Andrade Mota – ISC/UFBA

Fernando Martins Carvalho

Prof. Fernando Martins Carvalho – FAMEB/UFBA

Victor Wunsch Filho

Profº Victor Wunsch Filho – USP

Jorge Mesquita Huet Machado

Prof. Jorge Mesquita Huet Machado – FIOCRUZ

Salvador
2014

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo aos trabalhadores e sua luta por saúde no trabalho, que acompanha a história da humanidade em seus diferentes ciclos de desenvolvimento econômico e social.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Stênio, e aos meus filhos, Maurício e Vinícius, que sempre apoiaram meus projetos e respeitaram minhas escolhas, compartilhando esperanças e suportando os difíceis momentos de afastamento. Em especial o meu companheiro de vida, de sonhos e de projeto político por uma sociedade mais justa.

Aos meus pais, Lina e Carlos (*in memoriam*), meu porto seguro, pelo amor incondicional em todos os momentos de minha vida e da minha formação, sempre um processo em construção.

A professora Sandra Vial, diretora da Escola de Saúde Pública – ESPRS (2006-2010), que me incentivou na escolha do doutorado em Saúde Coletiva e tornou possível a sua realização.

À minha orientadora, Prof.^a Vilma Sousa Santana, pela dedicação, aprendizado em pesquisa e epidemiologia, respeito a minhas ideias e maestria na disseminação do conhecimento; e também generosidade, afeto e acolhimento, que suavizou as dificuldades a serem enfrentadas e a distância da minha família.

Ao professor Heleno Corrêa Filho, pelas orientações no campo da epidemiologia e apoio na decisão dessa trajetória de produção do conhecimento e suas perspectivas para o fortalecimento da Saúde do Trabalhador.

Ao Instituto de Saúde Coletiva, pela excelência da Pós-Graduação, reconhecido internacionalmente e em nosso país, pela oportunidade de formação com professores qualificados.

Aos professores do Instituto de Saúde Coletiva que contribuíram com minha formação, em especial às professoras Vilma Santana, Maria Inês Dourado e Leila Amorim.

Ao professor Victor Wunsch e Fernando Carvalho, pelas importantes contribuições na qualificação do projeto de tese.

Ao pesquisador Timo Kauppinen, do *Finnish Institute of Occupational Health* – FIOH, que generosamente forneceu as bases de dados das Matrizes CAREX e FINJEM, sem as quais não seria possível desenvolver essa pesquisa.

Ao gerente Carlos Lessa, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que disponibilizou dados populacionais do Censo 2010, fundamentais para a realização deste estudo.

Ao professor René Mendes, pela valiosa contribuição em disponibilizar os originais do inquérito de Bernardo Bedrikow, de 1955.

À Soraia e Fernando Vasconcelos, pelo apoio institucional às bases de dados da RAIS/CAGED, no qual conheci o Programa de Disseminação de Estatísticas do Trabalho – PDET e o sistema de informações *Dardo web*, que permitiu realizar estimativas da exposição ao benzeno, em trabalhadores do mercado formal de trabalho, em uma das etapas do projeto.

À pesquisadora da Fundacentro, Arline Arcuri, colega da Comissão Nacional Permanente do Benzeno, que, desde o início do doutorado, foi solidária e intercedeu junto ao Ministério do Trabalho para o fornecimento da base de dados do cadastro de empresas usuárias de benzeno no Brasil.

À coordenadora de projetos do Sesi-Bahia, Lívia Aragão, pela oportunidade de colaboração e disponibilidade de dados de mensurações ambientais de benzeno, registrados no PPRA, para fins de validação da Matriz para o Brasil.

Aos especialistas, Arline Arcuri e Luiza Cardoso (Fundacentro), Eliane Pugas (IFBA/BA), Danilo Costa (MTE/SP) e Jorge Machado (Fiocruz/BSB), que realizaram a etapa de avaliação de concordância dos grupos ocupacionais do Censo brasileiro com o censo Finlandês, com o fim de aplicação dos parâmetros da matriz FINJEM.

À professora Fátima Sueli Ribeiro, que compartilhou sua experiência na realização da Matriz de Exposição Ocupacional para Sílica, no Brasil.

À professora Silvia Ferrite, colega da epidemiologia e do estudo sobre Vigilância da Exposição ao benzeno em Postos de Combustíveis no RS, pelas reflexões do campo, parceria no projeto e de todos os momentos do meu processo de formação.

Aos amigos e colegas Saúde do Trabalhador, Letícia Nobre, Alexandre Jacobina, Jacira Cância, Ana Galvão, Fernando, Fátima Falcão, Paulo Pena, Marco

Rego, Rita Fernandes, Hermano Castro, Luiz Carlos Fadel, Marcelo Moreno, Jandira Maciel, Tarcísio Pinheiro, Elizabeth Dias, Wanderley Pignati, companheiros de reflexões e construção da área.

Às amigas e colegas gaúchas da Saúde do Trabalhador, Virgínia Dapper, Luciana Nussbaumer e Adriana Skamvetsakis, Carla Centurião e Beatriz Meira que compreenderam minhas ausências durante a execução do projeto de Vigilância da Exposição ao Benzeno em Postos de Combustíveis no RS, e que, em muitos momentos, conduziram este estudo e ação de vigilância sempre compartilhando as decisões.

Aos colegas da rede de vigilância da exposição ao benzeno em postos, Alexandre Jacobina (Cesat/BA), Simone Santos (CVS/SP), Regina Castel (Cerest/SC); Marco Menezes (Cesth/Fiocruz), Rita Mattos (Cesth/Fiocruz), Paula Sarcineli (Cesth/Fiocruz), Ariane Larentis (Cesth/Fiocruz), Isabele e Leandro (Cesth/Fiocruz), June Rezende (MTE//PR), Nanci Pinto (SES/PR), Danilo Costa (MTE/SP) e Jorge Machado (Fiocruz/BSB), pela cooperação.

Aos sindicalistas e militantes da saúde do trabalhador, em especial ao Arnaldo Marcolino da Silva Filho, diretor do Sindicato dos Radialistas de São Paulo; Pérsio Dutra, ex-diretor de Saúde do SINDPD de São Paulo, ex-presidente do Diesat, aposentado por invalidez; e Itamar Sanches, coordenador geral do Sindicato Unificado dos Petroleiros de São Paulo e secretário geral da Confederação Nacional do Ramo Químico CNQ/CUT, que me apoiaram em diferentes situações durante a realização do estudo.

Aos colegas de curso, Maritza, Gustavo, Suzana, e do PISAT: Silvia, Ana, Marlene, Eduardo, Luíza, Cleber, Milena, Kionna, Andrés, Solange, Rosane, Lisboa, Peres, Jeórgia e Martha, Franciana, Tatiane pelas parcerias e trocas.

Às secretárias do Instituto de Saúde Coletiva, em especial à Anunciação, que me orientou e buscou todas as formas para solucionar os problemas que surgiam, sempre com palavras de incentivo.

À amiga Claudine, irmã baiana, que me recebeu em sua casa durante esses quatro anos, compartilhando momentos de alegrias e tristezas, sempre com muito

altruísmo. Além disso, compartilhou os queridos amigos Fernando, Jane e Dida.

Às colegas da ESP Patrícia Genro, Miriam Dias, Fátima Plein, Maria Lectícia, Vânia Dezoti, pelos momentos de descontração e os debates calorosos da saúde coletiva e da defesa da formação em serviço.

Aos Secretários de Saúde do município de Porto Alegre, Carlos Casartelli e Marcelo Bósio, pelo apoio e a compreensão do retorno deste investimento para a Vigilância em saúde no SUS. E às incansáveis colegas da Coordenaria Geral de Administração e Desenvolvimento de Servidores da Saúde (CGADSS), Rosangela Pacheco e Rita Lopes Soares, que buscaram todos os meios legais para a viabilidade do estudo, orientando-me durante todo esse período.

Ao Deputado Federal, Pepe Vargas, médico, ex-assessor dos petroquímicos, que intercedeu junto ao Ministério da Saúde na busca de alternativas para a efetividade deste projeto e da importância de sua continuidade.

Ao companheiro Paulo Lebouté, petroquímico, experiente sindicalista, hoje gestor no governo do Estado do Rio Grande do Sul, conhecedor das exposições químicas no trabalho, pelo apoio e defesa da realização desta pesquisa.

Às amigas e colegas das Ciências Sociais, Jussara Mendes e Miriam Dias, pelo carinho, cumplicidade e reflexões sobre a proteção social em saúde.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), e Coordenação Geral de Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância à Saúde, Ministério da Saúde, por meio do Centro Colaborador em Vigilância em Saúde do Trabalhador, UFBA/ISC/PISAT, pelo apoio financeiro à pesquisa.

E, por fim, aos trabalhadores, objetivo central desse estudo, com a certeza de que o conhecimento produzido está à disposição para subsidiar a luta pela proteção à saúde nos seus ambientes de trabalho.

A todos, minha profunda gratidão!

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE QUADROS.....	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE SIGLAS.....	xv
APRESENTAÇÃO.....	13
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	19
ARTIGO I	
MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: USOS PARA ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO	23
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS.....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
ARTIGO II	
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL – ESTIMATIVAS BASEADAS EM UMA MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	51
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	54
INTRODUÇÃO.....	55
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS.....	59
DISCUSSÃO.....	60
REFERÊNCIAS.....	65

ARTIGO III	
MORTALIDADE POR LEUCEMIA E FRAÇÃO ATRIBUÍVEL À	75
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL	
RESUMO.....	76
ABSTRACT.....	78
INTRODUÇÃO.....	80
MATERIAL E MÉTODOS.....	81
RESULTADOS.....	84
DISCUSSÃO.....	85
REFERÊNCIAS.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
ANEXO I.....	99

LISTA DE FIGURAS**ARTIGO I**

FIGURA 1. Bloco de registro da Ficha Câncer Ocupacional do SINAN, onde se registra a exposição ao benzeno..... 49

FIGURA 2. Representação esquemática de busca de publicações e seus resultados..... 50

ARTIGO II

FIGURA 1. Prevalência (/1.000) da exposição ao benzeno no trabalho, por unidade da federação. Brasil, 2010..... 74

LISTA DE QUADROS**ARTIGO I**

QUADRO 1. Estimativa do número de expostos ao benzeno utilizando a CAREX..... 47

QUADRO 2. Demonstrativo da busca por dados de mensurações da exposição ao benzeno, junto às instituições de Saúde do Trabalhador. Brasil, 2010 a 2011... 48

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

TABELA 1. Mensuração da exposição ao benzeno empregando MEO.....	45
TABELA 2. Sumário dos estudos com dados de exposição ao benzeno e solventes. Brasil, 1955 a 2012.....	46

ARTIGO II

TABELA 1. Correspondência dos grupos ocupacionais da Matriz Ocupacional da Finlândia (FINJEM) e da Classificação Ocupacional para Pesquisa Domiciliar (COD), do Censo 2010, no Brasil.....	69
TABELA 2. Estimativa do número de trabalhadores com exposição ao benzeno no trabalho. Brasil, 2010.....	70
TABELA 3. Número de expostos ao benzeno no trabalho e prevalências da exposição (P) por grupos ocupacionais de acordo com o sexo. Brasil, 2010.....	71

ARTIGO III

TABELA 1. Número de óbitos e coeficiente de mortalidade médio anual por leucemia, de acordo com grupos populacionais e exposição potencial ao benzeno, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006-2011.....	94
TABELA 2. Número de óbitos, coeficiente de mortalidade médio anual por leucemia e razão de mortalidade, por grupos populacionais e exposição potencial ao benzeno, de acordo com sexo, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006-2011.....	95
TABELA 3. Número de óbitos e fração atribuível ao benzeno de mortes por leucemia, de acordo com grupos ocupacionais provavelmente expostos ao benzeno, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006 a 2011.....	96

LISTA DE SIGLAS

ANB - Acordo Nacional do Benzeno

Bz - Benzeno

CAREX - CARcinogen Exposure

CEREST- Centros de Referência em Saúde do Trabalhador

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNPBz - Comissão Nacional Permanente do Benzeno

COD - Classificação de Ocupações para Pesquisas Domiciliares

CBO - Classificação Brasileira de Ocupações

FIOH - Finnish Institute of Occupational Health

FINJEM - Finnish National Job Exposure Matrix

GTB - Grupo de Representação dos Trabalhadores do Benzeno

IARC - International Agency for Research on Cancer

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia

ILO - International Labour Organization

IBMP - Índice Biológico Máximo Permitido

ISIC - International Standard Industrial Classification of All Economic Activities

ISCO - International Standard Classification of Occupations

LLA - Leucemia Linfocítica Aguda

LLC - Leucemia Linfocítica Crônica

LMA - Leucemia Mielóide Aguda

LMA - Leucemia Mielóide Crônica

LNLA - Leucemia não linfocítica aguda

MEO - Matriz de Exposição Ocupacional

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

NOCCA-JEMS- Nordic Occupational Cancer Study - Job Exposure Matrices

NR - Norma Regulamentadora

OSHA - Occupational Health and Safety Administration

OIT - Organização Internacional do Trabalho

OMS - Organização Mundial da Saúde

P - Prevalência

PEL- Permissible Exposure Levels

PEAO - População Economicamente Ativa Ocupada

PEA - População Economicamente Ativa Ocupada

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde, PCMSO

PPP- Perfil Profissiográfico Previdenciário

RR - Risco Relativo

SIM - Sistema de Informações sobre Mortalidade

SIMPEAQ - Sistema de Monitoramento da População Exposta a Agentes Químicos

SESI - Serviço Social da Indústria

SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SIREP - System on Occupational Exposure to Carcinogens

SMD - Síndromes Mielodispláticas

VRT - Valor de Referência Tecnológico

WHO - World Health Organization

APRESENTAÇÃO

Esta tese representa o produto final do Curso de Doutorado em Saúde Pública, área de concentração em Epidemiologia, iniciado em março de 2010. Sua realização só foi possível pelo incansável trabalho de investigação de minha orientadora Vilma Santana, na busca dos dados e metodologias para realizar estimativas populacionais em situação de ausência de dados individuais. A cada etapa dos estudos foi se confirmando a realidade do difícil acesso a dados sobre exposições ocupacionais, e também o fato de que em países desenvolvidos eles são poucos e esparsos. Esta situação levou ao desenvolvimento de diversos tipos de matrizes de exposição ocupacional para superar as insuficiências dos dados. A constatação da inexecutabilidade, neste momento, de elaborar uma matriz nacional com dados primários, conduziu para o seu uso direto, para a realização de estimativa da exposição ocupacional. O contato com o pesquisador Timo Kauppinen, do *Finnish Institute of Occupational Health*, FIOH, e a disponibilidade de duas bases de dados das matrizes *CARcinogen Exposure*, CAREX e a *Finnish National Job Exposure Matrix*, FINJEM, foi essencial para o desenvolvimento desses estudos. Tais dados permitiram estimar a exposição ocupacional ao benzeno, utilizando em uma unidade de análise o ramo de atividade econômica e, em outra, o grupo ocupacional. A oportunidade de conhecer a estrutura das diferentes matrizes, aplicar seus parâmetros e comparar os resultados foram fundamentais para a decisão pelo uso dos parâmetros da FINJEM, que estima prevalência da exposição ao benzeno por grupo ocupacional.

Assim, o objetivo desta tese é contribuir com a vigilância do benzeno e da leucemia relacionada a essa exposição no Brasil. Tais vigilâncias ainda demandam atenção especial das autoridades sanitárias, bem como estudos sobre a temática capazes de produzir informações que subsidiem a definição de políticas públicas, voltadas a reduzir a magnitude da exposição ao benzeno nos ambientes de trabalho e os seus efeitos à saúde.

Desse modo, o artigo 1, de revisão, responde à necessidade de analisar e sistematizar o estado da arte sobre a utilização de matrizes em estudos epidemiológicos de exposições ocupacionais, e avaliar a viabilidade de empregá-las

para estimativas no Brasil. O artigo 2 corresponde à operacionalização da estimativa de prevalência da exposição ao benzeno, empregando-se os parâmetros da FINJEM para verificar sua distribuição por grupo ocupacional, sexo e unidades federação, visando conhecer a magnitude dessa exposição entre os potenciais expostos. O artigo 3, de mortalidade, estimou as leucemias na população e no grupo de potenciais expostos ao benzeno, entre 2006 a 2011.

Esse estudo representou a aplicação dos resultados dos dois estudos anteriores (artigo 1 e 2), a partir da classificação dos grupos de expostos e da medida de prevalência, estimou-se a mortalidade por leucemia na população, entre os grupos de potencialmente expostos e não expostos ao benzeno. Estes procedimentos metodológicos visavam comparar a razão de mortalidade entre expostos e não expostos, sua distribuição entre os grupos ocupacionais de expostos e por sexo, assim como estimar o número e a fração de óbitos por leucemia atribuíveis à exposição ao benzeno.

Com esse propósito, desenvolveu-se a presente tese cujos resultados encontram-se aqui apresentados sob a forma de três artigos científicos. São eles:

Artigo 1 – Matriz de exposição ocupacional: usos para estimativas populacionais de exposição ocupacional ao benzeno.

Artigo 2 – Exposição ocupacional ao benzeno no Brasil – estimativas baseadas em uma matriz de exposição ocupacional.

Artigo 3 – Exposição ocupacional ao benzeno e a mortalidade por leucemia no Brasil.



RESUMO

Introdução. A exposição ocupacional ao benzeno é um problema de saúde pública em todo o mundo. É reconhecido como uma exposição ocupacional carcinogênica pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC), causando especialmente leucemias. Esta substância é alvo de normas para o controle e registro de dados para o monitoramento. Em todo o mundo dados de exposição são poucos e esparsos, de difícil acesso, levando ao uso de matrizes de exposições ocupacionais, MEO. Esses instrumentos permitem a projeção de prevalência e de número de expostos a partir de dados parciais. No Brasil foi celebrado o Acordo Nacional do Benzeno e criada a Comissão Nacional do Benzeno há mais de uma década, mas inexistem estimativas epidemiológicas sobre a extensão do problema, como o número e prevalência de expostos ou cânceres associados, a exemplo das leucemias. Essas informações são fundamentais para a vigilância do benzeno e de seus efeitos sobre a saúde.

Objetivo Geral. Pretende-se contribuir para a consolidação e aprimoramento da vigilância do benzeno e da leucemia relacionada a essa exposição no Brasil, empregando-se uma matriz de exposição ocupacional desenvolvida na Finlândia, a *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM, para estimar a prevalência de expostos ao benzeno nos ambientes de trabalho, sua distribuição por descritores demográficos, a mortalidade por leucemia entre expostos e a fração atribuível à exposição ocupacional ao benzeno.

Objetivos específicos. 1) Estudo 1: Revisar e sumarizar conceitos e métodos relacionados ao uso de matrizes de exposições ocupacionais para a pesquisa epidemiológica, especialmente no contexto da vigilância da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil; 2) Estudo 2: Estimar o número de trabalhadores expostos ao benzeno e a prevalência anual desta exposição ocupacional no Brasil em 2010; 3) Estudo 3: Estimar o coeficiente médio de mortalidade anual por leucemia, o número e fração dos óbitos atribuíveis à exposição ocupacional ao benzeno no Brasil entre 2006 e 2011.

Métodos

Estudo 1. Este é um estudo de revisão da literatura sobre matrizes de exposição ocupacionais, entre 1980 e 2012, utilizadas para o benzeno. Empregou-se a busca por palavras chaves – matrizes de exposição ocupacional e exposição ocupacional ao benzeno, no PubMed, Scielo e Lilacs. Identificaram-se os conceitos e características subjacentes à estrutura, tipo de medidas de exposição e suas vantagens e limitações.

Estudo 2. A população de referência é a economicamente ativa e ocupada do Brasil. Para estimativa de prevalência empregou-se a FINJEM, na qual estimativas de prevalência de expostos ao benzeno são calculadas com base em mensurações no ar de ambientes de trabalho provavelmente expostos. Consideram-se expostos ao benzeno, trabalhadores que atuam em locais com pelo menos 0,1 ppm de média anual. Grupamentos ocupacionais provavelmente expostos (sim/não) são aqueles nos quais pelo menos 5% dos trabalhadores são expostos ao benzeno. A estimativa do número de trabalhadores expostos ao benzeno se baseou na *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM, empregando-se o método direto. Nesta matriz, trabalhadores potencialmente expostos ao benzeno são os de grupos ocupacionais identificados com pelo menos 5% de trabalhadores expostos a uma média de 0.1 ppm/ano com base em mensurações em ambientes de trabalho. Os códigos ocupacionais da classificação empregada no Brasil foram agrupados de modo correspondente aos da FINJEM. O grau de aceitação da correspondência entre esses dois grupamentos ocupacionais foi avaliado por cinco especialistas em segurança e saúde do trabalho que tinham experiência com a exposição ao benzeno no Brasil.

Estudo 3. Este é um estudo de mortalidade conduzido com dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Leucemia foi definida pelos códigos da Classificação Internacional de Doenças, 10ª Revisão, C90.1 a C95.0. As ocupações registradas no SIM seguem a Classificação Brasileira de Ocupações, CBO, 2.0. Dados da população do estudo correspondem a projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, a partir do Censo 2010.

Resultados

Estudo 1. A mais empregada matriz de exposição ocupacional para cancerígenos químicos é a CAREX desenvolvida pelo *Finnish Occupational Health Institute*, FIOH, mas a *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM vem sendo empregada por se basear em dados mais recentes. A maioria dos estudos epidemiológicos que empregou matrizes de exposições ocupacionais foi estrangeira. Apenas dois estudos realizados no Brasil foram encontrados, um sobre névoas ácidas em uma metalúrgica e outro, de abrangência nacional, para a sílica. Não foram encontrados estudos com estimativas de prevalência ou número de expostos ao benzeno no Brasil.

Estudo 2. Em 2010 havia 86.353.839 trabalhadores ativos no Brasil, dos quais 7.376.761 (8,5%) eram de grupos ocupacionais com exposição potencial ao benzeno. Estimou-se que 770.212 trabalhadores eram expostos ao benzeno, o que equivale a prevalência ponderada por grupo ocupacional de 8,9 / 1.000 trabalhadores, maior entre os homens (11,1 / 1.000) do que entre as mulheres (6,0 / 1.000). A maior parte dos expostos ao benzeno era do grupo de Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (62%). Quase todas (97%) as combinações entre grupamentos ocupacionais foram aceitas pelos especialistas.

Estudo 3. Foram encontrados 21.049 óbitos por leucemia no período do estudo, que corresponde a um coeficiente médio anual de mortalidade de 2,7 / 100.000 pessoas, no Brasil. Identificaram-se 1.917 (9,1%) óbitos por leucemia em trabalhadores de grupos ocupacionais potencialmente expostos ao benzeno, segundo a FINJEM. Entre esses, o coeficiente de mortalidade variou de 2,8 / 100.000 na indústria da borracha a 6,9/100.000 na impressão gráfica, e foi maior entre os homens em todos os grupos, exceção para os operadores de máquinas em lavanderias e tinturarias. A fração de óbitos por leucemia atribuível ao benzeno foi 6,2% (118 óbitos) em geral, 5,6% (108) para os homens e 0,5% (10) para as mulheres.

Conclusão. Estudo 1. Estimativas de prevalências sobre exposição ocupacional ao benzeno, com dados primários, são raras. O uso de matrizes de exposições ocupacionais tem demonstrado ser instrumento viável para o monitoramento de exposições ao permitir estimar o número de expostos, a partir de dados parciais ou presumidos. Estudo 2. O número e prevalência da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil são elevados mesmo ao se considerar os parâmetros da

Finlândia, presumivelmente melhores quanto a efetivação das normas de controle de riscos químicos. Dados nacionais são necessários para a elaboração de matrizes úteis para o monitoramento e avaliação do impacto do Acordo Nacional Benzeno, implementado desde 2002. Estudo 3. A mortalidade por leucemia na população adulta, no Brasil, foi menor que em países industrializados, mas entre os potencialmente expostos ao benzeno foi quase duas vezes maior que os demais trabalhadores. Isso sinaliza para a pouca efetividade das medidas de controle dessa exposição ocupacional reconhecida como importante cancerígeno, de longo período de latência. O Acordo Nacional do Benzeno precisa estar atento à permanência dessa exposição e efeitos futuros na saúde dos trabalhadores.

Descritores: Exposição Ocupacional. Benzeno. Matriz de Exposição Ocupacional. Prevalência da Exposição. Leucemias Atribuíveis. Fração Atribuível Populacional. Saúde do Trabalhador.

ABSTRACT

Introduction. Occupational exposure to benzene is a public health problem worldwide. It is recognized as an carcinogen exposure by the International Agency Occupational exposure for Research on Cancer (IARC), especially causing leukemias. This substance is subject to standards for control and data logging for monitoring. Worldwide exposure data are few and sparse, difficult to access, leading to the use of arrays of occupational exposures, MEO. These instruments allow the projection of prevalence and number of exposed from partial data. In Brazil we celebrated the National Agreement on Benzene and created the National Commission of Benzene over a decade, but there are no epidemiological estimates on the extent of the problem, as the number and prevalence of exposed or associated cancers, like the leukemias. This information is critical for surveillance of benzene and its effects on health.

General objectives. It is intended to contribute to the consolidation and improvement of surveillance of benzene and related to this exposure in Brazil leukemia, using a job exposure matrix developed in Finland, the Finnish Job Exposure Matrix, FINJEM to estimate the prevalence of non-exposed benzene in the workplace, their distribution by demographic descriptors, mortality from leukemia among exposed and the fraction attributable to occupational exposure to benzene.

Objectives specifics. 1) Study 1: To revise and summarize concepts and methods related to job exposure matrices, taking into consideration their use for epidemiological research, particularly in the context of occupational benzene exposure surveillance in Brazil. 2) Study 2: To estimate the number of workers exposed to benzene in the workplace and the prevalence of this occupational exposure in Brazil in 2010; 3) Study 3: to estimate the leukemia annual mortality and the fraction attributable to occupational benzene exposure in Brazil from 2006 to 2011.

Methods

Study 1: This is a literature review of job exposure matrices occupational, from 1980 to 2012, utilized used for benzene. We utilized the following key words – job exposure matrix, and benzene occupational exposure, in PubMed, Scielo and Lilacs. All underlying concepts and characteristics underlying the structure, type of exposure measures, and advantages and limitations.

Study 2. The study population comprises all active occupied workers living in Brazil in the study year. For the estimative was employed the FINJEM, in which benzene exposed prevalence estimative are calculated based on air samples from potentially exposed workplaces. Are considered exposed to benzene are those who work in environments with at least 0.1ppm of annual average. Occupational groups potentially exposed (yes/no) are those in which at least 5% of the workers are exposed to benzene. The approximate numbers of workers are those of occupational groups identified with at least 5% of workers exposed to an average of 0,1 ppm/year according to measures in workplaces. The occupational groups created with the Brazil Census 2010 corresponded to those used in FINJEM. Five occupational safety and health experts, familiar with occupational benzene exposure assessment, scored the degree of acceptance to each occupational group match.

Study 3. This is a mortality study conducted with data from the Mortality Information System (SIM). Leukemia was defined by codes from the International Classification of Diseases, 10th Revision, C90.1 to C95.0. Occupations recorded in SIM follow the Brazilian Classification of Occupations, CBO, 2.0. Data of the study population projections correspond to the Brazilian Institute of Geography and Statistics, IBGE, from the 2010 Census.

Results

Study 1: The most used job exposure matrix for chemical carcinogens was the Cancer Exposures, CAREX, developed by the Finnish Occupational Health Institute, FIOH, but the *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM has been used because it relies in more recent data. Majority of epidemiological studies relying in job exposure matrices was carried out in other countries. Only two studies used Brazilian data, one about acid mists with data from a metal plant industry and other for national

prevalence estimates of occupational silica exposure. No JEM for benzene exposure was found in Brazil.

Study 2. : In 2010, there were 86,353,839 active occupied workers in Brazil, from which 7,376,761 (8.5%) were potentially exposed to benzene in their jobs. We estimated that 770,212 workers were probably occupationally exposed to benzene that corresponds to a weighted prevalence of 8.9 / 1,000 higher among men (11.1 / 1,000) compared with women (6.0 / 1,000). Most benzene exposed were operators and mechanics of machinery and engines (62%). The experts accepted nearly all (97%) occupational group pair-matches.

Study 3. There were 21,049 leukemia deaths during the study time, corresponding to an average annual mortality of 2.7 / 100,000 workers in Brazil. There were 1,917 (9.1%) leukemia deaths among workers potentially exposed to benzene in the workplace, using a FINJEM. Among these, the mortality rate ranged from 4.5 / 100,000, 2.8 / 100,000 workers in the rubber industry and 6.9 / 100,000 workers from printing industries. Males had higher leukemia mortality than women in all trades except for machine operators in laundry and dry cleaning. Attributable fraction of leukemia deaths to occupational benzene exposure was 6.2% (n=108), 5.6% (n=108) among males and 0.5% (n=10) for females.

Conclusions

Study 1. Primary data on occupational benzene exposure are rarely available for research or surveillance. Job exposure matrices have been demonstrated as feasible instruments for monitoring exposures by allowing to estimate the total number of exposed from partial or presumed data. Study 2. The number and prevalence of workers probably exposed to benzene in their workplaces in Brazil are high although we used Finnish parameters, presumably better in respect to enforcement of control norms of chemical risks. Benzene exposure measurements are needed to develop a national job exposure matrix. National data are needed to produce useful matrices for monitoring and impact assessment of the National Agreement Benzene, implemented since 2002. Study 3. Leukemia mortality in the adult population in Brazil was lower than in industrialized countries. However among workers potentially exposed to benzene it was twice higher the estimates of other workers. These

findings point out to the low effectivity of control measures of this occupational exposure, recognized as carcinogenic, and large latency period. Authorities in charge of the National Benzene Agreement need to be aware of the permanence of this exposure and future effects on workers' health.

Key words: Job Exposure Matrix. Benzene. Occupational Exposure Benzene. Exposure Prevalence. Attributable Leukemias. Attributable Population Fraction. Workers Health.

ARTIGO I

**MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: USOS PARA ESTIMATIVAS
POPULACIONAIS DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO**

***JOB EXPOSURE MATRIX: USE TO ESTIMATE POPULATIONAL INDICATORS
OF OCCUPATIONAL BENZENE EXPOSURE***

Título Curto: MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Maria Juliana Moura-Correa¹, Vilma Sousa Santana¹

¹ Universidade Federal da Bahia, Instituto de Saúde Coletiva, Programa Integrado em Saúde Ambiental e do Trabalhador, Campus Universitário do Canela, Rua Augusto Vianna s/n, 2º andar, Salvador/Bahia – Brasil, CEP 40.110-060

RESUMO

MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: USOS PARA ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO

Objetivo. Revisar e sumarizar conceitos e métodos relacionados às matrizes de exposições ocupacionais, considerando-se o uso para a pesquisa epidemiológica, especialmente no contexto da vigilância da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil.

Métodos. Este é um estudo de revisão da literatura sobre matrizes de exposição ocupacionais, entre 1980 e 2012, utilizadas para o benzeno. Empregou-se a busca por palavras chaves – matrizes de exposição ocupacional e exposição ocupacional ao benzeno, no PubMed, Scielo e Lilacs. Identificaram-se os conceitos e características subjacentes à estrutura, tipo de medidas de exposição e suas vantagens e limitações.

Resultados. A mais empregada matriz de exposição ocupacional para cancerígenos químicos é a CAREX desenvolvida *pelo Finnish Occupational Health Institute, FIOH*, mas a *Finnish Job Exposure Matrix, FINJEM* vem sendo empregada por se basear em dados mais recentes. A maioria dos estudos epidemiológicos que empregou matrizes de exposições ocupacionais foi estrangeira. Apenas dois estudos realizados no Brasil foram encontrados, um sobre névoas ácidas em uma metalúrgica e outro, de abrangência nacional, para a sílica.

Conclusões. Estimativas de prevalências sobre exposição ocupacional ao benzeno, com dados primários, são raras. O uso de matrizes de exposições ocupacionais tem demonstrado ser instrumento viável para o monitoramento de exposições ao permitir estimar o número de expostos, a partir de dados parciais ou presumidos.

Palavras-chave: Matriz de Exposição Ocupacional. Benzeno. Prevalência.

ABSTRACT

JOB EXPOSURE MATRIX: USE TO ESTIMATE POPULATIONAL INDICATORS OF OCCUPATIONAL BENZENE EXPOSURE

Objective. To revise and summarize concepts and methods related to job exposure matrices, taking into consideration their use for epidemiological research, particularly in the context of occupational benzene exposure surveillance in Brazil.

Methods. This is a literature review of job exposure matrices used for benzene assessment, from 1980 to 2012. We utilized the following key words – job exposure matrix, and benzene occupational exposure, in PubMed, Scielo and Lilacs. All underlying concepts and characteristics underlying the structure, type of exposure measures, and advantages and limitations were identified and summarized.

Results. The most used job exposure matrix for chemical carcinogens was the Cancer Exposures, CAREX, developed by the *Finnish Occupational Health Institute*, FIOH, but the *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM has been used because it relies in more recent data. Majority of epidemiological studies relying in job exposure matrices was carried out in other countries. Only two studies used Brazilian data, one about acid mists with data from a metal plant industry and other for national prevalence estimates of occupational silica exposure. No JEM for benzene exposure was found in Brazil.

Conclusions. Primary data on occupational benzene exposure are rarely available for research or surveillance. Job exposure matrices have been demonstrated as feasible instruments for monitoring exposures by allowing to estimate the total number of exposed from partial or presumed data.

Key words: Job Exposure Matrix. Benzene Occupational Exposure. Estimates of Prevalence of Benzene Exposure.

ARTIGO I

MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: USOS PARA ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DE EXPOSTOS AO BENZENO

INTRODUÇÃO

A exposição ocupacional ao benzeno é um problema de saúde pública em todo o mundo. Desde 1982, esta substância foi reconhecida como carcinógena pela *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, órgão da *World Health Organization (WHO)*. É amplamente utilizada em diversos processos produtivos, como na produção do petróleo e na petroquímica, ou como subproduto da indústria química. O benzeno causa principalmente cânceres do sistema hematopoiético. Por ser essa uma exposição evitável, pode-se prevenir casos de câncer e, portanto, é alvo de vigilância em saúde recomendada por organismos internacionais.

A vigilância do benzeno compreende o monitoramento das exposições ambientais e ocupacionais, cujas mensurações se realizam em amostras de ar e de materiais biológicos. Em cada país, marcos regulatório respaldam essas ações, que incluem definições de grupos de risco a serem monitorados, de valores de referência tecnológicos ou limites de tolerância biológicos, dentre outros aspectos.

Em todo modelo de vigilância dados devem ser produzidos de modo a serem analisados, gerando informações com as quais se definem prioridades e objetos específicos de intervenções nos ambientes, inclusive locais de trabalho visando à prevenção da exposição ao benzeno e de seus efeitos danosos sobre a saúde. Além de mensurações e produção de informações sobre expostos e agravos, a vigilância da exposição compreende também ações de nível macroestruturais como a articulação de políticas intersetoriais, elaboração de normas e acordos, dentre outras, visando à restrição e controle do uso, comercialização consumo, destino de resíduos, e a exposição de trabalhadores.

A efetivação da vigilância da exposição ao benzeno se defronta com diversos obstáculos, dentre os quais se destaca a falta de dados epidemiológicos, especialmente de estimativas de prevalência de expostos, devida a muitas

dificuldades de mensuração da exposição, ou de acesso à informação quando ela existe, resultado do contexto político e implicações legais, fiscais e econômicas que circundam a detecção e registro de uma substância química causadora de danos à saúde. Em todo o mundo, inclusive em países avançados na saúde pública, como na Itália, Finlândia (Scarselli *et.al*, 2007; Kauppinen *et al*, 2007) e Grã-Bretanha (Evans & McElvenny, 2004) pesquisadores consideram que apesar da exposição ao benzeno ser compulsoriamente mensurada em empresas, ainda assim é necessária a realização de pesquisas para se obter informações complementares para a vigilância. Na falta de dados individuais, matrizes de exposição ocupacional, MEO, são instrumentos empregados para a obtenção de estimativas de expostos a partir de dados de parte da população ou de uma amostra, cujos registros de exposição são conhecidos ou presumidos, podendo ser extrapolados para a população desejada. Sua estrutura matricial compreende linhas e colunas, em geral grupos homogêneos de ocupação ou ramos produtivos, chamados de “grupos homogêneos de risco”, para os quais se definem níveis quali ou quantitativos de exposição a um ou mais agentes de risco. Acheson (1983) e Mannetje & Kromhout (2003) definem MEO como uma classificação cruzada de ocupação ou ramo produtivo e medidas de agentes de exposição.

Esses instrumentos têm sido amplamente utilizados no monitoramento de exposições pela sua praticidade, simplicidade e baixo custo, permitindo a produção de estimativas do número de expostos a fatores de risco ocupacionais, empregando-se dados parciais ou presumidos. Para alguns, como a mensuração permite apenas o conhecimento de dados projetados, é considerada como potencial e, portanto, denominada de matriz de exposição ocupacional potencial. Desde os anos 80, essas matrizes são empregadas para classificar estados e/ou níveis de exposição em trabalhadores ao nível dos indivíduos, grupos de ocupação, ou ramos produtivos. Uma das primeiras MEO foi desenvolvida nos Estados Unidos para o asbestos (Hoar *et al*, 1980), posteriormente aplicada em um conjunto de indústrias com exposições a agentes químicos no Reino Unido (Pannet *et al*, 1985).

Apesar de MEO ser mundialmente empregada para o monitoramento da exposição ao benzeno, o seu uso no Brasil ainda é limitado. Um dos primeiros estudos a utilizá-lo foi o de Vianna *et al* (2004), na investigação da associação entre exposição a névoas ácidas e saúde bucal em uma metalúrgica da Bahia. Utilizou-se

na sua construção, grupos ocupacionais e postos de trabalho, enquanto as mensurações de exposições foram realizadas com informações das equipes de toxicologia que conheciam, mas não podiam fornecer dados de mensurações ambientais da empresa. As medidas foram pontuais (presença/ausência de exposição), e de duração na perspectiva de toda a trajetória do trabalhador na empresa. Para projeções nacionais, Ribeiro *et al* (2005) desenvolveram uma MEO para a exposição ocupacional à sílica, empregando informantes-chave com experiência em toxicologia e inspeções em locais de trabalho. Com a matriz estimou-se o número de trabalhadores ativos, agregados por ocupação e grupos de atividade econômica.

Considera-se que diante das dificuldades encontradas na mensuração, ou no acesso e disponibilidade de dados sobre exposições reconhecidas como causadoras de agravos à saúde em locais de trabalho, a MEO é um importante instrumento para a vigilância, e em especial, para a avaliação da efetividade de intervenções. Portanto, o seu conhecimento precisa ser disseminado e o seu uso popularizado.

Nesse estudo, pretende-se revisar e sumarizar conceitos e métodos relacionados à MEO, considerando-se o uso e aplicações para a pesquisa epidemiológica e o contexto da vigilância da exposição ao benzeno no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo de revisão da literatura sobre matrizes de exposição ocupacional em periódicos de Saúde Pública e Epidemiologia, entre 1980 e 2012.

Foram levantadas e analisadas as publicações relacionadas ao tema de interesse, indexadas pelas bases de dados Lilacs (Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências Sociais), PubMed (base de dados da literatura internacional da área médica e biomédica, produzida pela National Library of Medicine, USA) e Scielo (biblioteca científica eletrônica). A escolha dessas bases de dados deveu-se a sua representatividade na indexação de revistas reconhecidas pela qualidade no campo da saúde. Os descritores foram: *job exposure matrix*, *prevalence of occupational exposure*, *methods of benzene exposure assessment*, *estimating benzene exposure*.

Inicialmente foram selecionados todos os artigos e resumos, os quais foram organizados a partir de combinações dos descritores, em publicações em português e inglês. Na segunda etapa, consideraram-se apenas os artigos completos com foco na exposição ocupacional à carcinógenos e em especial ao benzeno. Também foram selecionados publicações e textos referenciados nos artigos, sobre a exposição ao benzeno, monitoramento e método para estimativa de expostos, em especial para o Brasil.

A análise descritiva das publicações foi baseada na identificação dos conceitos e características subjacentes à estrutura, tipo de medidas de exposição e suas vantagens e limitações. As análises descritivas dos dados foram conduzidas empregando-se o aplicativo Excel®.

RESULTADOS

Do total de 25.652 resumos das publicações encontradas (PubMed n=24.902, Scielo n=431, Lilacs n=319) foram selecionados 42 artigos completos. A maioria dos estudos epidemiológicos que empregou matrizes de exposições ocupacionais foi estrangeira (n=28). Apenas dois estudos realizados no Brasil foram encontrados, um sobre névoas ácidas em uma metalúrgica e outro, de abrangência nacional, para a sílica. Outros estudos sobre exposição ao benzeno são resultado de vigilância (n=3) e estudos epidemiológicos (n=3) são de exposição a solventes, conforme demonstrado na Figura 2.

A MEO mais empregada mundialmente para cancerígenos é a CAREX e a *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM, que devido aos dados de mensurações atualizados trianualmente, tem sido utilizada em estudos recentes.

Estrutura

Na estrutura de uma MEO, as dimensões verticais e horizontais se constituem comumente em variáveis como postos de trabalho, etapas do processo de produção, plantas de empresas, uso de certos equipamentos, dentre outras. Essas dimensões

são representadas, empiricamente, por variáveis escolhidas de acordo com os dados disponíveis, o objetivo pretendido, e a factibilidade do seu uso. Essas variáveis podem ser quantitativas ou nominais (categoriais). As células podem expressar um cruzamento bidimensional, exposição e ocupação, ou tridimensional com exposição, ocupação, e tempo de exposição, como foi empregado na *Nordic Occupational Cancer Study - Job Exposure Matrices* (NOCCA-JEMS) (Kauppinen, 2009). O desenvolvimento da estrutura de uma MEO com maior complexidade, depende da disponibilidade de dados potencialmente úteis, da capacidade relativa referente às habilidades e conhecimento do pessoal, bem como recursos financeiros.

Classificações de ramo de atividade econômica e ocupação

Na revisão feita por Kromhout & Vermeulen (2001), identificou-se que a *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) (NACE, 2012) foi a mais comumente empregada em MEO. Enquanto que para grupos ocupacionais predomina *International Standard Classification of Occupations* (ISCO) (ILO, 2012) ou outras derivadas. A ISIC, da Organização das Nações Unidas, é considerada um sistema de classificação quase universal pelo seu uso na maioria dos países (Concha-Barrientos, 2004). No Brasil, por exemplo, a Classificação Nacional de Atividades Econômicas, CNAE, é derivada da ISIC. Especificamente, a CNAE 1.0, revisão ajustada em 2002, tem correspondência com a ISIC Rev. 3 e a CNAE 2.0, revisada em 2007 tem correspondência com a ISIC Rev. 4. Entretanto, a CNAE introduz maior detalhamento, de modo a dar conta da complexidade e diversidade da estrutura da produção econômica do País, e a demanda por informações econômicas.

Quanto à classificação da ocupação, há uma recomendação das Nações Unidas mediada pela *International Labour Organization*, ILO, visando a padronização internacional, em especial, dos dados censitários empregando-se a ISCO. O Brasil adota a Classificação Brasileira de Ocupação, CBO, desde 1977. Ela nomeia, classifica, e codifica os títulos das ocupações do mercado de trabalho brasileiro, com uma estrutura composta por dez grandes grupos de ocupações, desagregados em subgrupos até seis dígitos.

Mannetje & Kromhout (2003) avaliaram a confiabilidade da codificação da

ocupação e da indústria para a reprodutibilidade de uma MEO em outro país, encontrando concordância de 75% quando os códigos eram desagregados em três dígitos para grupos ocupacionais. Apesar de desejável, maior desagregação nem sempre é possível devido a falta de dados.

Usos e aplicações de MEO

Na Itália, Scarselli *et al* (2011) usaram uma MEO para avaliar a associação de variáveis de exposição e medidas de concentração da exposição ocupacional ao benzeno. Nessa matriz, a fonte de dados foram os registros de exposição obtidos do sistema de informações para agentes carcinógenos da Itália (SIREP), no período de 1996 a 2007, empregando-se classificações internacionais dos setores de atividade econômica (NACE rev. 1) e ocupações (ISCO). Rinsky *et al* (1987) usaram modelagem com base em dados de MEO, em um estudo de coorte para estimar exposição cumulativa, para verificar se existia associação entre benzeno e mortes por leucemia em trabalhadores de uma fábrica de borracha. A MEO permitiu determinar a exposição diária e imputação de dados faltantes utilizando métodos de interpolação e extrapolação. Em outro estudo (Friesen *et al*, 2012), uma MEO foi construída com mensurações de exposição ao benzeno, obtidas em inspeções de saúde e segurança, entre 1954 a 2000, e combinadas com medidas provenientes da avaliação subjetiva de especialistas. Assim foram definidos diferentes níveis de exposição no trabalho, de acordo com a ocupação, ramo de atividade econômica, e tempo calendário. Com esse procedimento foram construídas escalas de concentração da exposição cumulativa, por grupo e subgrupo de ocupação, para todo o período do estudo. Além disso, as estimativas foram projetadas para um grupo de ocupações ou ramos produtivos que não estavam originalmente representados na base de dados.

Na Finlândia, a FINJEM (*Finnish National Job-Exposure Matrix*), criada na década de 90 pelo *Finnish Institute of Occupational Health* têm em sua estrutura os agentes de risco, grupos ocupacionais, e mensurações por triênio da aferição, com as respectivas prevalências das exposições (Kauppinnen T, 2001; Kauppinnen *et al*, 2012).

Exposições pontuais e em períodos de tempo

A depender do tipo de dado requerido, a MEO pode ser utilizada para estimar exposições pontuais em um ponto do tempo, do tipo sim/não, instantâneas ou ao longo de períodos de tempo determinados, delimitando-se o tempo de duração da exposição. Medidas pontuais são mais fáceis e mais comumente obtidas. Para períodos de tempo, são necessários parâmetros como o tempo em que o trabalhador permaneceu em cada posto de trabalho, ou a variação da intensidade da exposição ao longo do tempo de estudo, em cada posto de trabalho. Além disso, pode-se desejar estabelecer medidas de intensidade da exposição em um momento de tempo, que pode produzir dados pontuais ou cumulativos.

Entende-se por exposição cumulativa, o somatório da quantidade total do agente a que o trabalhador se expôs ao longo de um período de tempo, considerando a dimensão de tempo, a duração da exposição no posto de trabalho, e a atividade realizada. Em relação ao momento de tempo para o qual se realiza a aplicação da MEO, pode-se utilizar, retrospectiva ou prospectivamente com projeções futuras, para cenários com parâmetros distintos, por exemplo. Diante dessa complexidade, esforços têm sido empreendidos para melhorar a qualidade das estimativas das exposições com MEO, tanto no que refere às medidas cumulativas como nas de duração (Rinsky *et al*, 1987; Friesen *et al*, 2012), pontuais (Concha-Barrientos *et al*, 2004; Scarselli *et al*, 2011; Lavoué *et al*, 2012) ou prospectiva (Kauppinen *et al*, 2012) .

Para o benzeno, considerou-se mensurações pontuais distribuídas de acordo com o *Permissible Exposure Levels* (PEL), da *Occupational Health and Safety Administration* (OSHA), que estabeleceu desde 1987, 3.2 mg/m³ ou 1ppm (OSHA, 1989), analisado em 1) baixo, ≤1 ppm, variação de 0.90-0.50, e 2) alto >1ppm, variação de 0.10-0.50 ppm. Para exposição média, de longo prazo, em ambiente controlado, considerou-se a variação de 0,3 - 0,5 vezes o PEL. Estimativas de exposição retrospectivas com medida pontuais foram calculadas com uma MEO empregando-se medidas de tendência central por Scarselli *et al* (2011). Para os níveis de exposição, utilizaram-se a média aritmética e geométrica, e para variabilidade, o desvio padrão. Mensurações haviam sido realizadas pelas empresas e disponibilizadas no SIREP. Essa e outras aplicações de MEO, para diferentes tipos de medida e modos de mensuração da exposição ao benzeno, podem ser vistas no Tabela 1.

A CAREX

O projeto *Europe Against Cancer*, da União Europeia, por meio do *Finnish Institute of Occupational Health*, FIOH, projetou a CAREX (*CARcinogen EXposure*), para produzir estimativas de exposição ocupacional a carcinógenos em 15 estados membros da União Europeia. Com a CAREX se estimou, em cerca de 22 milhões, o número de trabalhadores expostos a algum dos grupos de carcinógenos definidos pela IARC, sendo 1,4 milhão os expostos ao benzeno, no período de 1990 a 1993 (Kauppinen *et al*, 1998b; Kauppinen *et al*, 2000; Concha-Barrientos, 2004). Entre os países houve muita variação do número de expostos e da prevalência, conforme pode ser visto no Quadro 1, ainda que se empregasse a mesma matriz para estimativa de dados.

A CAREX encontra-se disponível em MS Access após solicitação direta ao FIOH. É construída com dados referentes a atividade econômica e o tipo de trabalho ou ocupação. Apresenta dados de 139 agentes carcinógenos definidos pela IARC nos Grupos 1, carcinógeno para humanos, 2A, provável carcinógeno, e 2B, possível carcinógeno (Kauppinen *et al*, 1998; Kauppinen *et al*, 2000) para 55 classes e nove setores de atividade econômica. Para estimar o número de expostos, empregam-se dados da população economicamente ativa com idade ≥ 15 anos, extraídos de bases censitárias ou de fontes de dados administrativas e econômicas.

A qualidade do desempenho da CAREX foi analisada comparando-se os números projetados de expostos obtidos com diferentes instrumentos, e referência à exposição à sílica. Os resultados mostram que a fração estimada de expostos, com o uso da CAREX, foi igual ou inferior ao estimado em estudos epidemiológicos para os mesmos países. Por exemplo, a proporção de expostos a partir do uso da CAREX foi de 2,3%, enquanto que as estimativas com base em estudos epidemiológicos foi de 3,7%, no Vietnã (Kauppinen, 2000; Concha-Barrientos *et al*, 2004).

Outras MEO empregadas para o benzeno

Rinsky *et al* (1987) utilizaram uma MEO para estimar a exposição cumulativa ao benzeno. Para isso, estimou uma exposição diária de benzeno por indivíduo para obter o valor acumulado ao longo da história de trabalho de 40 anos, empregando as

dimensões, classe de atividade econômica e ano calendário. Com essas medidas, a população foi categorizada em quatro estratos de exposição em ppm-ano, até 39, 40 a 199, 200 a 399, e mais de 400. Em outro estudo, estimou-se a distribuição da exposição cumulativa por grupos das indústrias, tendência do tempo, e classificação de taxa de intensidade de trabalho (Friesen *et al* 2012). A intensidade de trabalho foi classificada com o ponto de corte em três níveis de exposição (2,5, 4,0 e 7,5 mg/m³), utilizando como referência um estudo de 1980, que estimou a média geométrica de intensidade de exposição por trabalho/ano.

O uso de diversos tipos de matrizes para estimativas de exposição vem sendo acompanhado de pesquisas sobre a validade desses instrumentos. Os indicadores de validade mais comumente utilizados são de validade operacional a exemplo da sensibilidade, especificidade e o índice Kappa (k). Alguns estudos mostram que o grau de concordância entre diferentes MEO empregadas para estimar a exposição ao benzeno foi moderada, $k=0,30$ (Kromhout *et al*, 1992) e $k=0,39$ (Lavoué *et al*, 2012). Para avaliar o erro de classificação da exposição ao benzeno, compararam-se resultados de uma MEO que resultou em uma sensibilidade de 41% e especificidade de 99%, para homens (Kauppinen *et al* 1992).

Entretanto, apesar desses avanços, os dados relativos à exposição ao benzeno são ainda limitados. Em uma busca na literatura, profissionais das instituições afins com o tema, pesquisadores, lideranças, sindicatos, dentre outros, foram encontradas poucas publicações, algumas bases de dados ainda não disponíveis para a pesquisa, e raros informes sobre a prevalência da exposição ao benzeno no Brasil. Os resultados estão apresentados no Quadro 2.

Mensurações da exposição ao benzeno no Brasil

No Brasil, ações de prevenção da exposição ocupacional ao benzeno foram recomendadas com base em acordos tripartites entre governo, empregadores e trabalhadores. O Acordo Nacional do Benzeno, ANB, celebrado em 1994, teve como ponto central a criação da Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz), criada um ano depois, que detém a responsabilidade de gerir a efetivação do ANB. Dessa instância da vigilância em saúde, surgiram ações, definição de atribuições e procedimentos visando a restrição do uso e da circulação do benzeno, em especial,

nas empresas que produzem, transportam, armazenam, utilizam ou manipulam benzeno e suas misturas líquidas, contendo 1% (um por cento) ou mais em volume, excluindo-se as empresas do ramo dos combustíveis (Machado, 2003). Além disso, a Norma Regulamentadora Nº 7 (NR-7), do Ministério do Trabalho e Emprego, estabeleceu a compulsoriedade e natureza sistemática da realização de exames periódicos dos trabalhadores expostos ou potencialmente expostos, enquanto a NR 9, estabeleceu parâmetros para as mensurações ambientais (Brasil, 1994a; 1994b).

Estudos sobre exposição ocupacional no Brasil (Tabela 2) se iniciaram na década de 50, com pesquisas pioneiras desenvolvidas pelo Serviço Social da Indústria, SESI. Um desses estudos foi o de Bedrikow (1955), um inquérito com 72.782 trabalhadores das indústrias do município de São Paulo, realizado entre 1953 e 1955, que encontrou 5.313 trabalhadores expostos a solventes orgânicos (7,3%). O mesmo estudo foi replicado no Rio de Janeiro, em 1954, encontrando-se 10,5% dos trabalhadores industriais expostos a “vapores tóxicos” (Gondim & Latgé, 1959).

Apesar da expansão industrial no Brasil durante a década de 50 e do aumento do número de plantas de produção petrolífera e de complexos petroquímicos, estudos sobre essa exposição somente vieram a ocorrer na década de 90, quarenta anos depois. Em 1992, como parte das reações frente à morte de um médico do trabalho por leucemia atribuída à exposição ao benzeno, foram realizados vários estudos com trabalhadores do Complexo Petroquímico de Camaçari na Bahia, dentre os quais um que tratava da exposição especificamente (Kato *et al*, 1993). Os autores detectaram a presença de benzeno no ar nas atividades de manutenção de equipamentos (44 ppm), nas unidades que usavam solventes no processo de trabalho (de 1,5 a 6,5 ppm), e em unidades que utilizavam benzeno como matéria prima (0,05-2,00 ppm), todas acima do valor de referência tecnológico (VRT) preconizado para o Brasil (1ppm para empresas). No município de São Paulo, entre 1999 e 1995, mensurações do benzeno de uma siderúrgica mostraram que a média de concentração de benzeno no ar foi de 4 ppm, entre 1996 e 1997, e 3,36 ppm, no ano de 2000. Ambas as medidas acima do VRT de 2,5 ppm definido para siderúrgicas (Costa, 1996). Outro estudo, também realizado em São Paulo em uma fábrica de artefatos de borracha, mostrou que a medida de benzeno no ar foi <1 ppm (Andrade *et al* 1998). Portanto, na década de 90, os dados

disponíveis mostram que a exposição ao benzeno ainda não se encontrava sob o controle desejado e preconizado no marco regulatório em efeito.

Como muitos estudos sobre exposições são realizados por instituições voltadas menos para a pesquisa e mais para a vigilância, não há grande valorização da publicação em periódicos, buscou-se por meio de contatos com lideranças com atividade relacionada ao benzeno, obter dados sobre essa exposição. Contactaram-se pesquisadores da Fundacentro, sede nacional e da Bahia, Fiocruz-RJ (Cesteh), MTE, alguns deles envolvidos com estudos conduzidos em empresas específicas. Entretanto não foi possível a recuperação dos dados brutos, relatórios de pesquisa ou de monitoramento toxicológico.

O Ministério do Trabalho e Emprego disponibilizou, em 2011, um cadastro com uma lista de 117 empresas, nas quais o benzeno faz parte do processo de produção, compreendendo 25.275 trabalhadores. O cadastro contempla variáveis de localização da empresa, número de trabalhadores, sexo e presença de menor e, identificação categorial (sim/não) de exposição ao benzeno, em setores específicos do processo de produção. Entretanto, não contempla a variável ocupação ou grupo de ocupações por setores das empresas. Além disso, os dados são informados pelas empresas, na época do cadastro, não vêm sendo atualizados periodicamente, o que resulta em registros descontínuos da variabilidade da força de trabalho, no período.

Aparentemente isso se deveu ao início da efetivação de medidas de controle das empresas com atividade de aquisição e fornecimento de benzeno, mas principalmente para o cumprimento dos dispositivos legais, para os quais é prerrogativo o mapeamento das empresas e sua inserção entre setores abrangidos pelo ANB. Na continuidade, para monitorar essa exposição nas empresas cadastradas foi concebido o Sistema de Monitoramento da População Exposta a Agentes Químicos, SIMPEAQ, iniciativa da Comissão Nacional Permanente do Benzeno, sob a responsabilidade do Ministério da Saúde. Este sistema se constitui em mais do que um sistema de monitoramento biológico e ambiental dos trabalhadores expostos, com vistas a estimativas de prevalências por níveis de exposição. Mas sim, em um complexo sistema de vigilância eletrônica, com mecanismos para identificação de eventos sentinela, por exemplo (Machado, 2003;

Brasil, 2009). Esse sistema foi desenvolvido em 2003, mas apesar de testado em um estudo piloto, entre 2004 e 2006, e contando com dados fornecidos pelas empresas cadastradas como de risco para a exposição ao benzeno, ainda não se encontra em pleno funcionamento devido a problemas técnico-operacionais. No Quadro 2 apresentam-se os resultados dessa busca para melhor visualização. Essa informação é importante para alertar pesquisadores e profissionais de saúde do trabalhador sobre as dificuldades de acesso a dados e informações clássicas, e de geração compulsória como a da exposição ao benzeno.

O SESI-Bahia vem desenvolvendo um sistema de informações em saúde do trabalhador em linha (online), que integra dados do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, PPRA, e do Programa de Controle Médico de Saúde, PCMSO, incluindo dados sobre a saúde e também sobre os agentes de risco ocupacionais, percebidos e mensurados por equipes de toxicologia. Embora se volte prioritariamente para indústrias de médio e pequeno porte, onde são poucas as que utilizam benzeno, disponibilizou os seus dados para a pesquisa para as autoras. Entre 2010 e 2011, das nove (n=9) empresas que contavam com mensurações ambientais para o benzeno, apenas duas (n=2, 22,2%) apresentaram níveis detectáveis, estimados em 0,035 - 0,47ppm e 0,07 ppm, respectivamente, o que totaliza 2.279 trabalhadores expostos, mas os valores ficaram abaixo do valor de referência empregado no Brasil.

Dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação, SINAN, provenientes das fichas de Intoxicação Exógena que incorpora uma variável sobre o tipo do agente químico foram explorados, mas se encontrou apenas 28 registros de exposição por benzeno, entre os anos de 2006 e 2011. Com dados da Ficha do Câncer Ocupacional, dos 225 casos registrados entre 2007 e 2010, foram apenas 18 registros de expostos ao benzeno, para o qual há um campo específico para registro dessa exposição, conforme apresentado na Figura 1.

Embora o sistema permita a identificação do agente de exposição, na Ficha de Intoxicação Exógena os registros são, a sua maioria, de produtos químicos, enquanto na Ficha de Câncer Ocupacional, observou-se que em 72% das fichas esse campo não é preenchido. Outra fonte de dado utilizada para fins previdenciários de comprovação de exposição ocupacional é o Perfil Profissiográfico

Previdenciário, PPP, instituído em 2007, pelo Ministério da Previdência Social. Nele há registros de dados administrativos da empresa e do trabalhador, de avaliações individuais e ambientais, por atividade, intensidade e concentração, de toda a vida laboral do trabalhador. Entretanto, esses dados não estão disponíveis para pesquisa.

Estas evidências empíricas disponíveis até o primeiro deste século XXI, mostram, infelizmente, que apesar dos avanços regulatórios e do crescimento da pesquisa em Saúde do Trabalhador, inclusive com a implantação de laboratórios de toxicologia em vários centros de pesquisa, inexistente de fato um sistema de monitoramento, é difícil o acesso aos dados, e possivelmente um sentimento de dever cumprido com os avanços no marco regulatório. Esses fatores determinaram, certamente, a escassez de dados epidemiológicos e publicações sobre essa importante exposição.

Esses achados demonstram a insuficiência de dados disponíveis no Brasil que possibilitem a produção imediata de estimativas de prevalência de expostos ao benzeno ou mesmo de elaboração de uma MEO própria, a partir de uma base de dados primários de trabalhadores ou de mensurações de ambientes de trabalho. Também não permitem a definição de padrão de referência para revisão, ajuste ou avaliação de concordância para variáveis de exposição por ocupação, para fins de validação de uma MEO nacional. Por essa razão, só é possível realizar as estimativas de prevalência da exposição ao benzeno no Brasil, pelo uso direto de MEO, com medidas originárias de outro país. Isso aponta para a urgente necessidade de se elaborarem estudos visando ou a validação para o País de MEO disponíveis ou a criação de uma MEO própria com dados primários de mensuração da exposição ao benzeno, coletados com o mais elevado rigor.

Vantagens, desvantagens e perspectivas

Uma das vantagens no uso de MEO é o seu potencial de aplicabilidade para a realização de estimativas de exposição ocupacional em países, cujos dados de mensurações individuais ou ambientais são limitados ou inexistentes. Nessas circunstâncias, a utilização de matrizes é o único método factível para estimativas do

número e prevalência de expostos. Além disso, o uso de matrizes tem sido considerado uma importante ferramenta em estudos epidemiológicos ocupacionais, principalmente pela viabilidade de reduzir o viés de memória e informação (Kauppinen *et al*, 1992). É também um importante instrumento para vigilância em ambientes de trabalho, pois são de fácil uso, baixo custo, permitindo seu uso de forma sistemática, resultando em ampla cobertura. Além disso, permitem a comparabilidade e consistência dos resultados das estimativas de prevalência entre os países (Rantanen *et al*, 2002).

No entanto, apesar das vantagens, uma de suas limitações metodológicas é o erro de classificação potencial, decorrente da impossibilidade de explicitar a variabilidade de exposição dentro dos grupos ocupacionais, entre os diferentes locais de trabalho ou períodos calendário. Esse problema tem sido apontado em estudos como responsável por alterar a proporção de exposição a falsos positivos e falsos negativos, principalmente quando a prevalência é baixa (Kauppinen *et al*, 1992; Tielemans *et al*, 1999; Benke, 2001). Kauppinen (1992) sugere incorporar as dimensões de tempo e empresa para aumentar a precisão. Entretanto, apesar do estudo de Friesen *et al* (2012) avança na superação dessa limitação com a adoção de modelagem complexa, sua aplicabilidade e reprodutibilidade generalizada é limitada, especialmente para outras regiões ou países nos quais as mensurações individuais e ambientais da exposição ocupacional ao benzeno não estão disponíveis.

A perspectiva do uso de MEO tem se constituído em importante ferramenta para a vigilância em saúde do trabalhador, pela sua potencialidade de estimar exposições ocupacionais. Ela tem possibilitado o monitoramento da população exposta ao benzeno e o planejamento da ação da vigilância, pela viabilidade de produzir estimativas da exposição a grandes grupos populacionais, permitindo assim, o estabelecimento de prioridades da ação entre os grupos ocupacionais e seus fatores de risco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos epidemiológicos com abordagem metodológica de matrizes têm representado importante contribuição dos pesquisadores para superar a insuficiência das informações individuais de exposição e os limites dos monitoramentos, em estimativas de exposição ocupacional ao benzeno – sempre imprecisa. Na tentativa de melhorar o desempenho da MEO, elas têm sido desenvolvidas com recursos cada vez mais sofisticados e complexos. Entretanto, MEO com métodos combinados, por sua complexidade e informações requeridas, têm a sua utilização limitada. Para a vigilância, esses métodos complexos, e baseados em muitos tipos diferentes de dados, são de limitada factibilidade. Já as matrizes como, por exemplo, a *CAREX* e a *FINJEM*, entre outras nacionais, que apresentam medidas que permitem a utilização global e reprodutibilidade em outros países, são essências para a pesquisa epidemiológica e vigilância em saúde do trabalhador, principalmente em regiões com escassos registros de medidas direta de concentrações de benzeno ar e de monitoramento biológico dos indivíduos. Sua aplicação, como por exemplo, no Brasil é a única possibilidade de realizar estimativas populacionais de prevalência da exposição ocupacional ao benzeno e a identificação da distribuição da exposição por ramo de atividade econômica, informações estas fundamentais para efetividade da vigilância em saúde nos ambientes de trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Acheson ED. What are job exposure matrices? En: Medical Research Council, Environmental Epidemiology Unit. Job exposure matrices: Proceedings of Southampton Conference held. April 1982. Southampton: Southampton, 1-4, 1983.
2. Andrade, E A, Remencius NR, Silva ZS. Avaliação da exposição ocupacional a tolueno numa fábrica de artefatos de borracha da região sul da cidade de São Paulo. São Paulo: Edição Especial, 1998.
3. Bedrikow B. Serviço Social da Indústria (SESI). Relatório de empresas com avaliações da exposição ao benzeno. São Paulo, 1955. [mimeografado]
4. Benke G, Sim M, Fritchi L, *et al.* Comparison of occupational exposure using three different methods: hygiene panel, job exposure matrix (JEM), and self-reports. *Appl Occup Environ Hyg*,16:84–91, 2001.
5. Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Classificação Nacional de Atividades Econômicas- CNAE. CONCLA. [Acessado 2012 jul 15]. Disponível em: <http://concla.ibge.gov.br/>
6. Brasil. Ministério do Trabalho e do Emprego. Classificação Brasileira de Ocupações -CBO. MTE. [Acessado 2012 jul 15]. Disponível em: <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/home.jsf>
7. Brasil. Portaria MS nº 136 de 9 de julho de 2009. Institui o Grupo de Gestão Nacional do Sistema de Informação e Monitoramento de Populações Expostas a Agentes Químicos-SIMPEAQ. Diário Oficial da União, Brasília, 2009.
8. Brasil Portaria SSST/MTE nº 24, 29 de dezembro de 1994. Ministério do Trabalho e Emprego. Estabelece a obrigatoriedade do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional- PCMSO. Norma Regulamentadora Nº 7. Diário oficial da União, Brasília, 30 de dezembro de 1994.
9. Brasil. Portaria SSST/MTE nº 25, 29 de dezembro de 1994. Ministério do Trabalho e Emprego. Estabelece a obrigatoriedade do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Norma Regulamentadora Nº 9. Diário oficial da União, Brasília, 15 de fevereiro de 1995.
10. Brasil. Portaria GM nº 776, de 28 de abril de 2004. Ministério da Saúde. Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno, e dá outras providências. Diário oficial da União, Brasília, 29 de abril 2004.
11. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Risco químico: atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno. Série A. Saúde do Trabalhador: Protocolo de Complexidade Diferenciada. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

12. Chaves, J *et al.* TICAREX: Exposiciones laborales a agentes cancerígenos y plaguicidas en Costa Rica. *Arch Prev Riesgos Labor*; 8 (1):30-37, 2005.
13. Concha-Barrientos M, Nelson DI, Driscoll T *et al.* Selected occupational risks. In: Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray CJL, eds. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva, World Health Organization, 1652–1801, 2004.
14. Costa D, Cardoso L, Arcuri A. *Doenças do Trabalho na Cosipa. Relatório. DRT. Fundacentro. CD Repertório do Benzeno*, 2001.
15. Demers P A, Peters C E, Nicol AM. *Priority Occupational Carcinogens for Surveillance in Canada: Preliminary Priority List*. School of Environmental Health University of British Columbia, 2008.
16. Dourado AG & Kato M. Avaliação da exposição ocupacional a solventes orgânicos na indústria gráfica: um estudo em 63 indústrias do estado de São Paulo. IN: Dourado AG. *Segurança e saúde do trabalho: uma perspectiva prática*. Brasília: SESI/DN, Unidade de Saúde e Segurança do Trabalho-UniSaúde, Série SESI em Saúde e Segurança no Trabalho, v.8, 11-25, 2010.
17. Evans, G & McElvenny D. Burden of occupational cancer in Great Britain. Health & Safety Laboratory, summary of workshop held on 22-23 november, 2004.
18. Friesen MC, Coble, JB, Lu W, *et al.* Combining a Job-Exposure Matrix with Exposure Measurements to Assess Occupational Exposure to Benzene in a Population Cohort in Shanghai, China. *Ann. Occup. Hyg*, 56 (1):80–91, 2012.
19. Gondim, P. M. & Latgé, M. Problemas de higiene industrial no Estado do Rio de Janeiro. *Rev. Serv. Esp. Saúde Públ*, 1/2: 565-606, 1959.
20. Hoar SK, Morrison AS, Cole P *et al* An occupation and exposure linkage system for the study of occupational carcinogenesis. *J Occup Med* 22:722-726, 1980.
21. ILO, International Labour Organization. International standard industrial classification of all economic activities (ISIC). 3rd Revision. [cited 2012 jul 14]. Available from: <http://www.ilo.org/stat/lang--en/index.htm>
22. Kato M, Rocha MLR, Carvalho AB, *et al.* Occupational exposure to neurotoxicants: preliminary survey in five industries of the camaçari petrochemical complex, Brazil. *Environmental Research*, 61:133-139, 1993.
23. Kauppinen T, Heikkila P, Plato N, *et al.* Construction of job-exposure matrices for the Nordic occupational cancer study. *Acta Oncologica*, 48:791-800, 2009.
24. Kauppinen T, Mutanen P, Seitsamo J. Magnitude of misclassification bias when using a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health*, 18:105-112, 1992.

25. Kauppinen T, Pajarskiene B, Podniece Z, Rjazanov V, *et al.* Occupational exposure to carcinogens in Estonia, Latvia, Lithuania and the Czech Republic in 1997. *Scand J Work Environmental Health*, 27(5): 343-345, 2001.
26. Kauppinen T, Saaalo A, Pukkala E, *et al.* Evaluation of a National Register on Occupational Exposure to Carcinogens: Effectiveness in the Prevention of Occupational Cancer, and Cancer Risks among the Exposed Workers. *Ann. Occup. Hyg*, 51 (5):463-470, 2007.
27. Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D, *et al.* Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occup Environ Med*, 57:10-18, 2000.
28. Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D, *et al.* Occupational Exposure to Carcinogens in The European Union in 1990-93. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 1998b.
29. Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From crosstabulations to multipurpose exposure information systems: a new job-exposure matrix. *Am J Ind Med*, 33: 409–417, 1998a.
30. Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, *et al.* Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. *Ann. Occup. Hyg*, 1-17, 2012.
31. Kogevinas M, Haar RV, Fernández F *et al* Sistema de Información sobre exposición ocupacional a cancerígenos en España en el año 2004. Impreso em março de 2006.
32. Kromhout H, Heederik D, Dalderup ML, *et al.* Performance of two general job-exposure matrices in a study of lung cancer morbidity in the Zutphen Cohort. *American Journal of Epidemiology*, 136: 698-711, 1992.
33. Kromhout H, Vermeulen R. Application of job-exposure matrices in studies of the general population: some clues to their performance. *Eur Respir Rev*, 11: 80–90, 2001.
34. Lavoué J, Pintos J, VanTongeren M *et al.* Comparison of exposure estimates in the Finnish job-exposure matrix FINJEM with a JEM derived from expert assessments performed in Montreal. *Occup Environ Med*, 1-7, 2012.
35. Machado JMH, Costa DF, Cardoso L M *et al.* Alternativas e processos de vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil. *Cien Saúde Colet*, 8:913-921, 2003.
36. Mannetje A, Fevotte J, Fletcher T *et al.* Assessing exposure misclassification by expert assessment in multicenter occupational studies. *Epidemiology*, 14: 585–592, 2003.
37. Mannetje AM, Kromhout H. The use of occupation and industry classifications in general population studies. *International Journal Epidemiology*, 32:419-428, 2003.

38. Mirabelli D & Kauppinen T. Occupational Exposures to Carcinogens in Italy: An Update of CAREX Database. *INT Journal Occupational Environmental Health*, 11:53–63, 2005.
39. NACE, Statistical Office of the European Commission. Statistical Classification of Economic Activities in the European Community. Rev 1. [cited 2012 jul 14]. Available from: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/NACE_backgrounds
40. OSHA. Safety & Health Administration - United States Department of Labor-Occupational. Permissible exposure limits, codified at 29 CFR1910.1000. U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health, Administration.[cited 2012 jul 15]. Available from: <https://www.osha.gov/SLTC/pel/index.html>
41. Pannet B, Coggon, D, Acheson, D. A job-exposure matrix for use in population based studies in England and Wales. *British Journal of Industrial Medicine*, 42:777-783, 1985.
42. Rantanen J, Kuappinen T, Suvi L, *et al.* Work and health country profiles of twenty-two European Countries. People and Work Research Reports 52. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 2002.
43. Ribeiro FSN, Camargo EA, Wunsch F V. Delineamento e validação de matriz de exposição ocupacional à sílica. *Revista de Saúde Pública, São Paulo*, v. 39, n. 1, jan. 2005.
44. Rinsky R A. Benzene and Leukemia: An Epidemiologic Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives*, 82:189-191, 1989.
45. Scarselli A, Binazzi A, Marzio D. D. Occupational exposure levels to benzene in Italy: findings from a national database. In *Arch Occup Environ Health*, 84: 617-662, 2011.
46. Scarselli A, Montarulli C, Marinaccio A. The Italian information System on Occupational Exposure to Carcinogens (SIREP): Structure, contents and future perspectives. *Ann. Occup Hyg*, 51(5):471-478, 2007.
47. Scarselli A, Marinaccio, A. ISPESL Register of Workers Exposed to Carcinogens: A Survey. *Prevention Today*, v. 2, n. 1-2, 39-46, 2006.
48. Tielemans E, Heederik D, Burdorf A, *et al.* Assessment of occupational exposures in a general population: comparison of different methods. *Occup Environ Med*, 56:145-151, 1999.
49. Vianna MI, Santana VS, Loomis D. Occupational exposures to acid mists and gases and ulcerative lesions of the oral mucosa. *American Journal of industrial medicine*, 45:238–245, 2004.

Tabela 1- Mensuração da exposição ao benzeno empregando MEO

Autor/ano	Local/período	Tipo da medida de exposição	Parâmetro da medida	Níveis
Rinsky <i>et al</i> , 1987	Estados Unidos 1939-1976	Retrospectiva Cumulativa	Pessoa/ano Soma da exposição diária/carreira	Quatro estratos: 39 ppm/anos 40-199 ppm/anos 200-399 ppm/anos < 400 ppm ano
Concha-Barrientos <i>et al</i> , 2004	União Europeia 1990-1993	Retrospectiva Pontual: intervalar	Prevalência Pessoa/ano Média anual	Dois estratos: baixo (≤ 1 ppm) alto (> 1 ppm)
Scarselli <i>et al</i> , 2011	Itália 1996-2007	Retrospectiva Pontual: tendência central	Média aritmética (MA) Média geométrica (MG) Desvio padrão geométrico (DPG)	MA=0,09 ppm MG= 0,02 ppm.
Friesen <i>et al</i> , 2012	Xangai 1945-2000	Retrospectiva Cumulativa	Média geométrica Intensidade (GMI) Taxa de intensidade trabalho/indústria/tempo	Três estratos: 2,5 mg/m ³ 4,0 mg/m ³ 7,5 mg/m ³
Lavoué <i>et al</i> , 2012	França 1996-2004	Retrospectiva Pontual	Prevalência Pessoa/ano Média anual	Um estrato: 1ppm/ano
Kauppinen <i>et al</i> , 2012	Finlândia 1950-2020	Prospectiva Pontual	Prevalência Pessoa/ano Média anual	Um estrato: 1ppm/ano

Nota: ppm= partícula por milhão. 1 ppm = 3,25 mg/m³.
Média Aritmética (MA). Média Geométrica (MG). Desvio padrão geométrico (DPG)

Tabela 2 – Sumário dos estudos com dados de exposição ao benzeno e solventes. Brasil, 1955 a 2012

Autor/ano	Local/período/ instituição	População	Desenho de estudo	Parâmetro/ medida	Resultados
Bedrikow, 1955	São Paulo/SP (SESI) Período: 1953-1955	72.782 industriá- rios	Inquérito epidemioló- gico	Concentração de solventes orgânicos	Prevalência de expostos 7,3% 5.313 expostos
Kato <i>et al</i> , 1993	Camaçari, Ba (MTE/Fundacentr o) Período: 1993	Cinco empresas Complexo Petroquím ico	Estudo de vigilância	Concentração de bz no ar	Manutenção 44 ppm Atividade c/solventes 1,5-6,5 ppm Atividade c/bz 0,05-2,00 ppm
Dourado & Kato, 2010	São Paulo/SP (SESI) Período:2005	6564 Gráficos 63 empresas	Estudo Ecológico	Concentração de solventes orgânicos	Prevalência de expostos 18,5%
Andrade <i>et al</i> , 1998	São Paulo/SP Período:1998	Fábrica de borracha	Estudo de vigilância	Concentraçã o de bz no ar	<1 ppm
Costa & Arcuri, 2001	São Paulo/SP (MTE) Período: 1996-1997 2000	328 expostos ao bz - siderúrgica	Estudo de vigilância	Média de concentração de bz no ar	4ppm 3,36ppm

Quadro 1. Estimativas do número de expostos ao benzeno utilizando a CAREX

Autores	Local/Período	Número estimado de expostos ao benzeno
Kauppinen <i>et al</i>, 1998, 2000	União Europeia Período: 1990-1993	1.4 milhão
Kauppinen <i>et al</i>, 2001	Estônia, Letônia, Lituânia, República Checa. Período: 1997	Estônia =7 mil Letônia=8 mil Lituânia=29 mil República Checa=67 mil
Chaves, 2005	Costa Rica Período: 2002	52.000
Kogevinas <i>et al</i>, 2006	Espanha Período: 2000- 2004	90.000
Mirabelli & Kauppinen, 2005	Itália Período: 2000-2003	180.000
Scarselli & Marinaccio , 2007	Itália Período: 1996-2004	184.025
Kauppinen <i>et. al</i>, 2007	Finlândia Período: 1980-2000	500.000
Cherrie <i>et al</i>, 2007	Grã Bretanha Período: 1990-1993	298.000
Demers <i>et al</i>, 2008	Canadá Período: 2001-2005	101.000

Quadro 2– Demonstrativo da busca por dados de mensurações da exposição ao benzeno, junto às instituições de Saúde do Trabalhador. Brasil, 2010 a 2011

Instituição	Fonte de dados	Estrutura e composição	Situação
Ministério do Trabalho e Emprego	Cadastro de empresas Critérios: Empresas que produzem, transportam, utilizam ou manipulam bz ¹ Exclui empresas de combustíveis Atende Acordo Nacional do Benzeno e	Dados em 2011 de 117 empresas, compreendendo 25.275 trabalhadores Base de dados compreende as seguintes variáveis: nome da empresa, CNPJ, CNAE, telefone, nº de homens, mulheres e menores de idade, presença de exposição ao benzeno em setores específicos do processo de produção a exemplo do processamento, projeto, instalações, e informações adicionais.	Dados parciais do cadastro podem ser encontrados: http://portal.mte.gov.br/seg_sau/empresas-que-trabalham-com-o-benzeno.htm Dados desatualizados do número de trabalhadores, realizados na data do cadastro. Não correspondem à totalidade dos ramos de atividade econômica, nem das empresas que utilizam benzeno no processo produto. Não contempla a variável ocupação.
	Dados de exames de periódicos de trabalhadores	Coorte de casos de leucopenia	Dados não encontrados Uma empresa
Ministério da Saúde	SIMPEAQ Empresas do cadastro do Acordo Nacional do Benzeno	Mensurações individuais e ambientais quantitativas informadas pelas empresas	Sistema ainda em fase de implantação
	SINAN ³	Registro de Intoxicação Exógena bz-28 casos Registro de câncer por exposição ao bz – 18 casos	Registros de intoxicação exógena são em sua maioria notificados como produtos químicos sem especificar o agente Cerca de 70% do campo exposição não é preenchido na ficha de câncer ocupacional
Ministério da Previdência Social	PPP ⁴	Dados individuais e ambientais de exposição por atividade, intensidade e concentração	Dados não disponíveis para pesquisa
SESI Bahia	Dados de mensurações de benzeno no ar	Avaliação de 9 empresas de pequeno porte, compreendendo 2.279 trabalhadores	Medidas pontuais de mensuração da exposição ao bz, abaixo do VRT ⁵ de 1ppm Duas empresas: 0,035-0,47 ppm; 0,07 ppm

¹bz= benzeno. ppm=partícula por milhão. ²SIMPEAQ= Sistema de Informações de Monitoramento da População Exposta a Agentes Químicos. ³SINAN= Sistema de Informação de Agravos de Notificação, ⁴PPP= Perfil Profissiográfico Previdenciário, ⁵VRT= Valor de Referência Tecnológico

49 Houve exposição nos locais de trabalho, durante toda a sua vida profissional, a algum dos itens abaixo relacionados?
1- Sim 2- Não 9- Ignorado

<input type="checkbox"/> Asbesto ou amianto	<input type="checkbox"/> Cádmio ou seus compostos
<input type="checkbox"/> Sílica livre, arsênio e seus compostos arsenicais	<input type="checkbox"/> Cromo ou seus compostos tóxicos
<input type="checkbox"/> Aminas aromáticas	<input type="checkbox"/> Compostos de níquel
<input type="checkbox"/> Benzeno ou seus homólogos tóxicos	<input type="checkbox"/> Radiações ionizantes
<input type="checkbox"/> Alcatrão, breu, betume, hulha mineral, parafina e produtos ou resíduos dessas substâncias	<input type="checkbox"/> Radiações não ionizantes
<input type="checkbox"/> Hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos (seus derivados halogenados tóxicos)	<input type="checkbox"/> Hormônios
<input type="checkbox"/> Óleos minerais	<input type="checkbox"/> Antineoplásicos
<input type="checkbox"/> Berílio e seus compostos tóxicos	<input type="checkbox"/> Outros _____

Figura 1. Bloco de registro da Ficha Câncer Ocupacional do SINAN, onde se registra exposição ao benzeno

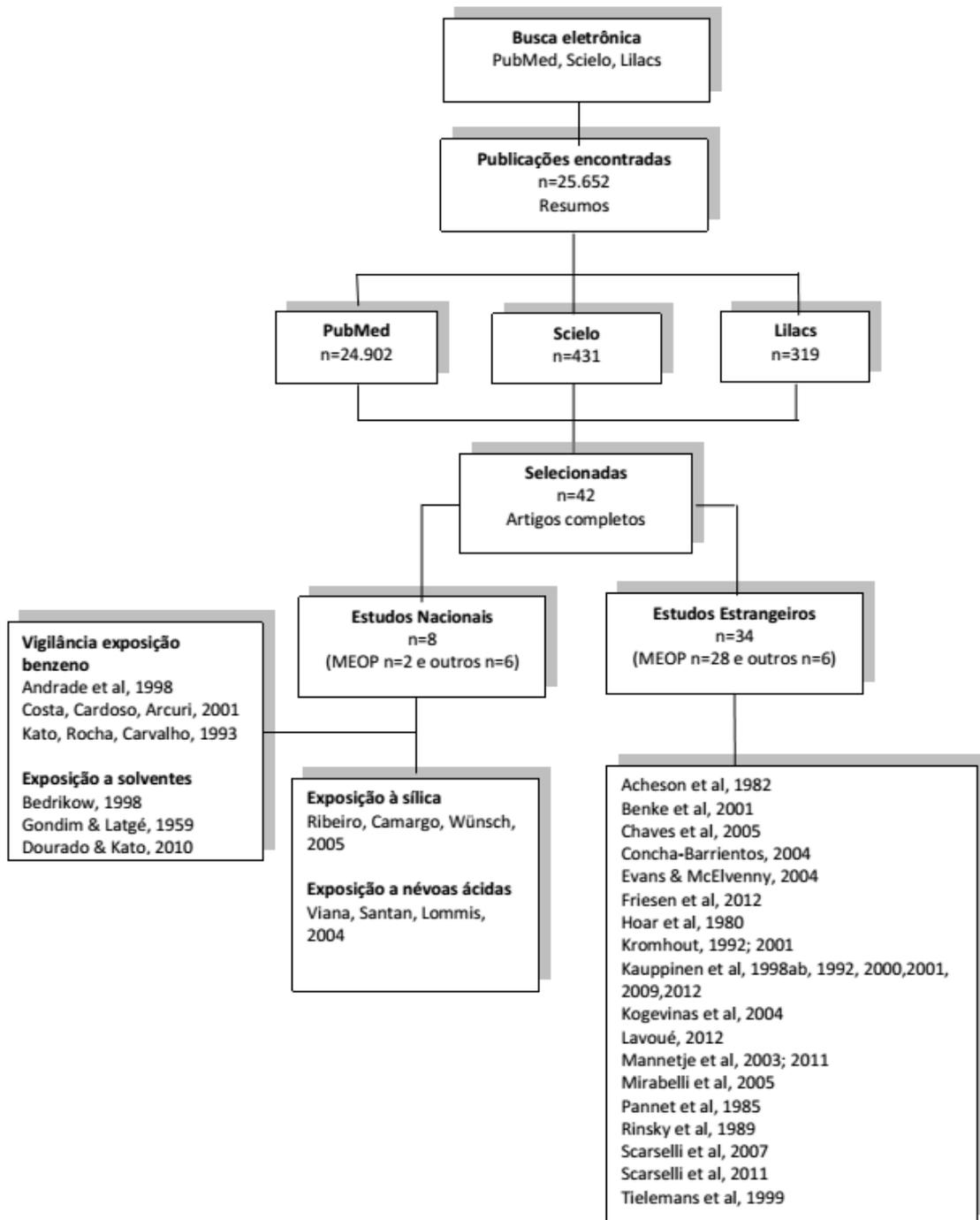


Figura 2. Representação esquemática de busca de publicações e seus resultados

ARTIGO II**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL – ESTIMATIVAS
BASEADAS EM UMA MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL*****OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE IN BRAZIL – ESTIMATES BASED
ON A JOB EXPOSURE MATRIX***

Título Curto: EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL

Maria Juliana Moura-Corrêa¹; Vilma Sousa Santana¹

¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Saúde Coletiva, Programa Integrado em Saúde Ambiental e do Trabalhador, Campus Universitário do Canela, Rua Augusto Vianna s/n, 2º andar, Salvador/Bahia – Brasil, CEP 40.110-060

RESUMO

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL – ESTIMATIVAS BASEADAS EM UMA MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Objetivo. Estimar o número de trabalhadores expostos ao benzeno e a prevalência desta exposição ocupacional no Brasil em 2010.

Métodos. A população de referência é a economicamente ativa e ocupada do Brasil. A falta de dados nacionais sobre exposição ocupacional ao benzeno levou ao emprego de uma matriz de exposição ocupacional, a *Finnish National Job Exposure Matrix, FINJEM*, na qual estimativas de prevalência de expostos ao benzeno são calculadas com base em mensurações em ambientes de trabalho. Expostos ao benzeno são aqueles que trabalham em locais com pelo menos 0,1 ppm de média anual. Grupamentos ocupacionais potencialmente expostos (sim/não) e trabalhadores potencialmente expostos com base na medida ambiental (sim/não) foram as duas medidas de exposição ao benzeno empregadas neste estudo. Os grupamentos ocupacionais criados com os dados do Censo 2010 para o Brasil correspondem aos da FINJEM. O grau de aceitação da correspondência entre esses dois grupamentos ocupacionais foi avaliado por cinco especialistas em segurança e saúde do trabalho que tinham experiência com a exposição ao benzeno.

Resultados. Em 2010 havia 86.353.839 trabalhadores ativos no Brasil, dos quais 7.376.761 (8,5%) eram de grupos ocupacionais com exposição potencial ao benzeno. Estimou-se que 770.212 trabalhadores eram expostos ao benzeno, o que equivale a prevalência ponderada por grupo ocupacional de 8,9 / 1.000 trabalhadores, maior entre os homens (11,1 / 1.000) do que entre as mulheres (6,0 / 1.000). A maior parte dos expostos ao benzeno era do grupo de Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (62%). Quase todas (97%) as combinações entre grupamentos ocupacionais foram aceitas pelos especialistas.

Conclusões. O número e prevalência da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil são elevados mesmo ao se considerar os parâmetros da Finlândia, presumivelmente melhores quanto a efetivação das normas de controle de riscos químicos. Dados nacionais são necessários para a elaboração de matrizes úteis para o monitoramento e avaliação do impacto do Acordo Nacional Benzeno,

implementado desde 2002.

Palavras-chave. Exposição ocupacional ao benzeno. Prevalência de exposição ocupacional ao benzeno. Matriz de Exposição Ocupacional. Vigilância de exposição ocupacional química.

ABSTRACT

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE IN BRAZIL – ESTIMATES BASED ON A JOB EXPOSURE MATRIX

Objective. To estimate the number of workers exposed to benzene in the workplace and the prevalence of this occupational exposure in Brazil in 2010.

Methods. The study population comprises all active occupied workers living in Brazil in the study year. Because no records of benzene occupational exposure were found the Finnish National Job Exposure Matrix, FINJEM, was used. For each occupational groups potentially exposed to benzene, the prevalence of exposed workers based on workplace air sample assessments is estimated. Exposed to benzene are those who work in environments with at least 0.1ppm of annual average. Occupational groups potentially exposed (yes/no) and workers probably exposed (yes/no) were benzene exposure variables. The occupational groups created with the Brazil Census 2010 corresponded to those used in FINJEM. Five occupational safety and health experts, familiar with occupational benzene exposure assessment, scored the degree of acceptance to each occupational group match.

Results. In 2010, there were 86,353,839 active occupied workers in Brazil, from which 7,376,761 (8.5%) were potentially exposed to benzene in their jobs. We estimated that 770,212 workers were probably occupationally exposed to benzene that corresponds to a weighted prevalence of 8.9 / 1,000 higher among men (11.1 / 1,000) compared with women (6.0 / 1,000). Most benzene exposed were operators and mechanics of machinery and engines (62%). The experts accepted nearly all (97%) occupational group pair-matches.

Conclusions. The number and prevalence of workers probably exposed to benzene in their workplaces in Brazil are high although we used Finnish parameters, presumably better in respect to enforcement of control norms of chemical risks. Benzene exposure measurements are needed to develop a national job exposure matrix.

Key words: Benzene occupational exposure. Prevalence of benzene exposure. Job Exposure Matrix. Surveillance of chemical exposures.

ARTIGO II

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL – ESTIMATIVAS BASEADAS EM UMA MATRIZ DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

INTRODUÇÃO

Desde 1982, o benzeno é reconhecido como cancerígeno pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC), órgão da *World Health Organization* (WHO), especialmente para tumores do sistema hematopoiético (IARC, 1987a, b, 2002; WHO, 2002, 2010). O benzeno é amplamente utilizado em diversos processos produtivos, como na exploração de petróleo e na petroquímica, ou como subproduto de várias indústrias químicas. A WHO recomenda normas de controle dessa exposição, com sua mensuração e monitoramento, além de medidas de prevenção, que compõem as ações de vigilância em saúde, já em curso em muitos países. Essas ações, entretanto, continuam sendo precariamente implementadas, mesmo em países reconhecidos como avançados na proteção dos trabalhadores a riscos químicos (Scarselli *et al*, 2007; Kauppinen *et al*, 2001; Evans; Mcelvenny, 2004), resultando em poucos dados disponíveis sobre essa exposição.

Essa situação tem sido enfrentada com o uso das matrizes de exposição ocupacional (MEO), que permitem calcular estimativas do número de expostos e a prevalência da exposição assumindo-se *certos* pressupostos. Desde os anos 80, MEO são empregadas para classificar estados e/ou níveis de exposição em trabalhadores, em nível individual ou por grupamentos como de ocupação ou ramos de atividade econômica, dentre outros. O uso de MEO tem alcançado validade aceitável, obtida com rapidez e baixo custo (Lavoué *et al*, 2012). Uma delas é a FINJEM (*Finnish National Job-Exposure Matrix*), criada na década de 90 pelo *Finnish Institute of Occupational Health*, cuja estrutura compreende agentes de risco, grupos ocupacionais e mensurações por triênio da aferição, com as respectivas prevalências das exposições (Kauppinen, 2001; Kauppinen *et al*, 2012). Com esses dados, podem-se projetar estimativas do número de trabalhadores expostos, ou de prevalências, ponderados, para outras populações, empregando-se, comumente, o método direto (González-Galarzo; Garcia, 2013). A FINJEM vem se popularizando

em outros países, como, por exemplo, na Austrália (Karipidis *et al*, 2007), nos países nórdicos (Kauppinen *et al*, 2009, 2012), Montreal (Lavoué *et al*, 2012), Espanha (González-Galarzo; Garcia, 2013) e em sete países da Europa (Tongerren *et al*, 2013). Estudos de viabilidade e reprodutibilidade da FINJEM, em diferentes contextos, mostraram resultados aceitáveis (Teschke *et al*, 2002). Exemplo disso é o grau de concordância da exposição ocupacional ao benzeno, estimado para a FINJEM com outra MEO que teve o Índice Kappa de 0,39 (Lavoué *et al*, 2012).

Empregando-se a FINJEM, a estimativa de prevalência de exposição ao benzeno na Finlândia foi de 0,5% em 1950, que se reduziu para <0,1% em 2008 (Kaupinen *et al*, 2012). Na França, entre 1945 e 1995, essa prevalência foi 0.4% (Lavoué *et al*, 2012). Na Espanha, em um grupamento menor de ocupações do que os listados na FINJEM, a prevalência foi estimada em 0.2% (González-Galazarzo & Garcia, 2013). Na Finlândia, com outra MEO, a CAREX (*CARcinogen EXposure*) a estimativa de prevalência de exposição ao benzeno foi maior (0,7%) que a estimada com a FINJEM (0,1%), para o mesmo período de 1990-1993 (Kaupinen *et al*, 2012). Na Austrália, em um estudo de vigilância populacional baseado em avaliação de exposição por especialistas de acordo com as atividades de trabalho, estimou-se em 10% a prevalência de exposição ao benzeno em homens entre 2011 e 2012 (Carey *et al*, 2013).

Não foram encontrados estudos com estimativas de prevalência de exposição ao benzeno entre trabalhadores no Brasil, nem dados disponíveis que pudessem ser empregados na criação de uma MEO com dados nacionais (Moura-Correa; Santana, 2013).

Nesse estudo, estima-se a prevalência da exposição ocupacional ao benzeno, BEX, no Brasil, correspondentes aos grupos ocupacionais da Finlândia, utilizando-se a FINJEM como referência, descrevendo-se a distribuição espacial e sociodemográfica com dados do ano 2010.

MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo realizado com dados da população de trabalhadores ativos ocupados (PEAO) no Brasil. A unidade de análise foi o grupo de ocupações de

quatro dígitos da Classificação de Ocupações para Pesquisas Domiciliares (COD), desenvolvida pelo IBGE, para uso em inquéritos residenciais como o Censo, dentre outros estudos.

Fontes de dados

O número de trabalhadores ativos e ocupados por grupo de ocupação da COD, de acordo com o sexo e unidade de federação, foi obtido do Censo Demográfico 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Prevalências da exposição ao benzeno por grupo ocupacional foram as estimativas da FINJEM (Kauppinen, 2001), que emprega medidas ambientais de benzeno no ar obtidas em postos de trabalhos de empresas, nas quais se conhecia que pelo menos 5% dos trabalhadores estavam expostos a um mínimo de 0,1ppm de média anual. Ou seja, esses trabalhadores eram elegíveis para a vigilância do benzeno por meio de mensurações ambientais. Para esse estudo, empregaram-se as estimativas realizadas com dados dessas mensurações, realizadas entre 1960 a 1984, por apresentarem maior número de registros.

Os títulos ocupacionais para os códigos de quatro dígitos da COD, empregada no Censo Demográfico 2010 (Brasil, 2013), foram agregados semelhantemente aos da FINJEM. Como não havia correspondência perfeita entre os grupos ocupacionais dessas duas fontes de dados, foi necessário realizar ajustamentos para alguns subgrupos da FINJEM inexistentes na COD ou vice versa.

Definição de variáveis

Dos 434 grupos ocupacionais da COD-Brasil, selecionaram-se 64, correspondente aos 16 grupos FINJEM, que eram classificados como potencialmente expostos ao benzeno no trabalho, conforme parâmetros apresentados anteriormente. Esses grupos ocupacionais, potencialmente expostos ao benzeno pela FINJEM são: 1) Químicos; 2) Assistentes de Laboratório; 3) Frentistas de Postos de Combustíveis; 4) Tapeceiros/Estofadores e afins; 5) Trabalhadores do Tratamento de Couros e Peles; 6) Sapateiros e afins; 7) Operadores de Máquinas de Processar Couros e Peles; 8) Trabalhadores da Fabricação de Calçados; 9) Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores; 10) Pintores e afins; 11) Impressores; 12) Trabalhadores da Impressão Gráfica; 13)

Trabalhadores de Instalações de Processos Químicos; 14) Trabalhadores de Refinaria e da Indústria Química; 15) Operadores de Máquinas de Fabricar Borracha; e 16) Operadores de Máquinas de Lavar, Tingir e Passar. Para fins da análise, acrescentou-se o grupo Outro (17) para acomodar os demais grupos ocupacionais, considerados não potencialmente expostos ao benzeno. Variáveis descritoras foram sexo e unidade federada do Brasil.

Análise de dados

Empregou-se o método direto para estimar o número de trabalhadores potencialmente expostos ao benzeno no trabalho, e o número dos expostos, respectivamente, no Brasil, partir da FINJEM. O número de trabalhadores expostos ao benzeno corresponde ao total de trabalhadores dos grupamentos ocupacionais respectivos. A prevalência de exposição potencial ao benzeno e do número dos expostos foram calculados aplicando-se a cada grupamento ocupacional a prevalência correspondente da FINJEM. A soma dos números de trabalhadores potencialmente expostos ao benzeno, através dos grupamentos ocupacionais, foi empregada para calcular a prevalência ponderada, dividindo-se pelo total de trabalhadores do País. Portanto, os pesos foram estabelecidos em relação ao número de trabalhadores de cada grupamento ocupacional.

A prevalência de expostos ao benzeno foi calculada pela divisão do número de expostos e o total de trabalhadores. Todas as combinações de grupamentos ocupacionais da COD e FINJEM tiveram sua aceitação avaliada por cinco (n=5) especialistas em segurança e saúde do trabalho, com experiência de estudos e inspeções ambientais relacionados à exposição ocupacional ao benzeno. A cada uma das combinações, os especialistas foram convidados a atribuir graus de acordo/desacordo, empregando uma escala de 0 a 4: 0=discordo completamente; 1=discordo pouco; 2=concordo; 3=concordo muito; e 4=concordo completamente. Não foi necessária estimação ou inferência estatística devido à natureza censitária dos dados.

Ajustes foram realizados no número de trabalhadores de quatro grupamentos ocupacionais do Censo, por divergirem em relação a outros acessos da mesma fonte de dados. Nesse caso, empregou-se a média entre os valores divergentes. As análises foram conduzidas empregando-se os aplicativos SAS 9.2, Excel®, e

TabWin32. Embora os dados para elaboração desse estudo sejam secundários, públicos e anônimos, o protocolo do estudo foi registrado no Sistema Nacional de Ética em Pesquisa, SISNEP, e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia (Proc Nº 17268313.8.0000.5030).

RESULTADOS

No Brasil, para os 86.353.839 trabalhadores ativos encontrados no Censo 2010, foram estimados 7.376.761 (8,5%) trabalhadores em grupos ocupacionais potencialmente expostos, e 770.212 (8,9 / 1.000) expostos ao benzeno no trabalho (Tabela 1). Dentre estes, o grupo ocupacional com o maior número de expostos ao benzeno foi o de Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (n=474.116), que representou mais da metade do total (61,6%), seguido pelos Frentistas de Postos de Combustíveis (n= 129.313) com 16,8%.

Resultados específicos por sexo são mostrados na Tabela 2, onde se verifica que, entre os homens, a prevalência ponderada de prováveis expostos ao benzeno no trabalho foi estimada em 11,1/1.000, maior do que em mulheres (6,0/1.000). No sexo masculino, os 552.147 trabalhadores expostos ao benzeno se concentraram entre Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (n=318.313; 57,7%), seguidos pelo grupo dos Frentistas de Postos de Combustíveis (n=112.244, 20,3%). Entre as mulheres, estimaram-se 218.065 expostas ao benzeno ocupacional, com maior concentração entre as Operadoras e Mecânicas de Máquinas e Motores (n=155.803; 71,4%), Frentistas de Postos de Combustíveis (n=17.069; 7,8%) e trabalhadoras de Instalações de Processos Químicos (n=12.820, 5,9%). A razão homem/mulher para o número de prováveis expostos ao benzeno no trabalho foi de 2,5 homens para cada mulher.

A Figura 1 mostra que as maiores estimativas de prevalência da provável exposição ocupacional ao benzeno foram do estado de São Paulo (2,4/1.000), Minas Gerais (1,0/1.000) e Rio Grande do Sul (0,6/1.000). A unidade federada com menor prevalência foi Roraima (0,01/1.000). A região Sul apresentou a maior estimativa de prevalência (10,6/1.000), seguida da Sudeste (9,8/1.000) e Centro-Oeste (8,8%), sendo que a menor foi da região Norte, respectivamente.

Os 64 pares de grupamentos ocupacionais empregados da COD Brasil e FINJEM são mostrados na Tabela 3. Do total, (n=30) 47% receberam o escore de “concordo completamente” (3 ou 4) dos especialistas; incluindo-se os pares que receberam “concordo moderadamente”, a aceitação da correspondência alcança 97%; os pares que receberam “desacordos” foram redistribuídos segundo propostas dos próprios especialistas participantes.

DISCUSSÃO

No Brasil, em 2010, 7.376.761 trabalhadores desenvolviam atividades de trabalho nas quais podiam entrar em contato com o benzeno. Dentre estes, 770.212 trabalhadores podem ser considerados como expostos ao benzeno no trabalho, o que corresponde a uma prevalência ponderada por grupos ocupacionais de 8,9/1.000 trabalhadores no país. Maiores estimativas de prevalência de exposição ao benzeno foram calculadas para os homens, e os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Os expostos se concentraram em Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores e Frentistas de Postos de Combustíveis nos dois sexos. A correspondência entre os grupos ocupacionais, do Censo 2010 no Brasil e da FINJEM, foi aceita por praticamente todos os avaliadores.

Os dados deste estudo permitem inferir que é elevado o número de trabalhadores potencialmente expostos, e expostos ao benzeno, em ambos os sexos, nos ambientes e processos de trabalho no país. Este resultado surpreende, ao se considerar que os parâmetros empregados para as estimativas foram baseados em medidas de ambientes ocupacionais da Finlândia, país que dispõe de um dos melhores sistemas de proteção à segurança e saúde dos seus trabalhadores (Rantanen, 2001).

Ademais, os achados evidenciam, em parte, a conformação do perfil produtivo do país, no qual há predominância de trabalhadores na Operação de Máquinas e Motores, e onde o abastecimento de veículos de transporte é manual, feito por trabalhadores frentistas de postos de combustíveis. Estudo de Costa (2001), sobre exposição individual ao benzeno no ar, realizado nestes grupos ocupacionais, verificou que os mecânicos de automóveis estavam expostos à níveis (média e

vaiaração máxima), acima dos observados nos frentistas de postos de abastecimento automotivos. Obviamente, a alta prevalência de provável exposição ocupacional ao benzeno e o maior número de expostos, e conseqüentemente, maiores prevalências entre os homens. Essas ocupações são predominantemente masculinas, embora, entre as mulheres, o padrão de distribuição dos casos seja parecido.

Apesar das diferenças de perfil produtivo entre os países, para o total da população, a estimativa de 8,9/1.000 é quase nove vezes maior que a da Finlândia (<0,1%) (Kauppinen *et al*, 2012), da França (0,4%), (Lavoué *et al*, 2012), e Espanha (0,2%), resultados baseados nos mesmos grupamentos ocupacionais da FINJEM. Em 2012, no Canadá (Carex-Canada, 2013), com o uso da matriz Carex, por ramo de atividade econômica, estimou-se em 2% a população ativa de expostos ao benzeno, e a indústria com maior número de trabalhadores expostos a de reparação de automóveis. No Brasil, a prevalência de exposição a solventes orgânicos foi de 7,3% entre trabalhadores da indústria, em um inquérito de 1953 no estado de São Paulo (Bedrikow, 1955). Mais recentemente, observou-se que esta mesma exposição afetava 18,5% dos trabalhadores de uma indústria gráfica do estado de São Paulo, no ano de 2006 (Dourado; Kato, 2010).

Os estados de São Paulo e Minas Gerais tiveram prevalências mais elevadas, devido à maior concentração de trabalhadores dos grupos ocupacionais potencialmente expostos, ou seja, decorrente do perfil produtivo de cada uma dessas unidades da federação.

Verificou-se que o maior número de trabalhadores afetados pela exposição ocupacional ao benzeno estava no grupo de Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (62%), o que reflete, além da elevada prevalência da exposição, também o maior número de trabalhadores desse grupo de atividades. Infelizmente, com o uso de MEO, cujos parâmetros são os grupos ocupacionais, não há estimativa de prevalências específicas para cada grupamento ocupacional da população de interesse de trabalhadores brasileiros.

Na Itália, Scarselli *et al* (2011) também identificaram esse mesmo grupo como o segundo com maior número de expostos ao benzeno ocupacional, antecedido apenas pelos motoristas de caminhão e veículos pesados, entre 1999 e 2007. Operadores e mecânicos de máquinas e motores são conhecidos por comumente

manipularem equipamentos aquecidos, que intensificam a liberação de vapores do benzeno, substância empregada na lubrificação de peças ou como combustível (Mendes, 2013).

Além disso, na reparação de máquinas e veículos emprega-se benzeno como solvente, diluente, ou desengordurante para a limpeza de peças (Egeghy *et al*, 2002; Vitali *et al*, 2006), atividades não contempladas por normas de segurança e de saúde específicas. Entretanto, ações de vigilância da exposição ao benzeno vêm sendo progressivamente estendidas para essas ocupações (Machado *et al*, 2003). Apesar de plausível, a concentração de trabalhadores expostos ao benzeno, entre os Operadores de máquinas e motores, deve ser considerada com cuidado. Esse achado pode ser resultado da maior heterogeneidade no grupamento ocupacional da COD, empregada no Censo 2010, em comparação com os da FINJEM. A COD é própria para estudos domiciliares da população geral, e sua estrutura não foi elaborada para investigações de saúde do trabalhador, como substituta para exposições, e ainda tem sido pouco explorada nessa perspectiva. Vale notar que no Brasil, múltiplas classificações ocupacionais e suas várias versões dificultam a análise de variações temporais e comparações respectivas.

Neste estudo, Frentistas de postos de combustíveis foram o segundo grupo de trabalhadores com maior número de expostos ao benzeno, os quais entram em contato com essa substância pela via dérmica: ao manipularem as tampas dos tanques de combustível dos veículos, ao iniciarem o abastecimento, pela via respiratória, ao entrarem em contato com vapores durante o abastecimento e pela evaporação proveniente dos escapes dos motores dos veículos. Além da atividade de abastecimento, frentistas também se expõem a vapores de benzeno por meio das emissões dos tanques de armazenamento subterrâneo dos postos de gasolina, especialmente quando estão sendo abastecidos (Guldberg, 1992).

No Brasil, como resposta a reivindicações dos trabalhadores e também ao movimento mundial pelo controle da exposição ao benzeno, liderado pela OIT, foram implementadas medidas para vigilância da exposição ocupacional ao benzeno nas duas últimas décadas. Em 1995, foi instituído o Acordo Nacional do Benzeno, de natureza tripartite (Brasil, 2005), que resultou na Comissão Nacional Permanente do Benzeno, coordenado pelo Ministério do Trabalho e Emprego, MTE. Mais tarde, em

2003, foi criado o Sistema de Monitoramento da População Exposta a Agentes Químicos, SIMPEAQ, que objetiva um controle sofisticado de trabalhadores para a detecção de expostos ao benzeno, dentre outras. Entretanto, os resultados ainda não foram divulgados (Machado *et al*, 2003). O MTE disponibilizou, em 2012, a lista das empresas do cadastro nacional do benzeno, correspondendo a 117 empresas, 25.275 trabalhadores. Nesse cadastro os registros abrangiam apenas empresas formais, trabalhadores registrados, e apenas quatro ramos de atividades econômicas, especificamente: indústrias extrativas, da transformação, comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas; e, por último, transporte, armazenagem e correios. Os números de trabalhadores potencialmente expostos são muito menores em relação aos encontrados neste estudo. Essas diferenças podem ter sido resultantes do caráter voluntário da informação de parte das empresas, em restrição a grandes empreendimentos e seus respectivos grupamentos ocupacionais. Exemplo disso, os Operadores de máquinas e motores, e Frentistas não são indicados para incorporação a esse cadastro do MTE. Tais estimativas abrangem também trabalhadores informais, não registrados e que compõem a população economicamente ativa e ocupada.

As conclusões do presente estudo devem ser consideradas com cautela. Em primeiro lugar, empregou-se a FINJEM que se baseia em dados da Finlândia, país no qual o perfil produtivo e o nível de cobertura e qualidade da proteção à saúde e segurança do trabalhador são muito distintos dos do Brasil. Ademais, o período em que foram coletados os dados empregados na FINJEM, 1960 a 1984, e o ano de referência deste estudo, 2010, estão bastante afastados. Isso pode ter produzido distorções, mas deve-se ter em consideração diferenças no estágio de desenvolvimento tecnológico da indústria, como também da qualidade do treinamento, do nível de qualificação, organização, e engajamento dos trabalhadores na luta por ambientes de trabalho seguros e saudáveis. Todos esses fatores influenciam o cumprimento de parte das empresas das normas de segurança e proteção à saúde, em especial dos agentes químicos (Kauppinen *et al*, 1998).

Vale ressaltar que estes dados refletem exposições médias de 0,1 ppm ao ano, mas estudos recentes (Lan *et al*, 2009; Rappaport *et al*, 2009; Smith, 2010) revelam efeitos sobre a saúde associados a valores bem menores. Não foi possível estimar características da exposição ao benzeno como: intensidade, duração e

frequência, vias de exposição, dentro outros aspectos importantes para conhecer a gravidade desta exposição ocupacional. Infelizmente, dados para ocupações reconhecidas como potencialmente expostas ao benzeno, como bombeiros e motoristas de cargas perigosas, não estavam disponíveis na FINJEM. Por fim, utilizaram-se apenas grupamentos ocupacionais, quando o desejável seria a desagregação desses grupamentos por ramo de atividade econômica, ou ainda pelas etapas do processo de produção, dentre outras especificidades. Isso implicaria a multiplicação de combinações possíveis e também os dados necessários para as estimativas, dificultando a sua factibilidade.

No entanto, apesar das suas limitações, o uso da FINJEM mostrou-se viável, rápido e de baixo custo, permitindo calcular estimativas populacionais de exposição ocupacional ao benzeno, na ausência de dados individuais locais da exposição ao benzeno. Os dados deste estudo permitem dimensionar o número de trabalhadores potencialmente e expostos ao benzeno no trabalho. As diferenças entre os contextos da Finlândia e do Brasil indicam possível subestimação dos achados apresentados, mas revelam a possível dimensão da exposição a um cancerígeno reconhecido pela IARC no país. Ademais, sinaliza para a precariedade do monitoramento da exposição ocupacional a agentes químicos, que está a requerer medidas urgentes visando à sua implementação.

REFERÊNCIAS

1. Bedrikow B. Serviço Social da Indústria (SESI). Relatório de empresas com avaliações da exposição a solventes. Salvador, 1955. [Mimeo]
2. Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Classificação de Ocupações para Pesquisas Domiciliares - COD. CONCLA. [Acessado 2013 fev. 15]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/concla/posocupacoes/ibgexcbo94.xls>
3. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Censo Demográfico 2010 – Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro, 2010.
4. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. Acordo nacional do Benzeno – 10 anos. São Paulo, 2005.
5. Brasil. Portaria 136 de 9 de julho de 2009. Institui o Grupo de Gestão Nacional do Sistema de Informação e Monitoramento de Populações Expostas a Agentes Químicos-SIMPEAQ. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2009.
6. Carey RN, Driscoll T, Peters, *et al.* Estimated prevalence of exposure to occupational carcinogens in Australia (2011-2012). *Occup Environ Med*, 71(1):55-62, 2013.
7. Carex Canadá. Annual Report 2012-2013. Canadia Partnership Against Cancer. Partenariat Canadien Controle Le Cancer. [Acessado 2013 fev 15]. Disponível em: www.carexcanada.ca 20p.
8. Costa MFB. *Estudo da aplicabilidade do ácido trans, trans-mucônico urinário como indicador biológico de exposição ao benzeno* [Doutorado]. Rio de Janeiro (RJ): Escola Nacional de Saúde Pública; 2001.
9. Dourado AG & Kato M. Avaliação da exposição ocupacional a solventes orgânicos na indústria gráfica: um estudo em 63 indústrias do estado de São Paulo. IN: Dourado AG. Segurança e saúde do trabalho: uma perspectiva prática. Brasília: SESI/DN, Unidade de Saúde e Segurança do Trabalho- UniSaúde, Série SESI em Saúde e Segurança no Trabalho, v.8, 11-25, 2010.
10. Egeghy PP, Nylander-French L, Gwin KK, *et al.* Self-collected breath sampling for monitoring low-level benzene exposures among automobile mechanics. *Ann Occup Hyg*, 46:489–500, 2002.

11. Evans, G & McElvenny D. Burden of occupational cancer in Great Britain. Health & Safety Laboratory, summary of workshop held on 22-23 november, 2004.
12. González-Galarzo MC; Garcia AM. Características de la exposición a riesgos laborales en distintas ocupaciones en España según las estimaciones de la matriz empleo-exposición finlandesa (FINJEM). Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. Dezembro de 2010. Acessado: 12/03/2013 Disponível el: http://www.upf.edu/cisal/pdf/Infome_riesgos_laborales.pdf
13. Guldberg, P.H.: Gasoline and Vapor Exposures in Service Station and Leaking Underground Storage Tank Scenarios. J Expo Anal Environ Epidemiol 2:97–107, 1992.
14. IARC. International Agency for Research on Cancer, 1987a. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Benzene. Vol.1982: 29 p. 93. Available from:: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol29/volume29.pdf>
15. IARC. International Agency for Research on Cancer, 1987b. Monographs on the Carcinogenicity of Chemicals to Humans, Supplement 7; Summaries & evaluations: Benzene (Group 1). Lyon, International Agency for Research on Cancer, p. 120. Available from:<http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/benzene.html>
16. IARC. International Agency for Research on Cancer. Monographs programme on the evaluation of carcinogenic risks to humans. International Agency for Research on Cancer; 2002. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>
17. Karipidis K K, Benke G, Sim M R *et al.* Occupational exposure to ionizing and non-ionizing radiation and risk of glioma. Occup Med, 57: 518-24, 2007.
18. Kauppinen T. Finnish occupational exposure databases. Appl Ind Hyg, 16: 154-8, 2001.
19. Kauppinen T, Heikkila P, Plato N, *et al.* Construction of job-exposure matrices for the Nordic Occupational Cancer Study (NOCCA). Acta Oncologica, 48:791-800, 2009.
20. Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From cross-tabulations to multipurpose exposure information systems: a new job-exposure matrix. Am J Ind Med, 33: 409-17, 1998.
21. Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, *et al.* Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. Ann. Occup. Hyg, 1-17, 2012.
22. Lan Q, Zhang L, Shen M, *et al.* Large-scale evaluation of candidate genes identifies associations between DNA repair and genomic maintenance and development of benzene hematotoxicity. Carcinogenesis, 30(1):50–58, 2009.

23. Lavoué J, Pintos J, Van Tongeren M *et al.* Comparison of exposure estimates in the Finnish job-exposure matrix FINJEM with a JEM derived from expert assessments performed in Montreal. *Occup Environ Med*, in press. *Occup Environ Med*, 69: 465–71, 2012.
24. Machado JMH, Costa DF, Cardoso LM. Alternativas e processos de vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v 8 (4):913-921, 2003.
25. Mendes R. *Patologia do Trabalho*. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.
26. Moura-Correa J, Santana VS. Matriz de exposição ocupacional potencial: usos e aplicações para estimativas populacionais de expostos ao benzeno. In: Moura-Correa MJ, Pinheiro TMM, Merlo ARC (Org.). *Vigilância em saúde do trabalhador no Sistema Único de Saúde*. Belo Horizonte: Coopmed, p. 125-144; 2013.
27. Rantanen J, Kauppinen T, Tiokkanen J, *et al.* Work and health country profiles. Country profiles and national surveillance indicators in occupational health and safety. *People and Work Research Reports 44*. FIOH, Helsinki, 2001.
28. Rappaport SM, Kim S, Lan Q *et al.* Evidence that Humans Metabolize Benzene via Two Pathways. *Environmental Health Perspectives*, 117: 946-952, 2009.
29. Scarselli A, Binazzi A, Marzio D. D. Occupational exposure levels to benzene in Italy: findings from a national database. In *Arch Occup Environ Health*, 84: 617-62, 2011.
30. Scarselli A, Montarulli C, Marinaccio A. The Italian information System on Occupational Exposure to Carcinogens (SIREP): Structure, contents and future perspectives. *Ann Occup Hyg*, vol. 51, (5): 471-478, 2007.
31. Smith M T. Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. *Annu. Rev. Public Health*, 31:133–48, 2010.
32. Teschke K, Ohlsan A, Daniels J *et al.* Occupational exposure assessment in case–control studies: opportunities for improvement. *Occup Environ Med*; 59: 575–94, 2002.
33. Tongeren MV, Kincl L, Richardson L, *et al.* Assessing Occupational Exposure to Chemicals in an International Epidemiological Study of Brain Tumors. *Ann. Occup. Hyg.*, 2013.
34. Vitali M, Ensabella F, Stella D, Guidotti M. Exposure to organic solvents among handicraft car painters: a pilot study in Italy. *Ind Health*, 44:310–317, 2006.
35. WHO. *Exposure to Benzene: A Major Public Health Concern*. Geneva, World Health Organization, 2010. Available from: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/benzene/en/

36. WHO. The world health report 2002 - Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Geneva, World Health Organization, 73-97, 2002. Available from: <http://www.who.int/whr/2002/en/>

Tabela 1. Estimativa do número de trabalhadores com exposição ao benzeno no trabalho. Brasil, 2010

Grupamentos ocupacionais por exposição potencial ao benzeno	Dados da FINJEM	Dados do Censo 2010	Prováveis expostos ao benzeno no trabalho no Brasil	
	Prevalência da exposição ao benzeno (%)	Trabalhadores ativos e ocupados no Brasil (N)	N	%
Todos (Prevalência estimada de exposição ao benzeno 8,9/1.000)	---	86.353.839	770.212	---
Grupamentos ocupacionais não expostos ao benzeno	--	78.977.078	0	---
Grupamentos ocupacionais potencialmente expostos ao benzeno		7.376.761	770.212	100,0
Químicos	7,0	123.556	8.649	1,1
Assistentes de Laboratório	8,0	193.081	15.446	2,0
Frentistas de Posto de Combustíveis	70,0	184.733	129.313	16,8
Tapeceiros/Estofadores e afins	3,0	239.397	7.182	0,9
Trabalhadores do Tratamento de Couros e Peles	5,0	17.361	868	0,1
Sapateiros e afins	10,0	136.070	13.607	1,8
Operadores de Máquinas de Processar Couros e Peles	15,0	3.509	526	0,1
Trabalhadores da Fabricação de Calçados	15,0	99.719	14.958	1,9
Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores	10,0	4.741.156	474.116	61,6
Pintores e afins	5,0	685.172	34.259	4,4
Impressores	5,0	108.287	5.414	0,7
Trabalhadores de Impressão Gráfica	5,0	42.860	2.143	0,3
Trabalhadores de Instalações de Processos Químicos	10,0	356.568	35.657	4,6
Trabalhadores de Refinaria e da Indústria Química	8,0	248.316	19.865	2,6
Operadores de Máquinas de Fabricar Borracha	5,0	114.985	5.749	0,7
Operadores de Máquinas de Lavar, Tingir e Passar	3,0	81.991	2.460	0,3

Fonte: Censo 2010 (IBGE, 2013) e dados da FINJEM (FIOH) (1960-1984).

Tabela 2. Número de expostos ao benzeno no trabalho e prevalência dessa exposição (P) por grupamentos ocupacionais, de acordo com o sexo. Brasil, 2010

Grupamentos ocupacionais por exposição potencial ao benzeno	Homens (P= 11,1 / 1.000)			Mulheres (P= 6,0 / 1.000)		
	PEAO	Expostos ao benzeno no trabalho		PEAO	Expostos ao benzeno no trabalho	
		N	%		N	%
Total	49.823.312	552.147	100,0	36.530.527	218.065	0
Grupamentos ocupacionais não expostos ao benzeno	44.642.178	0	---	34.334.900	0	---
Grupamentos ocupacionais expostos ao benzeno	5.181.134	552.147	100,0	2.195.627	218.065	100,0
Químicos	86.705	6.069	1,1	36.851	2.580	1,2
Assistentes de Laboratório	114.768	9.181	1,7	78.313	6.265	2,9
Frentistas de Posto de Combustíveis	160.349	112.244	20,3	24.384	17.069	7,8
Tapeceiros/Estofadores e afins	113.847	3.415	0,6	125.550	3767	1,7
Trabalhadores do Tratamento de Couros e Peles	13.377	669	1,1	3.984	199	0,1
Sapateiros e afins	80.929	8.093	1,5	55.141	5.514	2,5
Operadores de Máquinas de Processar Couros e Peles	3.104	466	0,1	405	61	0,0
Trabalhadores da Fabricação de Calçados	53.150	7.973	1,4	46.569	6.985	3,2
Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores	3.183.131	318.313	57,7	1.558.025	155.803	71,4
Pintores e afins	662.677	33.134	6,0	22.495	1.125	0,5
Impressores	95.244	4.762	0,9	13.043	652	0,3
Trabalhadores de Impressão Gráfica	27.987	1.399	0,3	14.873	744	0,3
Trabalhadores de Instalações de Processos Químicos	228.373	22.837	4,1	128.195	12.820	5,9
Trabalhadores de Refinaria e da Indústria Química	213.158	17.053	3,1	35.158	2.813	1,3
Operadores de Máquinas de Fabricar Borracha	110.407	5.520	1,0	4.578	229	0,1
Operadores de Máquinas de Lavar, Tingir e Passar	33.928	1.018	0,2	48.063	1.442	0,7

Fonte: Censo 2010 (IBGE, 2013) e dados da FINJEM (FIOH) (1960-1984).

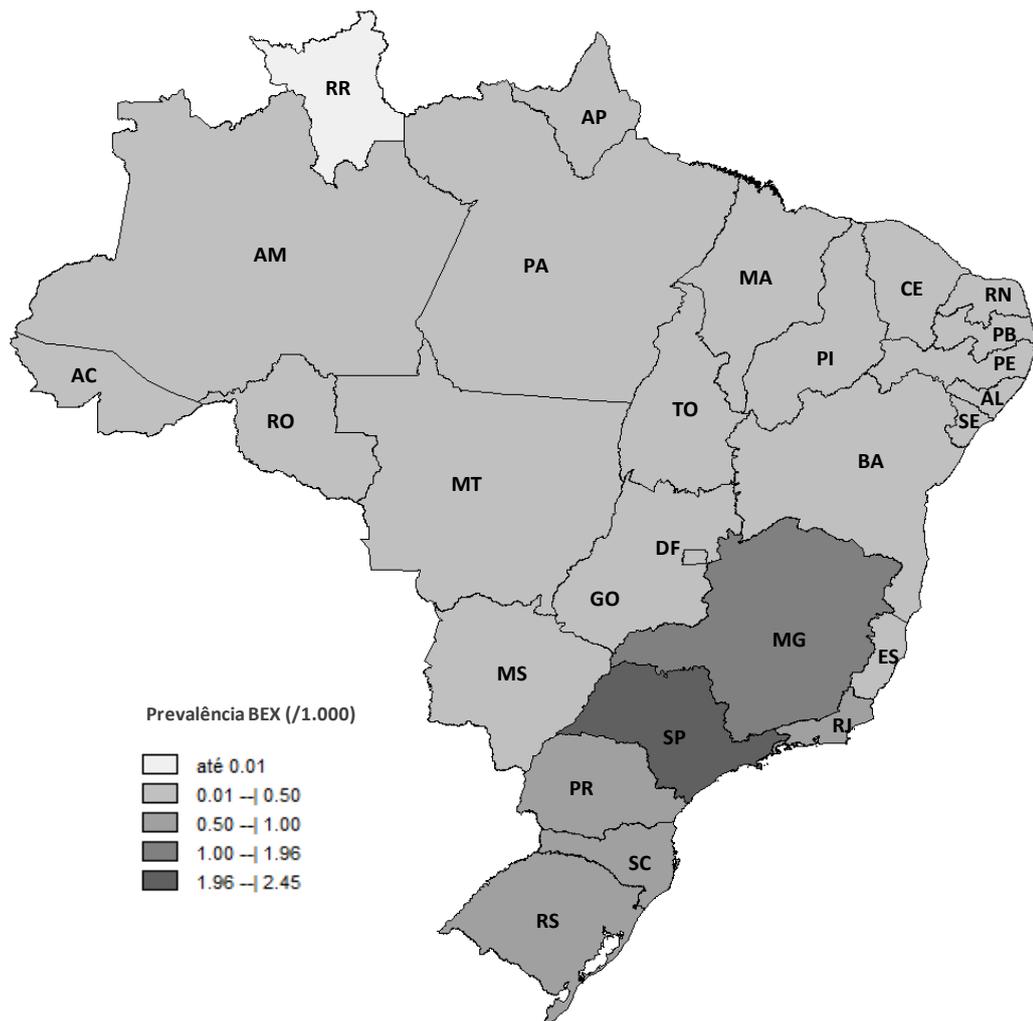
Tabela 3. Correspondência dos grupos ocupacionais da Matriz Ocupacional da Finlândia (FINJEM) e da Classificação Ocupacional para Pesquisa Domiciliar (COD), do Censo 2010, no Brasil

FINJEM		Classificação de Ocupação para Pesquisa Domiciliar (IBGE)		Observação
Código	Título do grupo	Código	Título do grupo	
20	<i>Chemists</i>	2113	Químicos	
		2145	Engenheiros químicos	
		3111	Técnicos em ciências físicas e químicas	
		3133	Controladores de instalações de processamento de produtos químicos	<i>Corresponde à Cod. FINJEM 731</i>
		8131	Operadores de instalações e máquinas de produtos químicos	
028	<i>Laboratory assistants</i>	3116	Técnicos de química industrial	<i>Corresponde à Cod FINJEM 736</i>
		3141	Técnicos de nível médio biologia	
		3142	Técnicos de agropecuários e florestais	
		3212	Técnicos de laboratórios médicos	
		3213	Técnicos de médicos e farmacêuticos	
		3214	Técnicos de próteses médicas e dentárias	
		3240	Técnicos de assistentes veterinários	
234	<i>Service station attendants</i>	5245	Frentistas de posto de combustíveis	

FINJEM		Classificação de Ocupação para Pesquisa Domiciliar (IBGE)		Observação
Código	Título do grupo	Código	Título do grupo	
613	<i>Upholsterers</i>	7534	Tapeceiros, Colchoeiros e afins	
621	<i>Leather cutters for footwear</i>	7535	Trabalhadores da Indústria de Couros e Peles	
		8159	Operadores de Máquinas Têxteis, Couro e Pele não classificados	
622	<i>Shoe sewers</i>	7536	Sapateiros e afins	
623	<i>Lasters and sole fitters, etc.</i>	8155	Operadores de Máquinas de Processamento de Couro e Peles	
624	<i>Footwear workers, nec</i>	8156	Operadores de Máquinas na Fabricação de Calçados e afins	
652	<i>Machine and engine mechanics</i>	2144	Engenheiros Mecânicos	
		3115	Técnicos em Engenharia Mecânica	
		3155	Técnicos em Segurança Aeronáutica	
		7127	Mecânicos de Refrigeração	
		7231	Mecânicos e Reparadores de Veículos a Motor	
		7232	Mecânicos e Reparadores de Motores de Avião	
		7233	Mecânicos e Reparadores de Máquinas Agrícolas Industriais	
		7234	Reparadores de Bicicletas e afins	
		7523	Operadores de Máquinas de Lavar Madeira	
		81	Operadores de Instalações Fixas e Máquinas	<i>Exceto 8155, 8156, 8159, 8131, 8141 e 8157 já classificados</i>
		82	Montadores	
		83	Condutores de Veículos e Operadores de Equipamentos.	<i>Exceto 835</i>
680	<i>Painters, lacquerers and floor layers</i>	713	Pintores, Limpadores de Fachada e afins.	

FINJEM		Classificação de Ocupação para Pesquisa Domiciliar (IBGE)		Observação
Código	Título do grupo	Código	Título do grupo	
701	<i>Printers</i>	7322	Impressores	
709	<i>Occupation in graphics, Nec</i>	732	Trabalhadores da Impressão Gráfica	Exceto o código 7322 - <i>corresponde à Cod FINJEM 736</i>
730	<i>Distillers</i>	3134	Operadores de Instalações de Refino de Petróleo e Gás Natural	Classificado à <i>Cod FINJEM 736</i>
731	<i>Cookers, furnacemen (chemical processes)</i>	3133	Controladores de Instalação de Processamento de Produtos Químicos	
736	<i>Refinery /occupations in chemical industry</i>	3116	Técnico em Química Industrial	
751	<i>Rubber products workers</i>	8.1.4.1	Operadores de Máquinas para Fabricar Produtos de Borracha	
850	<i>Laundry workers</i>	8.1.5.7	Operadores de Máquinas de Lavar, Tingir e Passar Roupas.	

Fonte: Censo 2010 (IBGE, 2013) e dados da FINJEM (FIOH) (1960-1984).



Coeficientes de mortalidade (CM/1.000).

Exposição Ocupacional ao Benzeno (BEX/1.000 trabalhadores).

PR- Paraná (0,61), SC – Santa Catarina (0,51), RS – Rio Grande do Sul (0,63), MG – Minas Gerais (1,01), SP – São Paulo (2,45), ES – Espírito Santo (0,16), RJ – Rio de Janeiro (0,70), MT – Mato Grosso (0,15), GO – Goiás (0,36), DF – Distrito Federal (0,07), MS – Mato Grosso do Sul (0,12), MA – Maranhão (0,14), PI – Piauí (0,08), CE – Ceará (0,35), RN – Rio Grande do Norte (0,12), PB – Paraíba (0,11), PE – Pernambuco (0,31), AL – Alagoas (0,07), SE – Sergipe (0,07), BA – Bahia (0,42), AC – Acre (0,02), AM – Amazônia (0,11), RO – Rondônia (0,06), TO – Tocantins (0,05), AP – Amapá (0,02), PA – Pará (0,21), RR – Roraima (0,01).

Fonte: Censo 2010 (IBGE, 2013) e dados da FINJEM (FIOH), período 1960-1984.

Figura 1- Prevalência (/1.000) da exposição ao benzeno no trabalho, por unidade da federação. Brasil, 2010

ARTIGO III

MORTALIDADE POR LEUCEMIA E FRAÇÃO ATRIBUÍVEL À EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE AND LEUKEMIA MORTALITY IN BRAZIL

Título Curto: MORTALIDADE POR LEUCEMIA E EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO

Maria Juliana Moura-Corrêa¹; Vilma Sousa Santana¹

¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Saúde Coletiva, Programa Integrado em Saúde Ambiental e do Trabalhador, Campus Universitário do Canela, Rua Augusto Vianna s/n, 2º andar, Salvador/Bahia – Brasil, CEP 40.110-060

RESUMO

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO E A MORTALIDADE POR LEUCEMIA NO BRASIL

Objetivo. Estima-se o coeficiente de mortalidade por leucemia, o número e fração dos óbitos que são atribuíveis à exposição ocupacional ao benzeno no Brasil entre 2006 e 2011.

Métodos. Com dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), identificaram-se os óbitos por leucemia definidos pelos códigos da Classificação Internacional de Doenças (CID), 10ª Revisão C90.1 a C95.0, e suas respectivas ocupações registradas com a Classificação Brasileira de Ocupações, CBO, 2.0. A população corresponde a projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Sistema de Contas Nacionais e do Censo 2010. A estimativa do número de trabalhadores expostos ao benzeno se baseou na *Finnish Job Exposure Matrix*, FINJEM, empregando-se o método direto. Nessa matriz, trabalhadores potencialmente expostos ao benzeno são os de grupos ocupacionais identificados com pelo menos 5% de trabalhadores expostos a uma média de 0.1ppm/ano, com base em mensurações em ambientes de trabalho.

Resultados. Foram encontrados 21.049 óbitos por leucemia no período do estudo, o que corresponde a um coeficiente médio anual de mortalidade de 2,7/100.000 pessoas, no Brasil. Identificaram-se 1.917 (9,1%) óbitos por leucemia em trabalhadores de grupos ocupacionais potencialmente expostos ao benzeno, segundo a FINJEM. Entre esses, o coeficiente de mortalidade foi 4,5/100.000, 2,8/100.000 na indústria da borracha e 6,9/100.000 na impressão gráfica. A mortalidade foi maior entre os homens em todos os grupos ocupacionais, com exceção para os operadores de máquinas em lavanderias e tinturarias. A fração de óbitos por leucemia atribuível ao benzeno foi 6,2% (118 óbitos) em geral, 5,6% (108) para os homens e 0,5% (10) para as mulheres.

Conclusão. A mortalidade por leucemia na população adulta, no Brasil, foi menor que em países industrializados, mas entre os potencialmente expostos ao benzeno foi quase duas vezes maior que os demais trabalhadores. Isso sinaliza para a pouca eficácia das medidas de controle dessa exposição ocupacional, reconhecida como importante cancerígeno de longo período de latência. O Acordo Nacional do

Benzeno precisa estar atento à permanência dessa exposição e efeitos futuros na saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave. Exposição Ocupacional. Benzeno. Leucemia. Mortalidade. Fração Atribuível Populacional

ABSTRACT

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE AND LEUKEMIA MORTALITY IN BRAZIL

Objective. Estimate the leukemia annual mortality rate and the fraction attributable to occupational benzene exposure in Brazil, from 2006 to 2011.

Methods. With data from the National Information System of Mortality, we identified all leukemia deaths coded as C90.1 through C95.0, International Classification of Diseases, 10th. Revision and their job titles, registered with the Brazilian Classification of Occupations vs 2.0. The population corresponds to projections of the Brazilian Institute of Geography and Statistics and from the Census 2010. We estimate the number of workers potentially exposed to benzene using the Finnish Job Exposure Matrix, FINJEM, applying the direct method. In this matrix, workers potentially exposed to benzene are those from occupational groups in which at least 5% of workers are exposed to an average of 0.1 ppm per year, assessed in workplaces.

Results. There were 21.049 leukemia deaths during the study time, corresponding to an average annual mortality of 2.7/100,000 workers in Brazil. There were 1,917 (9.1%) leukemia deaths among workers potentially exposed to benzene in the workplace, using FINJEM. Among these, the mortality rate was 4.5/100.000, 2.8/100,000 workers in the rubber industry and 6.9/100,000 workers from printing industries. Males had higher leukemia mortality than women in all trades except for machine operators in laundry and dry cleaning. Attributable fraction of leukemia deaths to occupational benzene exposure was 6.2% (n=118), 5,6% (n=108) among males and 0.5% (n=10) for females.

Conclusions. Leukemia mortality in the adult population in Brazil was lower than in industrialized countries. However, among workers potentially exposed to benzene it was twice higher the estimates of other workers. These findings point out to the low effectiveness of control measures of this occupational exposure, recognized as carcinogenic and large latency period. Authorities in charge of the National Benzene Agreement need to be aware of the permanence of this exposure and future effects on workers' health.

Key words. Occupational Exposure. Benzene. Leukemia Mortality. Population Attributable Fraction.

ARTIGO III

MORTALIDADE POR LEUCEMIA E FRAÇÃO ATRIBUÍVEL À EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NO BRASIL

INTRODUÇÃO

As neoplasias são a principal causa de morte no mundo e a segunda nos países em desenvolvimento. São responsáveis por 7,6 milhões de mortes, 13% do total, em 2008. As leucemias constituíram 3,4% do total dos óbitos, o que corresponde a 257,500 mil óbitos no mundo (Jemal *et al*, 2011). Nos países de economia de mercado estabelecida, a mortalidade por leucemias em homens foi estimada em 4,8/100.000, maior do que nos países em desenvolvimento (3,7/100.000) (American Cancer Society, 2011).

O benzeno é reconhecido pela *International Agency for Research on Cancer-IARC* como cancerígeno, especialmente para: leucemias dos tipos mielóide aguda (LMA), leucemia linfocítica aguda (LLA), leucemia não linfocítica aguda (LNLA), leucemia mielóide crônica (LMC), leucemia linfocítica crônica (LLC) e síndromes mielodisplásicas (SMD) (IARC 1987; 2012).

Vários estudos demonstraram a associação entre benzeno e leucemia, a exemplo da razão de mortalidade padronizada de 2,56 (IC 95%:1,52-6,41) (Rinsky *et al*, 1987) e 3,71 (IC 95%:1,52-6,41) (Rinsky *et al*, 2002) nos EUA. Com dados da China, publicados por Yin *et al* (1987), pode-se estimar em 7,0 a razão de mortalidade bruta para a associação entre benzeno e leucemia.

Esta substância está presente em diversas atividades econômicas, a exemplo da indústria do petróleo, borracha, calçados, impressão, tinturaria, e comércio de combustíveis dentre outras, especialmente para os trabalhadores com ocupações relacionadas à operação e manutenção (IARC, 2012). Com dados de trabalhadores de empresas específicas, estimou-se a mortalidade anual de leucemia em 41,5/100.000 trabalhadores em indústrias químicas de síntese orgânica, mais baixa nas ocupações de pintura (15,9/100.000), no fabrico da borracha (14,8/100.000), colas (9,0/100.000), produção de tintas (7,4/100.000 trabalhadores) e sapatos (4,3/100.000) (Yin S. *et al*, 1987).

Diversos estudos têm mostrado a contribuição da exposição ao benzeno no trabalho para mortes por leucemia. Nos Estados Unidos, a fração atribuível à exposição ao benzeno dos óbitos de leucemia foi estimada com um risco relativo de 2 e 4, encontrando-se, respectivamente, 0,8% a 2,0% (Steenland *et al*, 2003), enquanto que na Inglaterra, Rushton *et al* (2010) estimou em 0,14% esta fração.

No Brasil, a mortalidade por neoplasias foi a segunda maior no país em 2010 (Brasil, 2012) e a mortalidade padronizada por idade para leucemia foi estimada em 2,7 a 2,5/100.000, na população geral, para os anos de 1980 e 1995, respectivamente (Wunsch-Filho; Moncau, 2002). Nesse estudo, estima-se o coeficiente de mortalidade médio anual por leucemia, específica por grupos populacionais e exposição potencial ao benzeno, e o número de casos de óbitos por leucemias atribuíveis à exposição ocupacional ao benzeno no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo de mortalidade realizado com registros das declarações de óbito que compõem a base de dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), entre 2006-2011, para o Brasil. A metodologia envolveu quatro passos: 1) o cálculo da mortalidade por leucemia por grupo de ocupações potencialmente expostas ao benzeno, de indivíduos potencialmente não expostos e da população no Brasil; 2) a estimativa da prevalência de exposição ao benzeno por grupo ocupacional; 3) a estimativa da magnitude de razão de mortalidade por leucemia associado à exposição ao benzeno; 4) a estimativa da fração atribuível populacional.

População do estudo

A população de referência do estudo foi constituída pela população economicamente ativa (PEA), acima de 18 anos, em cada ano do estudo, com base no Censo 2010 e projetada para os anos antecedentes e subsequentes pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Fontes de dados

Dados do SIM se encontram publicamente disponíveis no DATASUS¹, órgão do Ministério da Saúde, permitindo a extração de dados de declaração de óbitos anônimos individuais, incluindo a ocupação principal e sexo, dos quais foram extraídos registros do período de 2006 a 2011. Dados da população-padrão, do número de trabalhadores ativos e ocupados por grupo de ocupação, de acordo com o sexo provêm do Censo Demográfico 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A prevalência da exposição ao benzeno por grupo ocupacional foi estimada empregando-se parâmetros da *Finnish Job Exposure Matrix* (FINJEM), aplicados aos grupos ocupacionais correspondentes no Brasil (Kauppinen, 2001). A FINJEM se baseia em mensurações ambientais de benzeno realizadas em grupos ocupacionais, nos quais pelo menos 5% dos trabalhadores estavam expostos a uma média de 0.1ppm/ano, em mensurações entre 1945-1995.

Definição de variáveis

Foram considerados óbitos por leucemias os que tinham os códigos C90.1 a C95.0 da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), como causa básica da morte no período do estudo. Foram criados grupos ocupacionais da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO-2002): seis dígitos empregados na declaração de óbitos, compatíveis com grupos criados para a Classificação de Ocupações para Pesquisas Domiciliares, COD quatro dígitos, desenvolvida pelo IBGE, para uso em inquéritos domiciliares, empregando-se as correspondências estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil, 2010).

Estes grupamentos ocupacionais também correspondem aos empregados na FINJEM (Kauppinen T, 2012; Moura-Correa; Santana, 2014): 1) Químicos; 2) Assistente de Laboratório; 3) Frentistas de Postos de Combustíveis; 4) Tapeceiros/Estofadores e afins; 5) Trabalhadores do Tratamento de Couros e Peles; 6) Sapateiros e afins; 7) Operadores de Máquinas de Processar Couros e Peles; 8)

¹ Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sim/dados/cid10_indice.htm

Trabalhadores da Fabricação de calçados; 9) Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores; 10) Pintores e afins; 11) Impressores, 12) Trabalhadores de Impressão Gráfica; 13) Destiladores/Operadores de Refino de Petróleo; 14) Trabalhadores de Instalações de Processo Químico; 15) Refinaria, outros Trabalhadores da Indústria Química; 16) Operadores de Máquina de Fabricar Borracha; 17) Trabalhadores de Lavanderias e Tinturarias, e outros trabalhadores.

Para o período selecionado de referência neste trabalho, consideraram-se expostos ao benzeno os trabalhadores que operavam em ambientes com mensurações acima ou igual a 0,1 ppm, os demais são presumidos como não expostos. Ajustes foram realizados para inconsistência entre as projeções e os dados do censo 2010, para alguns grupos ocupacionais. Os descritores foram sexo e grupos ocupacionais potencialmente expostos ao benzeno, empregando-se os grupos ocupacionais selecionados pela FINJEM e os expostos estimados, com a aplicação dos parâmetros da FINJEM à população de trabalhadores do Brasil, ponderada pelos grupos ocupacionais.

Análise de dados

O coeficiente de mortalidade média anual para a PEA foi estimado dividindo-se o número de óbitos por leucemia, pelo número total de indivíduos desta mesma população. Para os coeficientes de mortalidade específicos por grupo ocupacional, empregaram-se as mesmas medidas para cada grupo ocupacional, correspondentemente.

Decidiu-se restringir a análise para os anos de 2006 a 2011, devido a esse período ter homogeneidade na classificação empregada para a ocupação e melhor qualidade dos dados. Para os registros de leucemia com dados faltantes de ocupação, adotou-se o procedimento de imputação probabilística proporcional, ponderada anualmente, entre os grupos de potenciais expostos e os demais trabalhadores.

Para calcular a fração de óbitos atribuível à exposição ocupacional ao benzeno é necessária a estimativa da prevalência dessa exposição, que foi calculada pela divisão entre o número total de trabalhadores expostos pelo total de

trabalhadores da PEAO (Moura-Correa; Santana, 2014). A fração atribuível populacional devido à exposição ocupacional ao benzeno (FAP) foi calculada com a equação de Levin (1953):

$$FAP = P \times (RR-1) / [P \times (RR - 1) + 1]$$

Onde **P** é a prevalência da exposição ao benzeno no Brasil e **RM** a razão de mortalidade por leucemia entre expostos e não expostos ao benzeno.

Não foi necessária estimação ou inferência estatística devido à natureza censitária dos dados e ao seu propósito descritivo. As análises foram conduzidas empregando-se os aplicativos SAS 9.2 e Excel®. Embora os dados para elaboração deste estudo sejam secundários, públicos, o protocolo do estudo foi registrado no Sistema Nacional de Ética em Pesquisa e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva, da Universidade Federal da Bahia (Proc. No. 17268313.8.0000.5030).

RESULTADOS

No Brasil, entre 2006 a 2011, a mortalidade média na população com idade acima de 18 anos (n=781.104.866), foram encontrados 21.049 óbitos por leucemia (C90.1 a C95.0), que correspondem a um coeficiente médio anual de mortalidade por leucemia de 2,7/100.000, para a PEA (Tabela 1). Verificou-se 19.132 óbitos por leucemia na população economicamente ativa acima de 18 anos, coeficiente de mortalidade de 2,6/100.000. Entre os potencialmente expostos ao benzeno foram encontrados 1.917 óbitos por leucemias, o que permitiu estimar o coeficiente médio anual de mortalidade por leucemia neste grupo em 4,5/100.000.

Ainda na Tabela 1, observa-se que entre os óbitos por leucemia o número de operadores e mecânicos de máquinas e motores (n=1.166) foi a maioria (60,9%), seguido pelos Pintores e afins (n=203; 10,6%) e trabalhadores de Refinarias, Destilarias e Indústrias Químicas (n=128; 6,7%). O coeficiente médio anual de mortalidade por leucemia variou de 2,8/100.000 entre os trabalhadores das Indústrias de Borracha, a 6,9/100.000 para os do grupo da Impressão Gráfica, seguidos pelos Assistentes de Laboratório (6,7/100.000), dos Operadores de Máquinas em Lavanderias e Tinturarias (6,1/100.000) e dos Químicos (6,0 /

100.000).

Entre os trabalhadores expostos ao benzeno, o coeficiente médio de mortalidade anual por leucemia foi maior entre os do sexo masculino (5,0/100.000) do que entre os do sexo feminino (3,2/100.000). Tanto os homens como as mulheres potencialmente expostas ao benzeno tiveram o coeficiente de mortalidade médio por leucemia maior que os da população não exposta, respectivamente (2,7/100.000, 2,5/100.000). Entre os homens, os grupos com maior coeficiente de mortalidade médio foram os Tapeceiros, Estofadores e afins (8,5/100.000), os Impressores e Impressão Gráfica (8,2/100.000) e os Químicos (7,9/100.000). Entre as mulheres, os grupos com maior coeficiente médio anual de mortalidade foram Operadores de Máquinas em Lavanderias e Tinturarias (6,7/100.000), Assistentes de Laboratório (6,5/100.000) e Pintores e afins (4,1/100.000). E os grupos de Operadores de Máquinas de Fabricar Borracha tiveram menor coeficiente médio anual de mortalidade: no sexo masculino (3,0/100.000) e no sexo feminino (0,0/100.000).

A razão de mortalidade (RM) e a FAP de óbitos de leucemias devido à exposição ocupacional ao benzeno, para todos os trabalhadores e para cada um dos grupos ocupacionais, encontram-se sumarizadas na Tabela 3. No período estudado, estimou-se a RM de 1,7 por 100.000 potencialmente expostos ao benzeno no trabalho, em relação ao grupo referente, composto por todos os demais trabalhadores em idade ativa.

No geral, a FAP para mortes por leucemia devido à exposição ocupacional ao benzeno, para todas as categorias dos grupos de potenciais expostos, mostra uma contribuição de 6% (n=118) para o total de trabalhadores, 7% (n=134) para os homens e 0,21% (n=4). Excluindo os Operadores de Máquinas de Fabricar Borracha em que a fração atribuível foi nula, nos demais grupos ocupacionais variaram de 3,6% (n=69) entre os operadores e mecânicos de máquinas e motores e 0,1% (n=1) entre operadores de máquinas de lavar, tingir e passar.

DISCUSSÃO

No Brasil, entre 2006 a 2011 ocorreram 21.049 óbitos, dos quais 1.917 trabalhadores de grupos ocupacionais expostos ao benzeno de diversos ramos

produtivos faleceram por leucemia. Os resultados deste estudo referem-se a casos graves de leucemia que foram a óbito. Pois, para o período deste estudo, ocorreu redução em nível mundial da mortalidade por leucemias decorrentes das significativas melhorias no diagnóstico, o que repercutiu no aumento da sobrevivência dos indivíduos (American Cancer Society, 2013).

Portanto, esse número de óbitos de casos graves de leucemia é expressivo e podem ser mais elevados, considerando que é grande a falta de registro da variável ocupação na declaração de óbito e frequentes os problemas de codificação, em conformidade com a CBO, no SIM.

O coeficiente de mortalidade por leucemia, entre os grupos ocupacionais expostos ao benzeno, foi quase duas vezes o observado nos demais trabalhadores da população brasileira. Entre os grupos ocupacionais potencialmente expostos ao benzeno, a mortalidade proporcional foi maior nos operadores e mecânicos de máquinas e motores; e o coeficiente médio anual de mortalidade por leucemia foi mais elevado nos grupos dos Impressores e da Impressão Gráfica e dos Assistentes de Laboratório.

Neste estudo, os homens tiveram maiores estimativas de mortalidade por leucemia em quase todos os grupos potencialmente expostos ao benzeno, à exceção dos Operadores de Máquinas em Lavanderias e Tinturarias. O número de óbitos por leucemia, no sexo feminino, foi pequeno e ou inexistente em alguns grupos ocupacionais, o que impossibilitou estimar a fração atribuível específica para todos os grupos ocupacionais. Todavia, foi estimada a FAP global no sexo masculino e feminino. A FAP de óbitos por leucemia que poderiam ser evitados se a exposição ocupacional ao benzeno fosse eliminada, foi estimada em 6,2% (n=118).

A FAP foi mais elevada que a estimada para os Estados Unidos: de 0,8% e 2,0%, considerando as duas medidas de risco relativo (2-4) (Steenland *et al*, 2003). Apesar disso, pode estar subestimada porque, além da questão do registro, outro fator que provavelmente influenciou o número de óbitos foi o efeito do trabalhador saudável. Comumente trabalhadores mais saudáveis ingressam e permanecem no emprego, enquanto que aqueles com doenças graves, como leucemia, são afastados do trabalho ou da exposição.

Outra questão refere-se à exigência de condições saudáveis para a seleção

de trabalhadores, em relação aos demais indivíduos da população. Portanto, o efeito do trabalhador saudável poder produzir erros na análise dos resultados, reduzindo o real impacto da doença, ao comparar estimativas de mortalidade de trabalhadores com a população em geral, como referente (Li *et al*, 1999).

Ainda, outros fatores que podem incidir sobre a estimativa da FAP em trabalhadores são as medidas de proporção de expostos e a incerteza sobre a magnitude da exposição. Para corrigir esse erro, ajustes com a rotatividade dos trabalhadores e de turnos de trabalho (Nelson *et al*, 2002; Concha Barrientos *et al*, 2004) têm sido empregados, especialmente para exposição à carcinógenos que têm longo período de latência. Algumas ocupações pertencentes aos grupos de expostos potenciais ao benzeno são habitualmente identificadas por essas características de intensa rotatividade, como, por exemplo, os frentistas e o trabalho em turno em ocupações, especialmente da indústria química e petroquímica. Contudo, para esse estudo não foi possível fazer ajustes para rotatividade, pois não foram encontradas estimativas nacionais de rotatividade por ocupação, apenas para ramos de atividades econômicas (Pochmann, 2009).

Conclusões a partir dos dados deste estudo devem ser consideradas com cautela devido às incertezas e limitações, principalmente decorrentes da grande falta de informações da ocupação e sub-registro de óbitos por leucemias. Isso é especialmente preocupante, em se tratando da complexidade do diagnóstico de leucemia, as dificuldades no acesso a serviços de saúde e a qualidade do registro da informação em saúde. Houve grande proporção de falta de registro da ocupação variável empregada para reconhecimento dos grupos de potenciais expostos ao benzeno de interesse. Apesar dos ajustes realizados, que possivelmente reduziram esse problema, o número de óbitos pode ser mais elevado em cada um dos grupos de interesse.

A principal limitação deste estudo refere-se a possíveis erros de inconsistência dos dados da população trabalhadora, devido a diferenças entre as classificações COD, CBO e Censo, em relação à FINJEM, para as quais não foi possível realizar correspondência direta dos códigos das ocupações. No entanto, para superar esse problema avaliou-se a aceitação de especialistas para avaliação de correspondência entre as classificações COD e FINJEM, por correspondência nominal entre elas e a CBO 2002. Erros de inconsistências de dados da população

trabalhadora, a partir da COD, foram identificados em alguns grupos ocupacionais para os quais se adotou ajuste, utilizando os dados dos grupos ocupacionais correspondentes ao ramo de atividade econômica do Censo. Também, verificou-se inconsistência na identificação do subgrupo dos Sapateiros do Comércio Varejista, que compõem a categoria dos Trabalhadores do Couro, Sapatos e Calçados, cuja codificação era igual para 58 ocupações do comércio varejista. Para essa situação, a variável foi tratada como dado perdido.

Certamente, uma das limitações para essa abordagem foi a ausência de dados disponíveis sobre prevalência da exposição ao benzeno. E, por consequência, a utilização dos parâmetros da base de dados da FINJEM, para estimar a prevalência, provavelmente, pode contribuir para subestimar esses resultados. A exposição ocupacional ao benzeno pode ser maior do que as estimadas para esses trabalhadores, com base na FINJEM, uma vez que essa exposição pode abranger outros grupos ocupacionais que não estão relacionados no grupo de expostos originais da FINJEM, como, por exemplo: Taxista, Bombeiros, Guarda de Trânsito, dentre outros. Também, outras ocupações, cujas exposições encontravam-se abaixo de 0,1 ppm, e não foram selecionadas para os grupos de expostos da Finlândia, podem ter exposições mais elevadas no Brasil.

Em relação à magnitude da exposição e a ocorrência de Leucemia entre os expostos, ocorreu restrição pelo uso apenas de dados de mortalidade. Além disso, os óbitos por leucemia pertencem a um grupo heterogêneo e com sobrevidas distintas, devido à variabilidade, segundo tipo e subtipo, fase do diagnóstico, prognóstico, evolução e idade (De Angelis *et al.* 2013).

Outra questão refere-se ao uso da FAP, alvo de críticas por pesquisadores que apontam suas limitações metodológicas; entre elas, Boffeta (2007) destaca que, para a carcinogênese ambiental, a obtenção desta medida vai depender da magnitude do câncer devido à determinada exposição e à frequência estimada desta exposição.

Portanto, erros podem ocorrer pelo efeito da polarização ou confusão na direção da força da associação, na frequência ou nível de exposição e, estes, por sua vez, podem afetar a estimativa correspondente do risco atribuível. Outra limitação relaciona-se à dificuldade de precisar o efeito de cada fator isoladamente,

o que não permite determinar o seu impacto sobre a FAP. Entretanto, apesar da incerteza do intervalo entre os fatores, dificilmente estes possam justificar as diferenças de uma ordem de magnitude.

Muito embora essas limitações apresentem muitas vantagens, especialmente para os gestores da saúde pública, pois essa medida permite quantificar a carga atribuída à exposição e orientar o planejamento para a redução de fatores de riscos e monitoramento de estratégias de prevenção à saúde na população. No que tange à redução, por exemplo, da ocorrência de óbitos por leucemia decorrente da exposição ao benzeno, a FAP permite estimar quantos casos não ocorreriam se a exposição fosse eliminada.

Embora exista esforço mundial para produção de estimativas da carga das neoplasias atribuíveis a fatores ocupacionais (Nurminen; Karjalainen, 2001; Rushton *et al*, 2008), no Brasil a magnitude da exposição ocupacional relacionada à mortalidade por leucemia é um contribuinte, ainda insuficientemente reconhecida como fator importante na mortalidade geral. Sua priorização poderia influenciar a realização de estudos populacionais e a valorização do registro do campo ocupação nos sistemas de informações e, conseqüentemente, a qualidade dos dados das pesquisas nacionais, essenciais para obtenção de estimativas fidedignas.

Neste estudo, a utilização do título da ocupação, enquanto variável indicadora de exposição foi uma importante definição metodológica, para estimar as exposições potenciais ao benzeno e os casos de leucemias atribuíveis em trabalhadores. Suas vantagens estão relacionadas principalmente à identificação de grupos de risco e à possibilidade de comparação com outros estudos, uma vez que o título da ocupação é amplamente utilizado em estudos epidemiológicos e sua padronização internacional possibilita estabelecer correspondências. Além disso, sua aplicação reduz o viés de classificação; também fornece informações que permitem subsidiar ações preventivas, bem como monitorar as exposições por grupo ocupacional, que podem ser perfeitamente relacionadas com os ramos de atividades econômicas.

Nessa perspectiva, os resultados deste estudo mostram evidências de excesso de mortalidade por leucemia entre os trabalhadores potencialmente expostos ao benzeno, quando comparados com os demais trabalhadores da população. Constituindo-se, portanto, em importante informação para a vigilância

das neoplasias ocupacionais, que considere os determinantes ocupacionais, os grupos de risco e as medidas de prevenção e monitoramento das leucemias por exposição ocupacional ao benzeno.

REFERÊNCIAS

1. American Cancer Society. *Global cancer facts & figures*. 2nd Edition. Atlanta: American Cancer Society, 2011.
2. American Cancer Society. *Global cancer facts & figures*. 2012. Atlanta: American Cancer Society; 2012.
3. Bertuccio P, Bosetti C, Malvezzi M *et al*. Trends in mortality from leukemia in Europe: an update to 2009 and a projection to 2012. *Int. J. Cancer*. 132, 427-236, 2013.
4. Boffeta P, McLaughlin JK, Vecchia C, *et al*. 'Environment' in cancer causation and etiological fraction: limitations and ambiguities. *Carcinogenesis*. March 14, v. 28 (5): 913-915, 2007.
5. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. Saúde. *Brasil 2011: uma análise da situação de saúde e a vigilância da saúde da mulher*. Ed. Ministério da Saúde, 2012.
6. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Secretaria de Políticas Públicas de Emprego (SPPE). *Classificação Brasileira de Ocupações*. 3 ed. Brasília: Ed. Ministério do Trabalho e Emprego, 2010.
7. Collins JJ, Ireland B, Buckley CF, *et al*. Lymphohematopoietic cancer mortality among workers with benzene exposure, *Occup. Environ. Med*. 60: 676–679, 2003.
8. De Angelis R, Sant M, Coleman *et al*. Cancer survival in Europe 1999-2007 by country and age: results of EURO CARE-5-a population-based study. The EURO CARE-5 Working Group. *Lancet Oncology*. Jan 1, v. 15(1): 23-34, 2014.
9. Doll R; Peto R. The cause of cancer. Oxford: *J Natl Cancer Inst*, 66:1191-1308, 1981.
10. Driscoll T, Nelson D, Steenland K, *et al*. The global burden of disease due to occupational carcinogens. *American Journal of Industrial Medicine*; 48: 419-502, 2005.
11. Gun RT, Pratt N, Ryan P, *et al*. Update of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry cohort. *Occup Environ Med*, 63: 476-481, 2006.
12. IARC. International Agency for Research on Cancer, 1987. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Benzene, v. 29, p. 93, 1982. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol29/volume29.pdf>.
13. IARC. International Agency for Research on Cancer. *Summaries & evaluations: Benzene (Group 1)*. Lyon, International Agency for Research on Cancer, p. 120 (IARC Monographs on the Carcinogenicity of Chemicals to Humans), Supplement 7, 1987. Available from:

- <http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/benzene.html>.
14. IARC. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A review of human carcinogens: chemical agents and related occupations, soot as found in occupational exposures of chimney-sweeps. Weltgesundheitsorganisation, editor. Vol. 100F. Lyon: IARC; 2012. 559p.
 15. Jabbour, E, Kantarjian, H. Chronic myeloid leukemia: 2012 update on diagnosis, monitoring, and management. *Am. J. Hematol*, nov. 87: 1038-1045, 2012.
 16. Jemal A, Bray F, Center MM *et al*. Global Cancer Statistics. *Cancer J Clin*, 61: 69-90, 2011.
 17. Khalade A., Jaakkola M.S., Pukkala E., *et al*. Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health*, 9:31, 2010.
 18. Kauppinen T. Finnish occupational exposure databases. *Appl Ind Hyg*; 16: 154-8, 2001.
 19. Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, *et al*. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. *Ann. Occup. Hyg*; 1-17, 2012.
 20. Levin M. The occurrence of lung cancer in an. *Acta Unio Int Contra Cancrum*, 9 (3): 865-72, 1953.
 21. Li CY, Sung FC. A review of the healthy worker effect in occupational epidemiology. *Occup Med*, v. 49, (4): 225-229, 1999.
 22. Montserrat E. Assessing prognosis in patients with chronic lymphocytic leukemia a quarter of a century after Rai and Binet staging systems. *Ann Oncol. Oct*, 15(10):1450-1451, 2004.
 23. Moura-Correa MJ, Santana VS. *Exposição ocupacional ao benzeno no Brasil - estimativas baseadas em uma matriz de exposição ocupacional*. Salvador, 2014. [impresso]
 24. Mrózek K, Marcucci G, Nicole D, *et al*. Prognostic significance of the European leucemia net standardized system for reporting cytogenetic and molecular alterations in adults with acute myeloid leukemia. *J Clin Oncol*, dec 20; 30 (36) 4515-4523, 2012.
 25. Nelson DI, Driscoll T, Prüss-Üstün A, *et al*. *Exposure assessment for the global burden of occupational injuries*. In: American Industrial Hygiene Conference and Exposition, San Diego, USA, 2002. Available from: <http://www.aiha.org/aihce02/handouts.htm>.
 26. Neves H, Moncau JEC, Kaufmann PR, *et al*. Mortalidade por câncer em trabalhadores da indústria da borracha de São Paulo. *Rev. Saúde Pública*, 40 (2) 271-279, 2006.

27. Nurminen M, Karjalainen A. Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 27 (3):161-213, 2001.
28. Rinsky RS, Hornung RW, Silver SR, *et al.* Benzene exposure and hematopoietic mortality: an oolong-term epidemiologic risk assessment. *American Journal of Medicine*, 42:474-480, 2002.
29. Rothman JK, Greenland S, Lash LT. *Epidemiologia moderna*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
30. Rushton L, Brown T P, Cherrie J, *et al.* How much does benzene contribute to the overall burden of cancer due to occupation? *Chemico-Biological Interactions*, 184: 290–292, 2010.
31. Rushton L, Hutchings S, Brown T. The burden of cancer at work: estimation as the first step to prevention. *Occup Environ Med*, 65: 789-800, 2008.
32. Steenland K, Burnett C, Lulich N, *et al.* Dying for work: the magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. *American Journal of Industrial Medicine*, 43: 461-482, 2003.
33. Yin SN, Li GL, Tain FD *et al.* Leukemia in benzene workers: a retrospective cohort study. *British Journal of Industrial Medicine*, 44:1124-128, 1987.
34. Yin SN, Hayes RB, Li GL *et al.* An expanded cohort study of cancer among benzene-exposed workers in China. *Environment Health Perspective*, 100:1339-1341, 1996.
35. Wünsch Filho V, Moncau JE. Mortalidade por câncer no Brasil 1980-1995: padrões regionais e tendências temporais. *Rev Assoc Med Bras*, 48(3):250-257, 2002.

Tabela 1. Número de óbitos e coeficiente de mortalidade médio anual por leucemia, de acordo com grupos populacionais e exposição potencial ao benzeno, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006-2011

Grupos populacionais e ocupacionais	Leucemia		
	Total de óbitos ²		Coeficiente médio anual de mortalidade / 100.000
	N	100%	
População economicamente ativa	21.049	100,0	2,7
População não exposta potencialmente ao benzeno	19.132	90,9	2,6
Trabalhadores expostos ao benzeno (FINJEM)			
Todos	1.917	9,1	4,5
Químicos	43	2,2	6,0
Assistente de laboratório	75	3,9	6,7
Frentistas de posto de combustíveis	37	2,0	3,4
Tapeceiros/estofadores e afins	83	4,3	6,0
Trabalhadores do couro, sapatos e calçados*	73	3,7	4,9
Operadores de máquinas, mecânicos/máquinas e motores	1.166	60,8	4,2
Pintores e afins	203	10,6	5,1
Impressores e impressão gráfica*	61	3,2	6,9
Refinaria, destiladores e indústria química*	128	6,7	3,6
Operadores de máquinas de fabricar borracha	19	1,0	2,8
Operadores em lavanderias e tinturarias	29	1,5	6,1

¹ Para a população foi utilizada estimativa para os anos intercensitários, do período de 2006 a 2011 (IBGE).

² Óbito por leucemia de 18 anos ou mais. *Foram agrupadas as categorias de ocupações afins, que originalmente estavam separadas em 16 grupos, conforme FINJEM.

Fonte: Censo, IBGE. Brasil, 2010. Ministério da Saúde/DATASUS- Sistema de Informação sobre Mortalidade - SIM 2006- 2011

Tabela 2. Número de óbitos, coeficiente de mortalidade médio anual por leucemia e razão de mortalidade, por grupos populacionais e exposição potencial ao benzeno, de acordo com sexo, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006-2011

Grupos populacionais e ocupacionais	Homens		Mulheres		Razão de Mortalidade
	n	Coeficiente médio anual de mortalidade /100.000	n	Coeficiente médio anual de mortalidade /100.000	
População economicamente ativa	10976	2,9	10073	2,5	1,2
População não exposta potencialmente ao benzeno	9.470	2,7	9662	2,5	1,2
Trabalhadores expostos ao benzeno (FINJEM)					
Todos	1.506	5,0	411	3,2	1,6
Químicos	40	7,9	3	1,3	6,1
Assistente de laboratório	45	6,7	29	6,5	1,0
Frentistas de posto de combustíveis	35	3,7	3	1,9	1,9
Tapeceiros/estofadores e afins	56	8,5	27	3,7	2,3
Trabalhadores do couro, sapatos e calçados	53	6,0	19	3,0	2,0
Operadores de máquinas, mecânicos/máquinas e motores	892	4,8	275	3,0	1,6
Pintores e afins	198	5,1	5	4,1	1,2
Impressores e impressão gráfica	59	8,2	3	1,7	4,8
Refinaria, destiladores e indústria química	98	3,8	29	3,1	1,2
Operadores de máquinas de fabricar borracha	19	3,0	0	0,0	0,0
Operadores em lavanderias e tinturarias	11	5,6	19	6,7	0,8

Fonte: Censo, IBGE. Brasil, 2010. Ministério da Saúde/DATASUS- Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM 2006- 2011

Tabela 3. Número de óbitos e fração atribuível ao benzeno de mortes por leucemia, de acordo com grupos ocupacionais expostos ao benzeno, de 18 ou mais anos de idade. Brasil, 2006 a 2011

Grupos populacionais e ocupacionais	Mortalidade por leucemia /100.000	Razão de Mortalidade	Óbitos atribuíveis à exposição ao benzeno	
			n	FAP ¹ %
População não exposta potencialmente ao benzeno	2.6	1.00		
Trabalhadores expostos ao benzeno (FINJEM)				
Todos	4.47	1,7	118	6,2
Químicos	5,99	2,3	4	0,2
Assistente de laboratório	6,69	2,6	8	0,4
Frentistas de posto de combustíveis	3,54	1,3	7	0,4
Tapeceiros/estofadores e afins	5,97	2,3	3	0,2
Trabalhadores do couro, sapatos e calçados	4,90	1,9	7	0,2
Operadores de máquinas, mecânicos/máquinas e motores	4,23	1,6	69	3,6
Pintores e afins	5,10	2,0	9	0,5
Impressores e impressão gráfica	6,95	2,7	5	0,2
Refinaria, destiladores e indústria química	3,64	1,4	5	0,2
Operadores de máquinas de fabricar borracha	2,84	1,1	0	0,0
Operadores em lavanderias e tinturarias	6,09	2,3	1	0,1

¹FAP= Fração Atribuível ao benzeno dos óbitos por leucemia.

Fonte: Censo, IBGE. Brasil, 2010. Ministério da Saúde/DATASUS- Sistema de Informação sobre Mortalidade - SIM 2006- 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, estimou-se que a prevalência da exposição ocupacional ao benzeno para o Brasil foi quase nove vezes a estimada pra Finlândia (<0,1%), em 2008. Esta prevalência da exposição ocupacional ao benzeno e o número de expostos no Brasil são elevados mesmo ao utilizar os parâmetros da Finlândia, presumivelmente um país com melhor sistema de proteção e normas de saúde e segurança no trabalho. Os expostos ao benzeno se concentraram em Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores e Frentistas de Postos de Combustíveis. Maiores estimativas de prevalência de exposição ao benzeno foram calculadas para os homens, e para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

O principal método empregado em pesquisa epidemiológica para estimativa populacional de exposição ocupacional, encontrados na literatura, para regiões com escassos dados de medidas diretas de concentrações de benzeno no ar e dosimetria individual, como o Brasil, é a Matriz de Exposição Ocupacional, MEO. Entre as diversas MEO desenvolvidas, com recursos metodológicos cada vez mais sofisticados e complexos, as denominadas de FINJEM (*Finnish National Job-Exposure Matrix*) e CAREX (*CARcinogen EXposure*), criadas pelo *Finnish Institute of Occupational Health*, são as que permitem extrapolação para outros grupos populacionais. Contudo, apesar da CAREX abranger expostos ao benzeno para todos os ramos de atividade econômica, optou-se por utilizar a FINJEM, em que a unidade é o grupo ocupacional. Esta definição foi devido a FINJEM ter maior especificidade e precisão entre os potenciais expostos, para estimativas de prevalência e identificação entre os grupos de risco ocupacionais, e a possibilidade de comparação com outros estudos, que comumente utilizam o título da ocupação em estudos epidemiológicos.

As estimativas de mortalidade por leucemia, entre os grupos ocupacionais de potenciais expostos ao benzeno, demonstraram elevado coeficiente médio anual – quase duas vezes o observado nos demais trabalhadores da população brasileira (2,7/100.000). Os trabalhadores com o maior coeficiente médio anual de mortalidade por leucemia foram: impressores gráficos, assistentes de laboratório, operadores de máquinas em lavanderia e tinturarias e químicos. Entre os trabalhadores expostos

ao benzeno, os homens tiveram maiores estimativas de mortalidade por leucemia em quase todos os grupos potencialmente expostos ao benzeno, com exceção dos operadores de máquinas em lavanderias e tinturarias. Os resultados deste estudo de mortalidade mostram evidências de excesso de mortalidade por leucemia entre os trabalhadores expostos ao benzeno, quando comparados com os demais trabalhadores da população.

A maior Fração Atribuível Populacional, entre os expostos ao benzeno (6,2%), do Brasil, em comparação com a estimada para os expostos dos Estados Unidos (0,8% e 2,0%) indica maior gravidade da situação no país.

Considera-se que as estimativas ora realizadas representam importante esforço científico na produção do primeiro estudo de prevalência da exposição ocupacional ao benzeno e da mortalidade por leucemia entre os expostos, no Brasil. Entretanto, por utilizar medidas de prevalência de outro país, recomenda-se a continuidade de estudos de construção de MEO, com dados primários de mensurações individuais e/ou ambientais de exposição ocupacional ao benzeno, de diferentes ramos de atividades e ocupações para a elaboração de uma matriz nacional.

Contudo, a aplicação do método de MEO demonstrou ser um importante recurso metodológico, pela sua factibilidade para estudos epidemiológicos de prevalência e da vigilância da exposição ocupacional ao benzeno, ao contribuir com informações que permitem subsidiar o planejamento de ações preventivas a grupos ocupacionais específicos e por área geográfica do país. Também representa importante contribuição para a vigilância das neoplasias atribuíveis a fatores ocupacionais, pelo estabelecimento da carga contribuinte da exposição ao benzeno à mortalidade por leucemia, entre os prováveis expostos no Brasil.

Anexo I

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, RG nº.....abaixo assinado, declaro que, de livre e espontânea vontade, aceito participar da pesquisa: **Prevalência de exposição ocupacional ao benzeno e número de casos de leucemias atribuíveis – estimativas para o Brasil**, realizada pela Doutoranda Maria Juliana Moura Corrêa, orientada pela profª Drª Vilma Sousa Santana, do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia. Declaro, também que **autorizo o uso e divulgação dos resultados** da análise da correspondência entre as ocupações específicas codificadas pela Classificação de Ocupação para Pesquisas Domiciliares, COD, no Brasil, e os grupamentos ocupacionais empregados na Finish Job Exposure Matrix, FINJEM, (Matriz de Exposição Ocupacional Finlandesa) realizada para este estudo. O **procedimento** envolve o recebimento de uma planilha com as ocupações codificadas na COD, grupos ocupacionais da FINJEM, e uma coluna em branco para o registro de sua opinião relativa ao grau de acordo ou desacordo para aquela correspondência (código COD e grupo FINJEM). O registro de sua opinião será feito empregando-se a seguinte escala 0=discordo completamente, 1=discordo pouco, 2=concordo pouco, 3=concordo muito, e 4=concordo completamente. Estes dados serão cotejados para estimar o grau de acordo entre os especialistas relativo à agregação correspondente realizada pelos pesquisadores deste estudo.

Fui informado (a) do **objetivo final da pesquisa** que consiste em estimar prevalência de exposição ocupacional ao benzeno no Brasil, de modo indireto, empregando-se a Matriz de Exposição Ocupacional, chamada FINJEM, para conhecer a dimensão desta exposição para fins da Vigilância em Saúde do Trabalhador. Neste **estudo específico a finalidade** é conhecer o grau de aceitação ou concordância de parte de especialistas para a correspondência entre o código COD e o grupamento de ocupações empregado na FINJEM realizado pelos pesquisadores. E seu principal **benefício** é contribuir para maior precisão das estimativas de prevalência de expostos ocupacionalmente ao benzeno calculadas por

meio de projeções dos dados da FINJEM.

Estou plenamente ciente de minha participação nesse estudo, e que será preservado o meu **anônimo e sigilo** nos resultados individuais de cada especialista participante. Fico ciente, ainda, sobre a minha responsabilidade em comunicar ao pesquisador qualquer alteração relativa à minha participação neste estudo, podendo dele sair a qualquer momento, sem que haja constrangimentos ou qualquer tipo de penalização. Também, que os **dados analisados e resultados serão utilizados** na tese de doutorado da autora responsável e em publicações relacionadas como artigos, livros e capítulos de livro, apresentações em seminários e similares.

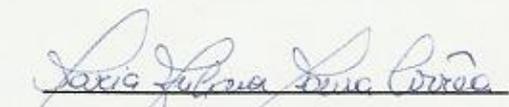
Declaro, outrossim, que este termo foi lido e e que recebi cópia.

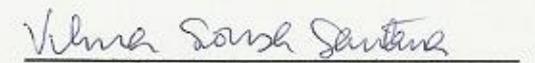
Abdicando direitos autorais meus e de meus descendentes, firmo o presente documento.

Quaisquer dúvidas em relação à pesquisa podem ser esclarecidas pelas pesquisadoras: Maria Juliana Moura Corrêa, pelo fone: (51) 30222187 e Vilma Sousa Santana, pelo telefone: (71)3336-0034 ou pela entidade responsável – Comitê de Ética em Pesquisa do ISC/UFBA pelo fone: (71) 3283-7441

Salvador,.....de.....de 2013.

Especialista Convidado


Pesquisadora Doutoranda ISC/UFBA


Pesquisadora Dr^a-Orientadora ISC/UFBA