

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA (APNT)**



HISTÓRIA, MANUSEIO E A PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO

Dilson Eduardo Coelho Matos

Orientador: CLC Orlando Carlos Souza da Rocha

Rio de Janeiro

2011

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA (APNT)



HISTÓRIA, MANUSEIO E A PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica (APNT).

Por: Dilson Eduardo Coelho Matos

Orientador: CLC Orlando Carlos S. da Rocha

Rio de Janeiro

2011

DILSON EDUARDO COELHO MATOS

HISTÓRIA, MANUSEIO E A PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO:
Breve histórico, riscos no manuseio e a prevenção à exposição ao benzeno

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica (APNT).

Aprovado pela Banca Examinadora em _____ de outubro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: CLC Orlando Carlos Souza da Rocha

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos meus Familiares que sempre estiveram presente em todos os momentos.

DEDICATÓRIA

À minha mãe (in memoria), ao meu pai, à minha irmã, minha esposa Vanessa, meus filhos Eduardo e Anthony e Amigos.

RESUMO

Desde a descoberta do benzeno, até os dias de hoje, é relatado, um breve histórico do produto químico e seus métodos de processamentos, destacando-se a sua evolução na aplicabilidade no mercado no decorrer dos anos, considerando o fator primordial no surgimento das indústrias química de segunda geração e petroquímicas, para obtenção do benzeno, produto este, que serve como base, para industrialização de vários produtos, na fabricação de borracha, fármacos, solventes, lubrificantes, combustíveis, amplamente comercializados, em diversos setores comerciais. Relatado também, os efeitos nocivos a saúde, descrevendo, os diversos males, provocado aos seres humanos, que lidam com o produto. Destacamos os fatos registrados na evolução do processo dos trabalhadores, envolvidos com a manipulação do benzeno, visando à prevenção e principalmente a conscientização, no sentido da prevenção a exposição ao benzeno. Em consequência disto, iniciam o processo de regulamentação das normas voltadas aos trabalhadores que estão envolvidos direta ou indiretamente com o benzeno no Brasil, obtendo benefícios, em função do alto grau de periculosidade, na execução de suas funções laborais. Sendo descrito também, toda evolução histórica, deste processo de legalização no Brasil, e influências de outros países, que auxiliaram na confecção de leis, voltadas aos trabalhadores, que lidam com o benzeno. Citado a importância da utilização dos equipamentos de proteção individual, principalmente as máscaras de respiração autônoma e equipamentos utilizados para o monitoramento das medições de atmosferas, no interior dos tanques de armazenamento do benzeno.

Palavras-chave: Benzeno, Histórico, Manuseio, Prevenção e Risco a Saúde.

ABSTRACT

Since the discovery of benzene, even today, is reported, a brief history of the chemical and its methods of processing, with emphasis the applicability in the market evolution over the years, considering the primary factor in the emergence of industries second-generation chemical and petrochemical, to obtain benzene, this product, which serves as the basis for the industrialization of various products, the manufacture of rubber, pharmaceuticals, solvents, lubricants, fuels, widely marketed in various business sectors. Also reported, the harmful health effects, describing the various ailments, caused to humans who handle the product. It is important the facts registered in evolution of the process with the workers on benzene handling, taking care with the prevention and exposition of benzene. As a consequence, initiate the process of regulation of standards geared to workers who are involved directly or indirectly to the benzene in Brazil, obtaining benefits due to the high degree of risk in performing their work functions. As also described, the whole historical evolution, this process of legalization in Brazil, and influences from other countries that helped in the making of laws, focused at workers who handle benzene. It was said the importance of using personal protective equipment, especially masks and breathing equipment used for autonomous monitoring of the measurements of atmosphere inside the storage tanks of benzene.

Keywords: Benzene, History, handling, Prevention e healthy hazards.

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABIQUIM** – Associação Brasileira da Indústria Química.
- ACGIH** – American Conference of Industrial Hygienists.
- ANTB** – Acordo Nacional Tripartite do Benzeno.
- BHC** – Hexaclorociclohexano.
- BP** – Originalmente Anglo Persian Company e depois British Petroleum, é uma empresa multinacional, sediada no Reino Unido, que opera no setor de energia, sobretudo petróleo e gás.
- BTX** – Benzeno, tolueno e xilenos.
- CLT** – Consolidação das Leis do Trabalho.
- COSIPA** – Companhia Siderúrgica Paulista.
- DRTSP** – Delegacia Regional do Trabalho de São Paulo.
- DHHS** – US Department of Health and Human Services.
- DMST** – Diagnostic Monitoring and Safety Technologic.
- EPA** – United States Environmental Protection (Agência de Proteção Ambiental. Americana).
- EPHX** – Epóxido microssomial.
- FIT** – Folha de infomação toxicológica.
- GSTT 1** – Glutadiona s-transferase.
- GTB** – Grupo de representação dos trabalhadores do benzeno.
- IARC** – International Agency for Research on Cancer.
- INPS** – Instituto Nacional de Previdência Social.
- INSS** – Instituto Nacional de Seguro Social.
- LII** – Limite inferior de inflamabilidade.
- LIE** – Limite inferior de explosividade.
- LT** – Limite de Tolerância.
- NAD** – Quinona Oxidorredutase.
- NIOSH** – National Institute For Occupational Safety and Health.
- OSHA** – Occupational Safety and Health Administration.
- PPM** – Partícula por milhão.

- PQU** – Indústria Petroquímica União.
- REDUC** – Refinaria Duque de Caxias.
- RPBC** – Refinaria Presidente Bernardes Cubatão.
- SUCAM** – Superintendência de Campanhas de Saúde Pública.
- UOP LCC** – Anteriormente conhecida como Universal Oil Products, é uma empresa multinacional de desenvolvimento e fornecimento de tecnologia para o refino de petróleo, processamento de gás (Natural e GLP, produção petroquímica e principalmente indústria no setor químico).
- UDEX** – Processo de refinaria de produtos químicos.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 01 | Fórmula estrutural do benzeno | 12 |
| Figura 02 | Resina benzoica | 14 |
| Figura 03 | Máquina enfornadora encoberta de vazamento de gás..... | 18 |
| Figura 04 | Vista das proximidades da Coqueria da Cosipa | 19 |
| Figura 05 | Fogo a céu aberto nas proximidades da Coqueria..... | 23 |
| Figura 06 | Vazamento de gás de Coqueria na Cosipa | 23 |
| Figura 07 | Roupa especial para manuseio de produtos químicos..... | 26 |
| Figura 08 | Instrumento de medições atmosféricas | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| 1 BREVE HISTÓRICO | 12 |
| 1.1 Definição | 12 |
| 1.2 Descobrimto do benzeno | 12 |
| 1.3 Métodos de Processamento | 15 |
| 1.3.1 <u>Reforma Catalítica</u> | 15 |
| 1.3.2 <u>Hidrodealquilação de Tolueno</u> | 15 |
| 1.3.3 <u>Dismutação de Tolueno</u> | 16 |
| 1.3.4 <u>Craqueamento a Vapor</u> | 16 |
| 1.4 Evolução e Aplicabilidade no Mercado | 17 |
| 2 MANUSEIO DO PRODUTO | 20 |
| 2.1 Efeitos Nocivos a Saúde | 20 |
| 2.1.1 <u>Toxicologia Molecular</u> | 24 |
| 2.1.2 <u>Atividades de Oxidação Biológico e Cancerígenas</u> | 24 |
| 2.2 Programa de Proteção Respiratória | 24 |
| 2.2.1 <u>Ensaio de Vedação</u> | 25 |
| 2.3 Equipamentos de Proteção Individual para Manuseio de Produtos Químicos | 26 |
| 2.4 Equipamentos de Medições de Atmosfera em Tanques de Produtos Químicos | 26 |
| 2.4.1 <u>Equipamentos Básicos de Medições de Atmosfera</u> | 27 |
| 3 PREVENÇÃO E FATOS À EXPOSIÇÃO DO BENZENO NO BRASIL | 29 |
| 3.1 Etapas Evolutivas no Brasil | 29 |
| 3.1.1 <u>O primeiro período, dos anos 30 aos anos 60 do século XX</u> | 29 |
| 3.1.1.1 <u>Principais Pontos do Primeiro Período (1930-1960)</u> | 31 |
| 3.1.1.2 <u>Regulamentação</u> | 31 |
| 3.1.1.3 <u>Exposição</u> | 31 |
| 3.1.2 <u>O segundo período, de 1960 até 1982</u> | 32 |
| 3.1.2.1 <u>Principais Pontos do Segundo Período (1960-1982)</u> | 34 |
| 3.1.2.2 <u>Regulamentação</u> | 35 |
| 3.1.2.3 <u>Exposição</u> | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.1.3 <u>O terceiro período, de 1982 a 1995</u> | 36 |
| 3.1.3.1 <i>Mudanças no Final do Ciclo</i> | 39 |
| 3.1.3.2 <i>Principais Pontos do Terceiro Ciclo (1982-1995)</i> | 39 |
| 3.1.3.3 <i>Regulamentação</i> | 41 |
| 3.1.3.4 <i>Exposição</i> | 43 |
| 3.2 Exposição ao Benzeno a Níveis Internacionais e suas influências no Brasil | 44 |
| 3.2.1 <u>O primeiro Período, de 1820 até o final do Século XIX</u> | 45 |
| 3.2.2 <u>O segundo Período, do início dos anos 60 até 1982</u> | 45 |
| 3.2.3 <u>O Terceiro Período de 1982 até 1995</u> | 46 |
| 3.2.4 <u>O quarto Período, O Momento atual</u> | 46 |
| 3.3 Histórico Referente à Regulamentação do Benzeno no Brasil | 47 |
| CONCLUSÃO | 50 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 52 |
| GLOSSÁRIO | 54 |

INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo tem passado por mudanças rápidas e intensas nas últimas décadas, com grande impacto nas formas de trabalho, na saúde e no ambiente. Com este enfoque foi observado, a trajetória do produto químico: benzeno, relatando seu breve histórico, a partir do seu descobrimento até os dias de hoje, abrangendo seus métodos de processamento para obtenção do produto, nas indústrias químicas de segunda geração e petroquímicas, destacando a sua evolução e principalmente sua aplicabilidade no mercado, desde a sua descoberta. Com o manuseio do benzeno, foram detectados as sérias consequências a saúde e fatos ocorridos com os trabalhadores, ligado diretamente ao produto, surgidas em função do total desconhecimento dos agravos, que o produto traz a saúde, citado também, as enfermidades proveniente à exposição do produto químico, assim como, a evolução dos acontecimentos nos métodos de prevenção a exposição do produto químico. Explanado a importância primordial na utilização dos equipamentos de proteção individual e os cuidados básicos no monitoramento das atmosferas, nos interiores dos tanques de carga dos trabalhadores expostos ao benzeno, visto que, o maior grau de intoxicação pelo produto, foi através da inalação de vapores. Relatado com bastante ênfase, toda a evolução ocorrida, na prevenção e fatos notórios da exposição ao benzeno no Brasil, citando suas principais ocorrências nos períodos e descrevendo seus avanços, nas regulamentações concernentes à época, a níveis nacionais e as influencias internacionais, que ajudaram todo o processo Brasileiro, a dirimir normas regulamentadoras, beneficiando os trabalhadores envolvidos com o manuseio do benzeno.

1. BREVE HISTÓRICO

1.1 Definição do Benzeno

É um hidrocarboneto aromático, que se apresenta em estado líquido, incolor e estável à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal, com odor característico dos aromáticos. É lipossolúvel, pouco solúvel em água, mas mistura-se bem, com a maioria dos solventes orgânicos (álcool, clorofórmio, éter e acetona).

Hidrocarbonetos aromáticos são geralmente compostos caracterizados por apresentar como cadeia principal um ou vários anéis benzênicos, sendo a “aromaticidade” melhor definida como uma “dificuldade” das ligações duplas de um composto reagir em reações típicas de alcenos, devido a uma deslocalização destas na molécula.

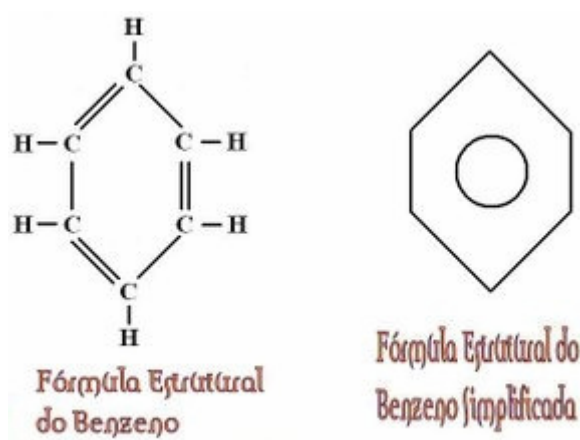


Figura 01: Fórmula estrutural do Benzeno.
Fonte: Folha de dados de segurança do material – ABCChem.

1.2 Descobrimto do Benzeno

O nome benzeno, deriva do ácido benzóico, que foi descoberto no século XVI, e que recebeu e que recebeu este nome, por ter sido obtido pela primeira vez, da essência do benjoeiro (Stryrax Benjoin), é uma árvore de grande porte, que pode atingir até 20 metros de altura e vegeta exclusivamente na Ásia tropical. Através de um corte, o seu tronco exsuda um soro que, em contato com o ar e o

sol, endurece. Neste estado, colhido das árvores, constitui o benjoin, também chamado de “goma de benjoin” ou “incenso de java”. O ácido benzóico, era obtido da destilação seca da goma de benjoin.

O benzeno foi descoberto em 1825 por Michael Faraday (1791-1867), no gás de iluminação, usado em Londres, na época. O nome inicial do composto, benzine, foi dado pelo químico alemão Eilhardt Mitscherlich em 1833, e sua fórmula molecular (C_6H_6), foi determinada em 1834.

Durante muitos anos, os químicos se esforçaram para descobrir, como os seis átomos de carbono e os seis de hidrogênio, estavam dispostos dentro da molécula do anel benzênico. Já na metade do século XIX, vários cientistas haviam proposto diferentes fórmulas estruturais, para essa molécula.

Porém, nenhuma dessas conseguiu explicar, as reações apresentadas pelo benzeno. Foi então que Friedrich August Kekulé Von Stradonitz, mais conhecido por Kekulé (1829-1896), em 1865, propôs a idéia do anel hexagonal, complementada no ano seguinte, com a hipótese da existência, de um par de estruturas, em equilíbrio, com alternância de ligações duplas.

A descoberta da química orgânica e das possibilidades de seu uso na indústria ocorreu no final da revolução industrial, na década de 1820. Já em 1830, foram feitas as primeiras regulamentações na Inglaterra para enfrentar os problemas no uso industrial do ácido clorídrico, que causava grande incômodo aos vizinhos e destruía a vegetação nas redondezas das fábricas. Porém, a grande ampliação da utilização das substâncias orgânicas se deu sobre tudo, na Inglaterra a partir de 1850, e se deve principalmente aos avanços na extração de substâncias químicas do carvão mineral e às possibilidades de utilizar os primeiros corantes de anilina, em 1856, que impulsionaram o desenvolvimento da destilação de carvão mineral, em larga escala, para produzir hidrocarbonetos aromáticos e fenóis. Os corantes sintéticos praticamente substituíram os corantes naturais usados durante milênios, e eram manufaturados a partir de matérias primas da destilação do carvão mineral, das quais as principais eram benzeno, naftaleno,

Tolueno e antraceno, substâncias, relativamente simples, constituíram a base para uma ampla gama de intermediários mais complexos que possibilitaram

o crescimento da indústria química, na segunda metade do século XIX, período em que a Inglaterra era a “fábrica do mundo” (HUNTER, 1955).

É deste período o primeiro relato de intoxicação aguda por benzeno, que data de 1862 na Inglaterra, e refere a ocorrência de um caso de ingestão acidental de benzeno seguida de inconsciência e morte do trabalhador. A necropsia mostrou cérebro, pulmões e fígado cheios de sangue. Em 1889, também na Inglaterra, foi relatado o caso de um homem, que engoliu acidentalmente benzeno líquido, ficou inconsciente, foi hospitalizado e salvo. A hematotoxicidade do benzeno, no entanto, foi identificada somente no final do século XIX, na indústria de borracha, com o achado de 9 casos de aplasia de medula em jovens trabalhadores por Santessen, em 1897: elas atuavam na fabricação de pneus de bicicleta na Suécia, e de 4 delas morreram. No mesmo ano, foi relatado por Lenoir e Claube, um caso de hemorragia em um jovem trabalhador de lavagem a seco na França, que também foi a óbito, com suspeita de leucemia possivelmente linfóide, devido à grande quantidade de leucócitos encontrados no seu sangue periférico. Desde então, o benzeno passou a ser conhecido pela sua toxicidade para medula óssea. (HUNTER, 1955; AKSOY, 1987).



Figura 02: Resina benzoica.

Fonte: Lindera benzoin Sp. Webb – photo – Ginger Webb.

1.3 Métodos de Processamento

Quatro Processos químicos contribuem para a produção industrial de benzeno: reforma catalítica, hidrodealquilação do tolueno, desproporcionação do tolueno e craqueamento a vapor.

1.3.1 Reforma catalítica

Em reforma catalítica, uma mistura de hidrocarboneto com pontos de ebulição entre 60 e 200° C é misturada com gás hidrogênio e então exposta a um catalisador bifuncional de cloreto de platina ou cloreto de rênio a 500 a 525° C e pressões na faixa de 5 a 50 atm. Sob estas condições, hidrocarbonetos alifáticos formam anéis e perdem hidrogênio tornando-se hidrocarbonetos aromáticos. Os produtos aromáticos da reação são separados das mistura reacional (ou “reformado”) por extração com qualquer um dos solventes, incluindo dietilenoglicol ou sulfolano, e o benzeno é então separado dos outros aromáticos por destilação. A etapa de extração de aromáticos do reformado é projetada para produzir aromáticos com o mínimo de componentes não aromáticos. O assim chamado processo “BTX (benzeno-tolueno-xilenos)” consiste de tais etapas de extração e destilação. Um desses processos amplamente utilizado pela UOP LLC foi licenciado para os produtores chamado processo Udex.

Similarmente a esta reforma catalítica, a UOP LCC e a BP comercializaram um método partindo de GLP (principalmente propano e butano) a aromáticos.

1.3.2 Hidrodealquilação de Tolueno

A hidrodealquilação de tolueno converte tolueno a benzeno. Neste processo intensivo por hidrogênio, tolueno é misturado com hidrogênio, então passado sobre catalisador de óxido de cromo, molibdênio, ou platina a 500-600° C e pressão de 40-60 atm. Algumas vezes, temperaturas mais altas são usadas em vez de um catalisador (na similar condição de reação). Sob estas condições, desalquilação transforma tolueno em benzeno e metano.

Se o fluxo das matérias-primas contém muito em componentes não aromáticos (parafinas ou naftênicos), estes são susceptíveis à decomposição de hidrocarbonetos inferiores, tais como o metano, o que aumenta o consumo de hidrogênio.

Um rendimento de reação típico ultrapassa 95%. Algumas vezes, xilenos e aromáticos mais pesados são usados em lugar de tolueno, com eficiência semelhante.

Isso é muitas vezes chamado de metodologia “com o propósito” de produzir benzeno, comparado aos processos BTX (benzeno-tolueno-xileno) convencionais.

1.3.3 Dismutação de tolueno

Quando um processo industrial químico tem demandas similares, tanto para o benzeno, como para o xileno, então a desproporção (ou ainda desproporcionamento, que é uma dismutação) de tolueno pode ser uma alternativa a hidrodealquilação tolueno. Em termos gerais 2 moléculas de tolueno são reagentes e os grupo metilo reorganizados de uma molécula de tolueno para outra, produzindo uma molécula de benzeno e xileno.

1.3.4 Craqueamento a vapor

Em geologia do petróleo, química e petroquímica, craqueamento (termo originado do inglês cracking, rompimento, fratura, quebra, divisão) é como se denominam vários processos químicos na indústria pelos quais moléculas orgânicas complexas como querogênios ou hidrocarbonetos são quebradas em moléculas mais simples (por exemplo moléculas mais leves) por quebra de ligações carbono-carbono nos precursores pela ação de calor e/ou catalisador. A taxa de rompimento e os produtos finais são fortemente dependentes destas temperaturas de reação e presença de quaisquer catalisadores. Craqueamento, também referido como pirólise, é o colapso de um grande alcano em menores e mais úteis alcanos e um alqueno. Colocando de maneira mais simples, craqueamento de hidrocarbonetos é o processo de quebras de cadeias longas em mais curtas.

Craqueamento a vapor é o processo para a produção de etileno e outros alquenos de hidrocarbonetos alifáticos. Dependendo da matéria-prima utilizada na produção de olefinas, craqueamento a vapor pode produzir um subproduto, rico em benzeno, chamado gasolina de pirólise. Gasolina de pirólise pode ser misturada com outros hidrocarbonetos como um aditivo de gasolina, ou destilado (no processo BTX) para ser separado em seus componentes, incluindo benzeno.

1.4 Evolução e Aplicabilidade no Mercado

No século XIX e no início do século XX, benzeno era usado como loção pós-barba, devido ao seu aroma agradável. Antes da década de 1920, o benzeno era freqüentemente usado como solvente industrial, especialmente para desengraxe de metais. Como sua toxicidade tornou-se óbvia, benzeno foi suplantado por outros solventes, especialmente tolueno (metil-benzeno), o qual tem propriedades físicas similares, mas não é cancerígeno.

Em 1903, Ludwing Roselius popularizou o uso do benzeno, para descafeinar café. Esta descoberta conduziu à produção de Sanka (as letras 'KA' no nome da marca vindo de kaffein). Este processo foi descontinuado. Benzeno foi historicamente encontrado como um componente significativo, em muitos produtos de consumo, tais como liquid wrench (aproximadamente, "chave" ou "raspador" líquido), diversos removedores de tintas, massas de borracha, removedores de manchas e outros produtos contendo hidrocarbonetos. Alguns cessaram a fabricação com fórmulas contendo benzeno em torno de 1950, enquanto outros, continuaram a utilizar, como componente ou contaminante significativo, até o final dos 1970, quando mortes por leucemia, foram associadas, com a produção do benzeno.

O benzeno é um solvente orgânico, que foi largamente usado, no processo produtivo no Brasil, até a década passada, tendo alcançado o seu pico de produção industrial, no início dos anos 80. A implantação dos pólos petroquímicos, principalmente a partir dos anos 70, resultou no aumento substantivo da produção do benzeno de origem petroquímica, originário da síntese dos alcanos do petróleo, provocando diminuição, na utilização industrial

do benzeno carboquímico, proveniente da cocção do carvão mineral, nas coquerias das siderurgias.

Atualmente é usado como matéria-prima, dentro da própria indústria petroquímica, na síntese de substâncias químicas básicas que são utilizadas, por sua vez, em vasta quantidade de produtos industriais. O benzeno carboquímico, cuja utilização industrial é cada vez menor, está presente na composição do gás de coqueria, denominado BTX (benzeno, tolueno e xileno), que é utilizado, como fonte energética na siderurgia.



Figura 03: Máquina enforadora encoberta por vazamento de gás de coqueria
Foto: Rui Magrini – 1996.

No setor sucroalcooleiro, o benzeno é utilizado para a produção álcool anidro. As destilarias de álcool anidro, são responsáveis, pelo maior consumo identificável do benzeno, excluindo-se as atividades de síntese acima referidas. Há possibilidades de se encontrar benzeno em concentrações acima do permitido por lei em solventes e produtos formulados, utilizados em indústrias gráficas, de calçados e couros, de tintas e vernizes, em oficinas mecânicas e serviços de pintura.

Finalmente, o benzeno também pode ser encontrado na gasolina automotiva e em outros combustíveis, como impureza ou componente de misturas carburantes, ampliando o espectro de exposições ocupacionais e não-ocupacionais.

Seus derivados mais largamente produzidos incluem o estireno, o qual é usado para produzir polímeros e plásticos, fenol para resinas e adesivos,

ciclohexano o qual é usado, na manufatura de nylon. Quantidades menores de benzeno, são usadas, para produzir alguns tipos de borracha, lubrificantes, corantes, detergentes, fármacos, explosivos, napalm e pesticidas.

Tanto na Europa, quanto nos Estados Unidos, 50% do benzeno é usado na produção de etilbenzeno/estireno, 25% é usado na produção de cumeno, e aproximadamente 15% é usado na produção do ciclohexano (eventualmente para nylon).

Em pesquisa laboratorial, tolueno é agora frequentemente utilizado, como substituto do benzeno. As propriedades solventes dos dois são similares, mas o tolueno é menos tóxico e tem uma faixa de temperatura como líquido mais ampla. Benzeno tem sido usado como uma ferramenta de pesquisa básica, em uma variedade de experimentos, incluindo a análise de um gás bidimensional.



Figura 04: Vista da entrada da Coqueria da Cosipa – 1999.
Foto: Rui Magrini – 1996.

2. MANUSEIO DO PRODUTO

2.1 Efeitos Nocivos a Saúde

Exposição ao benzeno tem graves efeitos na saúde. O ar em ambiente aberto pode conter níveis baixos de benzeno de fumo de tabaco, fumaça de lenha, postos de combustíveis, transporte de gasolina ou escape de veículos a motor e as emissões industriais. Vapores de produtos que contenham benzeno, como: cola, tintas, cera de móveis e detergentes, também pode ser, uma fonte de exposição, embora muitos deles, tenham sido modificados ou reformulados, desde a década de 1970, para eliminar ou reduzir o teor de benzeno. No ar, em torno de lugares de deposição de resíduos perigosos ou postos de gasolina, podem conter níveis mais elevados de Benzeno.

A intoxicação humana pelo benzeno, pode ocorrer por três vias de absorção: respiratória (aspiração de vapores), cutânea e digestiva. A via respiratória é a principal, do ponto de vista toxicológico, sendo retido 46% do benzeno inalado. Uma vez absorvido, quase imediatamente é eliminado, em 50% nos pulmões. O benzeno que permanece no corpo, distribui-se por vários tecidos. Na intoxicação aguda, a maior parte é retida no sistema nervoso central, enquanto que na intoxicação crônica, permanece na medula óssea (40%), no fígado (43%) e nos tecidos gordurosos (10%). Após sua absorção, parte do benzeno distribuído pelo organismo é metabolizados através dos microssomas, do fígado, e cerca de 30% é transformado em fenol e em derivados como pirocatecol, hidroquinona e hidroxiquinona, os quais são eliminados pela urina nas primeiras horas até 24 horas depois de cessada a exposição. A exposição prolongada ao benzeno provoca diversos efeitos no organismo humano, destacando-se entre eles, a mielotoxicidade, a genotoxicidade e a sua ação carcinogênica. São conhecidos ainda, efeitos sobre diversos órgãos como sistema nervoso central e os sistemas: endócrino e imunológico. No entanto, não existem sinais ou sintomas típicos da intoxicação crônica pelo benzeno. O efeito mais grave do benzeno sobre a medula óssea é sua depressão generalizada, que se manifesta como redução de eritrócitos, granulócitos, trombócitos, linfócitos e monócitos. A neutropenia e a leucopenia tem sido os sinais de efeito observados

com mais frequência entre os trabalhadores expostos ao benzeno. É importante assinalar, ainda, que há relação causal, comprovada, entre a exposição ao benzeno e a ocorrência de leucemia, especialmente a leucemia mielóide aguda e suas variações, entre elas a eritroleucemia e a leucemia mielomonocítica.

A respiração de curto prazo de níveis elevados de benzeno, podem resultar em morte, enquanto níveis baixos, podem causar sonolência, tontura, batimento cardíaco rápido, dor de cabeça, tremores, confusão e inconsciência. Comer ou beber alimentos contendo altos níveis de benzeno pode causar vômitos, irritação do estômago, tonturas, sonolência, convulsões e morte.

Os principais efeitos do benzeno são causados pela exposição crônica (longo prazo) através do sangue. Benzeno causa danos na medula óssea e pode causar uma diminuição de células vermelhas do sangue, levando a anemia. Ele também pode causar sangramento excessivo e diminuir o sistema imunológico, aumentando a chance de infecções. Benzeno provoca leucemia e está associada outros cânceres do sangue e pré-cânceres do sangue.

A exposição humana ao benzeno é um problema global de saúde. Benzeno atinge o fígado, rins, pulmão, coração e pode causar quebras na cadeia de DNA, provoca danos cromossômicos.

Benzeno causa Câncer tanto em animais como seres humanos. O benzeno foi primeiramente relatado por induzir ao câncer em humanos em 1920. A indústria química alega que não foi até 1979 que as propriedades que o câncer era induzido foram determinadas como “conclusivas” em seres humanos, apesar das muitas referências, a este fato na literatura médica.

A indústria explorou essa discrepância e tentou desacreditar estudos em animais mostrando câncer causado pelo benzeno, dizendo que eles não eram relevantes para humanos. Benzeno foi mostrado como causador em ambos os sexos, de várias espécies de animais de laboratórios, expostos através de várias rotas. Algumas mulheres que respiraram altos níveis de benzeno por muitos meses, tinham períodos de menstruações irregulares e uma diminuição no tamanho de seus ovários. Não se sabe se a exposição afeta o desenvolvimento do feto em mulheres grávidas ou a fertilidade em homens.

Estudos em animais, mostraram baixo peso ao nascer, atraso na formação óssea e lesão na medula óssea em animais grávidos, que respiraram benzeno.

Benzeno tem sido ligado a uma forma rara de câncer de rim em dois estudos separados, um envolvendo motorista de caminhão tanque, e outro envolvendo tripulante, a bordo de navio tanque, ambos transportando benzeno como carga.

Vários exames podem determinar a exposição do benzeno. Não existe um teste para medir benzeno na respiração; o teste deve ser feito, logo após a exposição, o benzeno desaparece rapidamente do sangue, as medições são exatas somente para exposições extremamente recentes. Exposição ao benzeno deve ser sempre minimizada.

No corpo, o benzeno é metabolizado. Determinados metabólitos, tais como trans, trans-ácido mucônico, podem ser medido na urina. No entanto, este teste deve ser feito logo após a exposição e não é um indicador confiável de exposição ao benzeno, uma vez que, os metabólitos podem estar presente na urina, mesmo originando-se de outras fontes.

A agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, EPA), fixou o nível máximo permitido de benzeno na água potável em 0,005 miligramas por litro (0,005 mg/l). A EPA exige que os derrames ou descargas acidentais no meio ambiente de 10 libras (4,5 kg) ou mais de benzeno, deve ser comunicado a EPA.

A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional dos Estados Unidos (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) estabeleceu um limite máximo admissível de exposição do benzeno de uma parte por milhão de partes de ar (1ppm) no local de trabalho, durante uma jornada de trabalho de 8 horas de trabalho, 40 horas semanais. O limite máximo de exposição, à curto prazo, para o benzeno é de 5 ppm no ar, por 15 minutos.

Trabalhadores de vários setores que produzem ou utilizam benzeno podem estar em risco, por estarem expostos a altos níveis de substâncias químicas cancerígenas. As indústrias que envolvem o uso de benzeno incluem a indústria da borracha, refinarias de petróleo, indústrias químicas, fabricantes de calçados e indústrias conexas aos combustíveis. Em 1987, a OSHA estima que cerca de 237.000 trabalhadores nos Estados Unidos, eram potencialmente expostos ao

benzeno, e não se sabe se este número mudou substancialmente desde então. Água e contaminação do solo são importantes vias de preocupação para a transmissão de contato com o benzeno. Nos Estados Unidos, Cerca de 100.000 diferentes sítios que tenham no solo benzeno ou contaminação das águas subterrâneas.



Figura 05: Fogo a céu aberto nas proximidades da Coqueria da Cosipa
Foto: Danilo Costa - 1999.



Figura 06: Vazamento de gás de Coqueria na Cosipa
Foto: Danilo Costa - 1999.

2.1.1 Toxicologia Molecular

O paradigma da avaliação toxicológica do benzeno está lentamente passando para o domínio da toxicologia molecular, que permite a compreensão dos mecanismos biológicos fundamentais de uma melhor maneira. Glutadiona parece desempenhar um papel importante, protegendo contra a queda induzida pelo benzeno do DNA e está sendo identificado como um novo marcador biológico para a exposição e efeito. Benzeno provoca aberrações cromossômicas em leucócitos no sangue periférico e medula óssea explicando a maior incidência de leucemia e mieloma múltiplo, causado pela exposição crônica. Essas aberrações, podem ser monitoradas, usando FISH com sondas de DNA para avaliar os efeitos do benzeno, junto com os exames hematológicos como marcadores de hematotoxicidade. Benzeno envolve o metabolismo de enzimas codificadas por genes polimórficos. Estudos tem demonstrado, que o genótipo nestes loci podem influenciar a susceptibilidade aos efeitos tóxicos da exposição ao benzeno. Indivíduos portadores de variante da NAD(p)H: quinona oxidoreductase1, hidrolase epóxido microsossomial (EPHX e supressão da glutadiona S-transferase T1(GSTT1), apresentam uma maior frequência de quebra do DNA de cadeia simples.

2.1.2 Atividade de Oxidação Biológica e Cancerígena

Uma forma de compreender os efeitos carcinogênicos do benzeno é através do exame dos produtos de oxidação biológica. Benzeno puro, por exemplo, oxida no corpo, para produzir um epóxido, óxido de benzeno (também chamado de oxepino), o qual não é excretado facilmente e podem interagir com o DNA, para produzir mutações prejudiciais.

2.2 Programa de proteção respiratória

A proteção respiratória é uma das medidas universais de segurança e visa formar uma barreira de proteção ao trabalhador, a fim de reduzir a exposição da pele e das membranas mucosas, a agente de riscos de qualquer natureza.

A escolha do tipo de proteção respiratória a ser utilizada deve ser determinada por uma avaliação de risco criteriosa, devendo levar em consideração a natureza do risco, incluindo as propriedades físicas, deficiência de oxigênio, efeitos fisiológicos sobre o organismo, concentração do material de risco ou nível de radioatividade, limites de exposição estabelecidos para os materiais químicos, concentração no meio ambiente; os agentes de riscos; o tipo de atividade ou ensaio a ser executado; características e limitações de cada respirador; o nível mínimo de proteção do equipamento, além de considerar a localização da área de risco em relação às áreas onde há maior concentração de ventilação.

A legislação Brasileira estabelece alguns critérios que devem ser observados pelo empregador, tais como: o estabelecimento de procedimentos operacionais padrões específicos para a seleção e uso destes equipamentos, procedimentos emergenciais, treinamento do trabalhador/usuário, monitoramento periódico, entre outros.

Etapas do programa de proteção Respiratória:

- Treinamento dos usuários de Respiradores;
- Ensaio de vedação e testes de conforto de respiradores;
- Distribuição dos equipamentos de proteção respiratória;
- Limpeza, manutenção e inspeção;
- Monitoramento do uso de respiradores;
- Monitoramento do(s) risco (s);
- Seleção dos Respiradores;
- Política da empresa na área de proteção respiratória.

2.2.1 Ensaio de Vedação

O ensaio de vedação é um teste se o respirador adapta-se a face do usuário de equipamento de proteção respiratória. Deve ser realizado com respirador novo (limpos e higienizados). Durante o ensaio o empregado realiza também um teste de conforto, participando daquele respirador que menos incomoda.

Existem dois métodos de ensaios de vedação:

- Qualitativo
- Quantitativo

Ensaio qualitativo: são objetivos, pois dependem da manifestação do usuário. O mesmo é exposto ao agente com odor característico, e/ou paladar ou fumos irritantes.

Ensaio quantitativo: é um teste com uso do instrumento, não dependendo da manifestação do usuário. O vazamento é quantificado.

2.3 Equipamentos de Proteção Individual para o Manuseio de produtos químicos

- Roupa especial para manuseio de produtos químicos.



Figura 07: Roupa especial para manuseio de produtos químicos.
Fonte: Equipamentos segurança – ABCChem.

2.4 Equipamentos Portáteis de Medições de Atmosfera, em tanques de Produtos Químico

De acordo com estudos publicados por diversos organismos, designadamente o 'National Institute for Occupational Safety and Health' (NIOSH) e o 'Occupational Safety and Health Administration'(OSHA), uma elevada

quantidade destes acidentes são caracterizados por falhas no controle das atmosferas antes da entrada nos espaços ou durante a condução dos trabalhos. Esta constatação sugere que a análise das atmosferas antes e durante a entrada em espaços potencialmente perigosos deverá ser uma componente fundamental em qualquer programa de gestão de riscos, portanto, faz-se necessário antes de iniciar uma limpeza de tanques verificarem a condição dos equipamentos a serem utilizados na operação.

Cuidados básicos na operação dos aparelhos de medição de gases

- Efetuar o 'Fresh air calibration' antes de cada utilização;
- Antes de cada medição importante para a segurança, verificar o zero e a sensibilidade dos sensores (teste);
- Operar com o aparelho apenas nas áreas para as quais ele possui proteção adequada, tanto em termos de modo de proteção elétrica (Ex.) como proteção contra o ingresso de água ou corpos estranhos;
- Não operar junto a fontes de radiação eletromagnética;
- Procurar não submeter os sensores a concentrações acima do seu campo de medição de risco de envenenamento e polimerização;
- Não deixar as baterias descarregadas por períodos prolongados.

2.4.1 Equipamentos Básicos de Medição de Atmosfera

Antes do início das operações de lavagem/desgaseificação/ventilação e liberação de serviço no interior de tanques de carga são necessárias ter instrumentos de medição de atmosfera calibrados, aferidos e testados de acordo com as instruções do fabricante.

Para ser possível verificar a eficácia dessas operações para ingresso no tanque, os seguintes instrumentos devem estar disponíveis:

- **Tankscope:** Instrumento especialmente indicado para detectar e medir vapores de hidrocarboneto em atmosfera inertizada.

- **Oxímetro:** Instrumento para determinar se uma atmosfera (como a existente em um tanque de carga) pode ser considerada completamente inertizada ou segura para a entrada de pessoas.
- **Explosímetro:** É um instrumento usado para a medição do teor de gás hidrocarbonetos no ar, em concentrações abaixo do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII). A escala é graduada em % do LII ou % do LIE (Limite Inferior de Explosividade).

Instrumentos de Medição de Atmosfera



Figura 08: Instrumentos de medições atmosféricas.
Fonte: ABCChem - equipamentos Medições de Atmosfera.

3. PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO NO BRASIL

3.1 Etapas Evolutivas no Brasil

3.1.1 O primeiro período, dos anos 30 aos anos 60 do século XX

As primeiras iniciativas de controle da exposição ao benzeno no Brasil remontam à década de 30 do século passado, quando foram feitas as primeiras legislações restritivas ao trabalho com benzeno no país através da proibição da exposição de mulheres a atividades perigosas e insalubres, em 1932. Dentre as várias atividades relacionadas, estava a principal fonte de obtenção de benzeno na época, a destilação do carvão mineral, e os trabalhos com solventes e produtos voláteis e inflamáveis que correspondiam, então, ao principal tipo de utilização desta substância, posteriormente, em 1939, em Portaria do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, o benzeno foi relacionado no quadro de atividades industriais, consideradas perigosas, insalubre, dando direito ao recebimento de adicional de insalubridade, pelos trabalhadores expostos. Em 1943 foi proibido o trabalho de menores com benzeno e seus homólogos (NOVAIS, 1992; CARVALHO et al., 1995; FREITAS e ARCURI, 1996; MAGRINI, 1999).

Há muito pouca informação deste período quanto ao uso do benzeno, à exposição de trabalhadores ou ocorrência de agravos a saúde. Muito possivelmente houve exposição a benzeno antes dos anos 30 no Brasil, mesmo que em pouca intensidade e em pouca extensão, mas não há registro identificável disto. Não foi escopo deste trabalho esta investigação, que seria possivelmente muito interessante, já que, como vimos na experiência internacional, o benzeno teve vasta utilização na indústria têxtil, como base para corante, entre outros usos certamente aplicados no Brasil.

Mesmo assim, foi utilizada como linha de corte, neste trabalho, essa época de acentuada industrialização no país, em que há o surgimento de um corpo jurídico e institucional que modifica o cenário nacional, onde vamos encontrar o benzeno. A inclusão do benzeno foi possivelmente muito mais relacionada, a esse movimento de mudanças legais, do que o benzeno propriamente dito, pois

antes e mesmo depois dos anos 30, é muito pouco visível o uso de benzeno no Brasil. Não se encontram relatos de casos de intoxicação por benzeno ou descrições relacionando o uso do benzeno com os riscos das atividades em que há exposição. É mais provável que sua inserção na legislação, assim como, tantas outras legislações, tenha sido fruto de uma importação de informações, não representando uma experiência concreta na realidade nacional. Não é fora de propósito imaginar que, as campanhas Alice Hamilton feita justamente nessa década, e que tiveram repercussão mundial, tenham ajudado na inserção do benzeno quando da confecção destas legislações no Brasil. A ausência de qualquer outro tipo de informação, no entanto, quanto à sua aplicação prática no país, levam a supor que menos uma parte destas leis, como tantas outras, não saiu dos papéis.

É nos anos 40, que serão encontradas, as primeiras referências técnicas científicas ao benzeno, em artigos de revisão da literatura, como relato por Celina Wakamatsu em sua dissertação de Mestrado (WAKAMATSU, 1976).

Possivelmente não por acaso os 4 artigos identificados foram escritos entre 1945 e 1946, período que precedeu a inauguração da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e conseqüentemente, da primeira fábrica de benzeno no Brasil, inaugurado junto com essa Siderúrgica. Os trabalhadores publicados em sua maior parte no jornal da Imprensa Médica, vinculado ao Ministério do Trabalho, são justamente de autoria de médicos inspetores desse Ministério: G. S. Faria escreve “Benzolismo Profissional” em 1945; A.J.P. Menezes escreve sobre “Considerações a respeito das alterações Hematológicas nas doenças profissionais” em 1946; dez anos depois, em 1956, Evio Bustamante publicará “Benzolismo Profissional” em 1956.

Nos anos 50 são inauguradas as primeiras refinarias de petróleo no Brasil, o que dará início a produção de benzeno da indústria petroquímica, extraído do refino do petróleo, que porem só passará a ser predominante nos anos 70, quando haverá uma grande implementação na produção do benzeno e mudanças importantes no perfil da sua utilização. Devem ser destacadas nos anos 50, pela sua dimensão e importância, as inaugurações da Refinaria Duque de Caxias (REDUC), no município de mesmo nome no Estado do Rio de Janeiro, e a da Refinaria Presidente Bernades Cubatão (RPBC), no município de Cubatão, no

Estado de São Paulo, em 1956. Curiosamente, esta produção industrial do benzeno, que certamente não ocorreu sem risco e sem exposição de trabalhadores e possivelmente com casos de intoxicação aguda e crônica, e que cresceu a partir de 1946, afetava uma população provavelmente com características mais modernas que anunciavam novas transformações que se aprofundariam muito rapidamente, nas décadas seguintes.

3.1.1.1 Principais pontos do primeiro período (1930-1960)

O mais marcante neste período é o desconhecimento da realidade do ponto de vista da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil, com a ausência de registros e relatos de situações de trabalhos reais, combinada com uma presença significativa e sistemática de regulamentações trabalhistas visando restringir a exposição ou compensar monetariamente o risco da exposição, mostrando um deslocamento substantivo entre o legal e o real.

3.1.1.2 Regulamentação

Neste período foram editadas três regulamentações sobre o benzeno no Brasil, todas pelo Ministério do Trabalho. Duas delas de restrição de exposição, proibindo o trabalho de Mulheres e menores, e uma de compensação financeira pelo risco: o adicional de insalubridade. Não há qualquer registro, quanto à aplicação desta lei.

3.1.1.3 Exposição

Não há qualquer fonte de informação quanto às circunstâncias da exposição de trabalhadores neste período, exceto quanto ao fato conhecido de ter tido início a fabricação industrial de benzeno de origem carboquímica (em 1946) e petroquímica (em 1956), e o aumento paulatino desta produção ao longo dos anos.

3.1.2 O segundo período, de 1960 até 1982

Aumento da produção, difusão do uso e aparecimento dos casos de intoxicação por benzeno.

Levantamento feito pela pesquisadora da Fundacentro Química Teresa Novaes com dados da Associação Brasileira da Indústria química (ABIQUIM), identificou o aumento da produção e do uso de benzeno no Brasil desde os anos 60. Em 1960 o consumo aparente de benzeno no Brasil foi de 5.720 toneladas e a importação 20 toneladas. Em 1970 este consumo aparente aumentou 5 vezes, passando para 25.357 toneladas, com uma produção que aumentou 4 vezes, e uma importação de 3.757 toneladas. Entre 1970 e 1980 o consumo aparente de benzeno passou a ser de 25.357 toneladas para 335.225 toneladas, com uma produção que passou de 21.600 toneladas para 308.528 toneladas, e uma importação, no ano de 1980, de 26.717 toneladas. Houve por tanto um aumento de consumo de quase 60 vezes em 20 anos, sendo de aproximadamente 13 vezes nos anos 70 a 80. Benzeno de origem petroquímica em razão do grande aumento de toda a cadeia produtiva do petróleo: extração e refino, petroquímica, e química de segunda geração.

Observe no quadro abaixo, a evolução do consumo aparente, produção, importação e exportação de benzeno registrado no Brasil, no período de 1960 a 1990.

| Ano | Consumo Aparente | Produção | Importação | Exportação |
|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1960 | 5.720 | 5.720 | 20 | 0 |
| 1970 | 25.537 | 21.600 | 3.757 | 0 |
| 1980 | 335.225 | 308.528 | 26.711 | 20 |
| 1981 | 274.796 | 316.644 | 0 | 41.848 |
| 1982 | 349.486 | 357.889 | 0 | 8.289 |
| 1983 | 366.733 | 435.769 | 0 | 69.036 |
| 1984 | 403.980 | 489.969 | 0 | 85.989 |
| 1985 | 422.285 | 514.870 | 0 | 92.827 |
| 1986 | 462.268 | 524.095 | 0 | 61.827 |
| 1987 | 506.023 | 601.657 | 0 | 95.633 |
| 1988 | 512.816 | 590.152 | 0 | 77.336 |
| 1989 | 547.746 | 596.368 | 0 | 48.600 |
| 1990 | 678.223 | 605.695 | 0 | 60.425 |

Fonte: Anuário da Indústria química Brasileira (ABIQUIM – 1987 – 1988 – 1990 – 1991 – *apud* NOVAES, 1992).

Não há praticamente informações sobre a exposição ao benzeno nos anos 60, e muitos poucos casos de doenças relacionadas com benzeno foram identificadas. Estes poucos no entanto, são os primeiros casos relacionados a exposição que são identificados no Brasil e sobre as quais há algum tipo de registro.

A partir dos anos 70 encontramos relatos publicados chamando atenção para os riscos dos solventes devido à presença de benzeno e tolueno. Uma pesquisa feita por químicos do laboratório do Serviço Social da Indústria (SESI), identificou, já em 1971, numa amostragem bastante reduzida de 8 produtos, que vários deles continham de fato benzeno e tolueno sem identificação adequada, sendo que um dos produtos tinha 26% de benzeno em sua composição. Os pesquisadores concluíam pelo perigo do uso industrial, profissional e doméstico desses produtos e pela necessidade de aprofundar os estudos para “identificação de componentes nocivos em partidas diferentes de um determinado produto, de um mesmo fabricante”, antecipando a gravidade do quadro que seria comprovado posteriormente. Ao mesmo tempo os autores sugeriam medidas que só muito depois se tornariam obrigatórias: análise sistemática dos produtos para verificação de sua composição; indicação composição no rótulo; indicação para o uso; padronização de rotulagens; orientações para o público sobre os riscos (ANDRADE e TIMOSSI, 1971).

Após um intervalo de 30 anos sem novas regulamentações, em 1973 é concedida aposentadoria especial de 25 anos aos expostos a benzeno. Ainda nesta época foram produzidos diversos estudos sobre exposição ao benzeno, sobre a presença de benzeno em solventes e sobre aplasias de medula relacionadas com exposição ao benzeno, algumas com curso fatal em poucos meses de exposição, justamente no ano de 1973. (ANDRADE e TIMOSSI, 1971; MORRONE e ANDRADE, 1974; WAKAMATSU, 1976; WAKAMATSU e FERNÍCOLA 1980; NOVAES, 1992).

Em 1976 foram publicados estudos realizados pela Dra. Celina Wakamatsu com trabalhadores do setor calçadista nos municípios de Franca e de São Paulo, expostos ocupacional ao benzeno que estava presente na cola utilizada no processo, à semelhança dos trabalhadores estudados por Aksoy e colaboradores na Turquia nos anos 60 e 70. O estudo teve início a partir do atendimento, no

ambulatório de doenças profissionais da Fundacentro, no final de 1974, de trabalhadores do setor calçadista que manipulavam colas suspeitas de conterem benzeno e tinham queixas compatíveis com os efeitos do benzeno descritos na literatura (WAKAMATSU, 1976).

Na visita feita aos locais de trabalho foram identificadas más condições de ventilação, ambiente fechado, e a medição instantânea mostrou 200 ppm de benzeno. Com base nestes dados foi delineado o estudo com os seguintes objetivos: avaliar a presença do benzeno nas colas; avaliar a exposição dos trabalhadores ao benzeno através de indicador biológico; avaliar os efeitos no sistema hematopoiético e os sintomas e sinais a exposição de curto prazo.

Em 1980, no XVIII Congresso Brasileiro de Prevenção de Acidentes de Trabalho, foi apresentado trabalho sobre a prevenção do benzolismo na indústria petroquímica relatando o programa de controle médico, desenvolvido na Indústria Petroquímica União (PQU), já na época uma das principais produtoras de benzeno no país. Foram selecionados setores da empresa em que a concentração de benzeno era maior e os empregados destes setores foram submetidos a dosagens de fenol urinário e hemogramas de 6 em 6 meses, sendo estudada a evolução destes exames num período de 3 anos e 6 meses. Foram estabelecidos, pelo serviço da empresa, critérios de classificação para exposição e alteração hematológica. A legislação Brasileira foi estabelecer o limite de tolerância de 8 ppm apenas em 1978, segundo os autores, e o valor de referência para o fenol urinário de 50 mg/l é de 1983. Quanto às alterações hematológicas, não havia referência legal de normalidade à época, e os autores, de maneira bem diferente da professora Wakamatsu que procurou construir indicadores mais próximos de nossa realidade, utilizaram os critérios de Greeburg, para à classificação das alterações encontradas, sendo relatados no trabalho, os valores de leucócitos em percentuais e considerados diminuídos os leucócitos abaixo 5.000/mm cúbicos.

3.1.2.1 Principais pontos do segundo período (1960-1982)

Neste período muitas transformações ocorreram e o benzeno entra com força total na vida Brasileira. Há um ciclo de rápida ampliação da produção e

utilização do benzeno com duas vertentes: a do uso como solvente, que se amplia e se encerra neste período, e a do início da hegemonia da produção petroquímica do benzeno, que se consolidará posteriormente. Aparecem os primeiros casos, inicialmente em estudos hematológicos e posteriormente em investigações ocupacionais. As legislações introduzem mudanças importantes, neste período e posterior.

3.1.2.2 Regulamentação

Praticamente não há referência quanto à aplicação da legislação que já existia (restrição à exposição de mulheres e menores), mas evidentemente estas leis não eram cumpridas, pois o principal grupo exposto ao benzeno em atividades que envolviam solventes era composto exatamente por mulheres jovens. Também os menores como alertava a Professora Wakamatsu em sua pesquisa, acabavam se expondo ao benzeno, fosse diretamente, por se envolver nas atividades de trabalho como ocorre em tantas circunstâncias em que há o deslocamento de atividades laborais para o interior dos lares, fosse indiretamente pela contaminação destes mesmos lares e consequente exposição de todos os residentes indistintamente (Morrone e Andrade, 1974; Wakamatsu, 1976).

Quanto a introdução do direito à aposentadoria especial por exposição ao benzeno, apesar da coincidência com o ano das quatro mortes por aplasia de medula na cidade de São Paulo, não parece haver qualquer relação direta entre esses dois eventos. Também aqui, como nos anos 30 e 40, a inserção do benzeno na lista de substâncias que davam direito à aposentadoria especial ainda não parece ter ligação com nenhum fato da realidade do país.

Já o estabelecimento do Limite de Tolerância (LT) para o benzeno, dentro da portaria 3214, no ano de 1978, é uma situação bem distinta. Evidentemente esta não é uma legislação feita especificamente para o benzeno, mas a inserção desta substância na portaria diz muito mais do momento histórico que estava sendo vivido e da lógica que fundamentava aquela portaria, uma tentativa de dar resposta aos problemas que se manifestavam de forma cada vez mais significativa, inclusive em relação ao benzeno, no campo da saúde do trabalhador, sempre com características corporativistas.

3.1.2.3 Exposição

Os dados relativos à exposição são bastante dispersos e quase sempre pontuais. Alguns estudos, muito importante, mostraram a presença de benzeno em solventes. É interessante notar que estes estudos ao longo da década de 70 vão investigando um número cada vez maior de produtos e encontrando um percentual cada vez maior de benzeno nestes produtos. Apenas como ilustração, o primeiro estudo, em 1971 examinou oito produtos e encontrou na maioria deles, quantidades relativamente baixas de benzeno e em apenas um deles 26% de benzeno. Em 1981 – 10 anos depois, que deu base à legislação que proibiu o benzeno em solventes, foram analisados setenta e quatro produtos e foi encontrado benzeno acima de 1% em vinte e dois deles, sendo que alguns deles haviam benzeno acima de 90%.

Como houve, na mesma década de 1970 para 1980, um aumento na produção de benzeno de 25 mil para mais de 300 mil toneladas, pode-se supor que houve um grande aumento da utilização de solventes no país, que tinha em sua composição benzeno de forma cada vez mais significativa.

Até o início de 1980 a exposição a benzeno era seguramente difusa em todo o Brasil, ocorrendo de forma significativa não apenas nas indústrias que o produziam e utilizavam, mas também, numa vasta cadeia produtiva em que estava presente misturado em solventes. Há evidências de que esta exposição ocorria em muitas situações de trabalho de forma descontrolada, expondo os trabalhadores a risco importante apesar da restrição à exposição de mulheres e menores ao benzeno, há evidências que muitas atividades que envolviam exposição a solventes, eram atividades que envolviam justamente mulheres e menores, que não raramente constituíam a maior parte da força de trabalho, e não havia qualquer preocupação com este aspecto singular da questão.

3.1.3 O terceiro período, de 1982 a 1995

O descontrolo da exposição ocupacional ao benzeno no centro de sua cadeia produtiva.

A produção e utilização do benzeno no Brasil continuaram em franca expansão, e permanecerão assim até 1995, embora numa dinâmica diferente, com um crescimento em outro patamar. Até 1991 a produção praticamente dobrou e já a partir de 1981 deixou de haver necessidade de importação de benzeno neste período. De 1980 a 1990 a produção Brasileira de benzeno passou de 308.528 toneladas para 605.695 toneladas. Este terceiro ciclo, que se estende até 1994, é marcado pela atenção que vai ser dada a exposição ocupacional ao benzeno em partes das empresas centrais das cadeias produtiva que envolve os riscos de exposição a benzeno: petroquímica e química de segunda geração, onde se produz e usa o benzeno como matéria prima para produzir outras substâncias químicas e indústrias siderúrgicas que tem benzeno como subproduto em seu processo produtivo. Chama a atenção não haver neste período praticamente qualquer discussão sobre a exposição e doença dos trabalhadores da extração, refino, armazenamento de transporte de petróleo.

Em 1978 foi reconhecida parcialmente a agressividade do benzeno tendo sido listado na norma regulamentadora NR 15, que tratava de agentes insalubres, com um limite de Tolerância de 8 ppm mpt (parte por milhão média ponderada pelo tempo) para a jornada de trabalho vigente na época de 48 horas por semana. Este limite foi estabelecido a partir da adaptação do valor de LT estabelecido pela ACGIH e que também era adotado na legislação Americana da OSHA que era de 10 ppm para jornadas de 40 horas por semana. Já naquela época a OSHA havia proposto uma redução de desse limite de tolerância para 1 ppm, proposta que havia sido suspensa pela Suprema Corte Americana por solicitação das indústrias do país.

Em setembro de 1985, surgiu a principal demanda qualificada da história da DSMT: o Sindicato dos químicos do ABC denunciou que eram precárias as condições de trabalho na fábrica de veneno "BHC" da Matarazzo em São Caetano do Sul, o que viria a deflagrar uma das mais significativas intervenções no campo da segurança e da Saúde do trabalhador Brasileiro.

O BHC (hexaclorociclohexano) era ali obtido industrialmente a partir da reação de síntese de outros dois "venenos", o cloro e o benzeno. A este último atribuía-se atenção especial, já que a redução da capacidade da medula óssea em produzir células sangüíneas já era reconhecida como ação tóxica grave

decorrente da exposição crônica a seus vapores. Dados as suas características toxicológicas e com base em pesquisas realizadas em 1981 pela Fundacentro, o uso do benzeno havia sido regulamentado no Brasil, por meio de portaria interministerial, visando reduzir ao máximo e eliminar onde possível seu uso, de maneira ampla, não restrita ao âmbito ocupacional.

A comercialização do BCH já se encontrava proibida no Brasil mas a legislação trabalhista não o mencionava; a Matarazzo possuía licença especial para fornecer o produto apenas para a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM), órgão da Secretaria Estadual da Saúde que empregava o BCH no combate ao “barbeiro”, transmissor do Mal de Chagas.

Uma primeira inspeção foi empreendida naquela fábrica, em outubro de 1985. Não foi realizada avaliação específica das concentrações de benzeno, porém o levantamento qualitativo do ambiente de trabalho identificou irregularidades grosseiras: poças de benzeno junto aos reatores de síntese, gotejamentos em tubulações, conexões tubulares liberando névoas. Encontrou-se BHC espalhado por toda a área, com sua coloração esbranquiçada e seu odor característico, detectado a mais de cem metros. Tal situação era decorrente da própria concepção do processo: bateladas de BHC saíam dos reatores de síntese na forma de pasta que, esparramada pelos pavilhões, evaporava e secava até atingir a forma final, de pó. Somavam-se ainda irregularidades nas edificações, como pisos com saliências, depressões e aberturas, escada em mau estado, sem corrimãos, balcões sem guarda-corpo, que eram agravantes sérios, tendo em vista que o benzeno pode provocar alterações do sistema nervoso central, a ponto de causar fadiga, nervosismo, tontura, vertigens, e intoxicações agudas.

Não havia sistemas de proteção como exaustão eficiente ou enclausuramento dos materiais tóxicos, e o tipo de equipamentos de proteção individual fornecido – máscaras respiratórias que não protegiam os olhos e não evitavam a absorção pela pele, era inadequado ao risco.

A empresa não possuía atualizados os exames médicos periódicos dos trabalhadores expostos e nem as medições ambientais, ambos exigidos pela legislação (NR 7 e NR 9).

Mas o que mais chamava a atenção era a existência, no andar térreo da fábrica, de um pequeno refeitório, com aquecedor de marmitas, um filtro de água,

mesa e bancos para a tomada de refeições, praticamente dentro dos pavilhões, onde as pastas de BHC eram esparramadas para evaporar. Foi então determinada a desativação daquele refeitório. Além disso, foram impostas naquela primeira visita duas outras determinações: que a empresa eliminasse, em caráter de urgência, as irregularidades grosseiras, e que apresentasse um projeto de adequação de suas instalações. A própria equipe de fiscalização se comprometeu a obter os equipamentos para efetuar a avaliação quantitativa do benzeno presente no ar respirável.

Os trabalhadores da empresa foram encaminhados, pelo sindicato dos químicos, à Secretaria de Saúde, para serem também avaliados: foram constatados trinta casos de leucopenia (redução dos glóbulos brancos), além de dois casos revelados pela própria empresa.

O artigo 161 da CLT, e a combinação das Normas Regulamentadoras n.3, n. 15 e n. 28 permitiam considerar aquela situação como de “grave” e “iminente risco” ao trabalhador. Em 29 de outubro a DSMT finalizou seu laudo Técnico e apresentou o “termo de interdição” assinado pelo Delegado Regional do Trabalho.

3.1.3.1 Mudanças no final do Ciclo

Após 1992 a queda no achado de casos, que já vinha ocorrendo, se acentuou ainda mais, passando a haver uma polarização muito grande no movimento social em relação ao processo de privatização que atingia as empresas onde a discussão sobre a intoxicação por benzeno havia tido maior repercussão, ou seja as siderúrgicas e as petroquímicas e químicas de segunda geração. Neste momento, bastante crítico, os sindicatos estavam divididos, e o processo de privatização trazia novos elementos problemáticos, entre eles

O passivo social gerado pelo grande contingente de trabalhadores intoxicados por benzeno, afastados do trabalho e sem local seguro para retornar, pois as fábricas continuavam contaminadas. Sem a força política para garantir o reconhecimento dos casos nas empresas, e na disputa em relação à orientação com respeito a privatização ou não, o que prevaleceu neste momento, foi a produção de normas que tratavam dos problemas críticos, como os limites de tolerância, para os quais a legislação do Ministério do Trabalho não correspondia

ao acúmulo de conhecimento e necessidade que havia naquele momento histórico. Duas normas serão assim produzidas, como reflexo deste acúmulo, uma no Estado de São Paulo pela Secretaria de Saúde, em 1992, e outra pelo Ministério da Previdência Social, em 1993. Em 1994, o reconhecimento pelo Ministério do Trabalho do benzeno como substância cancerígena, e a retirada dos limites de tolerância ambiental e biológico determinarão o final deste terceiro ciclo e o início de um novo momento.

3.1.3.2 Principais pontos do terceiro ciclo

Vimos, portanto, que nos anos 80 houve uma ruptura do silêncio quase absoluto que havia quanto aos agravos à saúde, com o desnível do grave quadro de exposição ao benzeno, e a emergência de várias situações epidêmicas em regiões de polos siderúrgicos e petroquímicos que possuíam centros e núcleos de saúde do trabalhador que desenvolveram ações efetivas de investigação de casos. A proibição do benzeno em solventes foi bem sucedida, apesar de haver pouco dados a respeito. Ainda em 1982, a mesma pesquisa que fundamentou a proibição foi repetida, e foi verificada uma significativa retração do mercado de produtos formulados em relação ao uso de benzeno, embora persistissem alguns produtos com teores de benzeno elevados. Em 1988, uma nova pesquisa em 30 laboratórios públicos e privados, confirmou uma redução significativa da presença de benzeno em produtos no país. Havia fortes evidências desta diminuição, principalmente em produtos distribuídos no mercado consumidor, mas o mesmo não se sabia quanto ao uso de solventes industriais, sendo que há poucos dados, contudo, diversos relatos de achados de solventes industriais com teores de benzeno acima de 1%. Tanto para solventes industriais quanto para produtos vendidos aos consumidores. Não há até hoje, mecanismos públicos de verificação dos teores de benzeno ou de outras substâncias em sua composição (Novaes, 1992; Carvalho et al., 1995).

Apesar da possibilidade de agravamento de sua situação de saúde, nenhum trabalhador nacional foi para o acompanhamento clínico e epidemiológico destes trabalhadores, e boa parte deste grupo não tiveram seguimento nem mesmo regional.

3.1.3.3 Regulamentação

A legislação principal neste período foi o limite de Tolerância estabelecido em 1978. Seu efeito principal, como relatado, foi dar início a levantamentos de riscos para a concessão do adicional de insalubridade. No caso específico do benzeno temos o registro da Cosipa de 1985, que refere que já em 1981, quando foi feito, pela Fundacentro, o levantamento para definir as áreas merecedoras de recebimento do adicional de insalubridade, a Fundacentro advertiu à empresa haver situação de descontrole de exposição a benzeno, e a Cosipa encaminhou ao INSS trabalhadores com leucopenia para serem afastados, porém neste instituto não concordou com o afastamento e os mandou de volta para o trabalho.

Em 1983 foram publicados pelo Ministério do Trabalho, os valores de limite de Tolerância Biológico, no caso urinário, com valor limite de 50 mg de fenol por litro de urina e 30 mg/l como valor considerado normal. Não foi explicada qualquer correlação deste limite com os valores de concentração ambiental, o que permitiu a confusão deste indicador, com um indicador de efeito e não um indicador de exposição como realmente é (Carvalho ET AL., 1995).

Em 1984, o centro de Saúde Cubatão normalizou a notificação de doenças ocupacionais no pólo industrial. A lista das doenças de notificação incluía o benzeno e estabelecia critérios para a classificação das alterações hematológicas. A normalização foi pioneira e teve grande repercussão, sendo inclusive publicada na íntegra na Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, no que praticamente constituiu um número especial dessa publicação; certamente um dos pontos, que teve maior impacto foi referente ao benzeno. Em 1985, quando da criação da comissão interinstitucional coordenada pela DRT-SP, o subgrupo de Saúde, que tinha representantes dos trabalhadores, da empresa e dos órgãos públicos, fez uma proposta para o diagnóstico da intoxicação por benzeno, que tinha como base, aqueles critérios apresentados na normatização do Centro de Saúde de Cubatão. Os mesmos critérios adotados por consenso e que passaram a ser aplicados, foram utilizados posteriormente pela Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, ao incluir as alterações hematológicas por exposição ao benzeno no Sistema de vigilância Epidemiológica de Doenças

Ocupacionais, em 1986. A circular 297/86, da Secretaria Regional de Medicina Social de São Paulo, do INAMPS, estabeleceu para o município de Cubatão o documento "critérios para caracterização de leucopenia", que mantinha os mesmos princípios dos documentos anteriores e que cumpriu um papel fundamental na disputa com os órgãos previdenciários, que sempre mantiveram uma postura resistente ao reconhecimento das doenças e dos direitos dos trabalhadores. Em 1987 foi feita a circular 03/87, estendendo para todo o Estado de São Paulo os critérios da circular 297/86, e estabelecendo os "Procedimentos Médicos-Periciais e de Reabilitação Profissional para os Segurados Portadores de leucopenia". Este protocolo foi adotado provisoriamente em 1987 pela Secretaria Regional de Medicina Social do INAMPS do Rio de Janeiro. Em 1991, no Estado da Bahia, o "Protocolo de Intenções para controle do Benzenismo e outras doenças Hematológicas Ocupacionais do Pólo Petroquímico de Camaçari", criou procedimentos a partir do protocolo de São Paulo, em articulação conjunta de universidades, sindicatos, fiscalização, saúde, Conselho Regional de Medicina e Sociedade Bahiana de Hematologia. No Rio Grande do Sul, também em 1991, foi criado o Comitê Estadual do Benzeno, com o propósito de padronizar critérios hematológicos. Em Santo André, em setembro de 1992, um decreto municipal determinou para a secretaria de Saúde a atribuição de realizar estudo clínico-epidemiológico sobre benzenismo nos trabalhadores da Petroquímica União (Carvalho et AL., 1995).

Ainda em 1992, o centro de Vigilância Sanitária da Secretaria Estadual de Saúde de São Paulo publicou Norma Técnica referente ao Diagnóstico da Intoxicação e Controle da Exposição Ocupacional ao Benzeno. Esta Norma foi produzida de forma tripartite, com a participação de representantes de diversos órgãos públicos, empresas e sindicatos de trabalhadores. O seu principal ponto foi o reconhecimento do benzeno como substância cancerígena, estabelecendo que, para a prevenção de agravos a saúde, nenhuma exposição ou contato deveria ser permitido, e remetendo a questão da exposição ou contato deveria ser permitido, e remetendo a questão da exposição para o controle ambiental, com os mesmos critérios determinados pelo Anexo - 13 da NR 15 da portaria 3214 do Ministério do Trabalho que regulamenta o trabalho com substâncias cancerígenas. A norma estabeleceu também um programa de prevenção das

exposições a ser implementados pelas empresas, que valorizava os procedimentos de avaliação ambiental qualitativos, e estabelecia para a quantificação da contaminação ambiental um papel preventivo, não se limitando à comparação com o limite de tolerância para pagamento do adicional de insalubridade.

A norma Técnica de São Paulo constituiu um novo Parâmetro técnico e serviu como base para a revisão da Norma Técnica de Benzenismo da Previdência Social de 1991, que reproduzia os Critérios da Circular do INAMPS de 1987. Em 1993, o Ministério da Previdência Social criou um grupo revisor composto por representantes dos Ministérios da Saúde, do Trabalho e da Previdência, que elaboraram "Norma Técnica sobre Intoxicação por Benzeno", publicada no mesmo ano. Esta norma reproduzia basicamente os conceitos da norma de São Paulo, incluindo os itens referentes ao diagnóstico médico e às condutas previdenciárias praticamente na íntegra, o que foi muito importante particularmente quanto às questões previdenciárias. No entanto, apesar da importância destas normas, por seu valor técnico e sua importância histórica e política, não há registro à sua aplicação. É certo que o momento era muito conturbado, com mudanças em todos os níveis de governo – algumas delas registradas aqui, e na conjuntura político-institucional, inclusive em relação à organização jurídica das empresas focos da nossa casuística, ou seja as siderurgias, petroquímicas e químicas de segunda geração, que estavam em processo de privatização ou mesmo já privatizadas. Pouco menos de um ano depois, o Ministério do Trabalho publicou a Portaria 3/94 reconhecendo o benzeno com substância cancerígena, fato que encerra este terceiro período.

3.1.3.4 Exposição

Houve mudanças importantes no perfil de exposição neste terceiro período, determinadas principalmente pela proibição da presença do benzeno em solventes. No entanto, não foi possível descartar a ocorrência de exposição nos setores industriais em que havia utilização de solvente, principalmente nos primeiros anos após o estabelecimento da proibição, já que não foram feitos programas de controle de solventes para verificação de sua composição. De

qualquer maneira, o principal foco de exposição em discussão neste período passou a ser o trabalhador siderúrgico. E é da Cosipa que se tem o maior número de dados e informações sobre exposição, seja pelo levantamento feito pela Fundacentro em 1980, seja pelos dados das avaliações ambientais quantitativas realizadas pela própria empresa, que constituem certamente o principal banco de dados de concentrações ambientais de benzeno na indústria siderúrgica e provavelmente de qualquer tipo de atividade industrial, neste período no Brasil. No entanto, muitas dificuldades metodológicas que dificultam uma apreciação melhor das informações que poderiam ser extraídas destes dados. As concentrações ambientais são elevadas e distribuídas por todos os ambientes da empresa, não se restringindo aos setores de coqueria e carboquímicos.

3.2 Exposição ao Benzeno a Níveis Internacionais e suas influências no Brasil

A experiência Internacional pode ser dividida em quatro Períodos ou ciclos: um ciclo inicial, de 1820 até final do século XIX, em que apenas se começa a conhecer e utilizar o benzeno, mas seu potencial de danos a saúde dá seus primeiros e potentes sinais; o segundo, do até aproximadamente metade do século XX, que compreende uma grande ampliação e difusão do uso industrial do benzeno e a consolidação do conhecimento de suas características como substância química notoriamente tóxica e cancerígena. Neste ciclo preponderam exposições a concentrações extremamente elevadas, há muito pouco controle ou medidas de restrições do uso, e as aplasias de medula são o agravo mais significativo e ocorrem relativamente com grande frequência; um terceiro período, dos anos de 1950 ao final dos anos 80, em que este uso permanece e se amplia, mas ao mesmo tempo se modifica, introduzindo restrições importantes em alguns países para a sua utilização, há uma diminuição substantiva das concentrações ambientais que, no entanto, continuam importantes. A relação causal com a leucemia assume grande destaque, possivelmente em razão da diminuição das concentrações e conseqüentemente do tipo de agravo, a partir das experiências da Itália, Turquia, Estados Unidos e China, que se tornam referência Mundial, apesar das grandes diferenças e assíncronas entre si; e finalmente um quarto

período, o período atual, em que a discussão da exposição ocupacional ao benzeno se confunde com a discussão da exposição ambiental. Neste período a questão passa girar em torno dos riscos relacionados à exposição a baixas concentrações de benzeno, que passam a prevalecer nos ambientes de trabalho, em que ainda existe exposição potencial a benzeno e em que os estudos desenvolvidos principalmente na China, mas também em alguns outros países, fora do circuito da sociedade pós-industrial, apontam para a existência de agravos à saúde com exposições cada vez menores, identificando-se danos com contaminações ocupacionais próximas das ambientais.

3.2.1 O Primeiro Período, a Partir de 1820 até o Final do Século XIX

Então, começa nos Anos 30 e vai até meados dos anos 60, e nele foram feitas as primeiras legislações sobre benzeno no Brasil, alguns anos antes de começarem as atividades industriais mais importantes relacionadas à produção de benzeno no Brasil: siderurgia em 1946 e petróleo e petroquímica na década de 50. Apesar do início destas atividades e das legislações existentes, no curso deste período não há relato conhecido de exposição importante a benzeno ou de agravos à saúde relacionados com esta exposição, embora certamente ambos devam ter ocorrido.

3.2.2 O Segundo Período, do Início dos anos 60 até 1982

Corresponde a um progressivo e extraordinário aumento da produção de benzeno e uma grande difusão de seu uso como solvente, sendo que estes fenômenos ocorreram de forma muito semelhante em outros países, inclusive nos países referência aqui descritos na experiência internacional que utilizamos como base, e se encerra com a proibição do benzeno nos solventes em 1982.

Neste período são identificados os primeiros casos de intoxicação crônica por benzeno em estudos hematológicos para investigação de aplasias de medula. Posteriormente aparecem relatos muito significativos de exposições bastante elevadas e agravos importantes, particularmente aplasias de medula em indústrias de equipamentos hospitalares e em indústrias de calçados, em que o

benzeno foi usado como solvente. Não há relato de casos nas indústrias onde há produção de benzeno ou onde é utilizado como matéria prima. Tampouco há referência a casos de leucemia relacionados à exposição a benzeno. Neste período ainda surgem problemas importantes relacionados com a saúde do trabalhador em geral, mas também em relação ao benzeno, e novas legislações são criadas: em 1973 a aposentadoria especial, que inclui o benzeno, e em 1978 as Normas Regulamentadoras que estabelecem um limite de Tolerância para o benzeno, dentre outras substâncias. A proibição da presença de benzeno em solventes restringiu em muito o grupo de empresas em que o benzeno era utilizado de forma significativa.

3.2.3 O Terceiro período, de 1982 até 1995

A preocupação principal passou a ser a exposição ocupacional na indústria petroquímica e química de segunda geração, e também aqui a exposição dos trabalhadores da indústria siderúrgica a benzeno será bastante valorizada, pois esta é uma particularidade importante da experiência Brasileira. Como na experiência internacional ao longo deste período houve uma mudança nos padrões de exposição, que ainda assim se mantiveram altos, embora não como anteriormente, e houve muita polêmica e controvérsia sobre o significado das alterações encontradas e dos agravos que acometeriam ou não os trabalhadores. Este é um período de grandes transformações no mundo do trabalho no Brasil e a luta pela saúde dos trabalhadores terá uma contribuição muito importante neste processo. Uma parte destacada desta luta será travada em torno da exposição e das doenças provocadas pelo benzeno, que serão finalmente desveladas. Este período se estende até 1994, quando houve o reconhecimento pelo Ministério do Trabalho do benzeno como substância cancerígena, dando início ao quarto período que permanece até o presente momento.

3.2.4 Quarto Período, o Momento Atual

Neste quarto período há uma mudança de abordagem significativa, tanto do ponto de vista da exposição ao benzeno em si, como da forma de tratamento

da vigilância dos riscos e da importância ambiental da substância, levando a novos desafios, boa parte deles ainda não equacionados. Este período se caracteriza por uma pactuação nacional inédita envolvendo representações nacionais de três setores da sociedade: uma parte importante do poder público, empresários e trabalhadores. Esta pactuação se deu em torno de alguns princípios dentre os quais destacamos: a proibição da utilização do benzeno permitindo seu uso apenas em alguns setores industriais e sob permissão específica; o abandono do conceito de limite de Tolerância e a adoção do princípio de não exposição, com a apropriação do conceito de valor de referência tecnológico VRT; a valorização das formas de participação dos trabalhadores como estratégias efetivas de prevenção de riscos.

3.3 Histórico Referente à Regulamentação do Benzeno no Brasil, de 1932 até os dias de hoje

- **1932** – Proibição do Trabalho da Mulher em Atividades Perigosas e insalubres.
- **1939** – Definição da atividade com benzeno como Perigosa e Insalubre, implicando no pagamento de adicional de insalubridade.
- **1943** – Proibição do trabalho do menor com benzeno, seus homólogos e derivados.
- **1973** – Instituição da aposentadoria especial para trabalhadores com exposição ao benzeno durante 25 anos.
- **1978** – NR 15 – Anexo 11: estabelecimento do limite de Tolerância de 8 ppm e do valor máximo de 16 ppm para o benzeno.
- **1982** – Portaria Interministerial nº 3; Proibição do benzeno em produtos acabados e estabelecimento de limite máximo de 1% em volume como contaminante.
- **1983** – NR 7; estabelecimento de limite de Tolerância biológico (50 mg de fenol por litro de urina) e valor normal (30 mg de fenol por litro de urina).

- **1986** – Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo: Inclusão de alterações hematológicas para exposição ao benzeno no Sistema de Vigilância Epidemiológica de Doenças Ocupacionais.
- **1987** – Secretaria Regional de Medicina Social do Rio de Janeiro: estabelecimento dos mesmos critérios de São Paulo em caráter provisório.
- **1991** – Seminário de Grupo Interinstitucional na Bahia: proposta de um “Protocolo de Intenções para controle do Benzenismo e outras Doenças Ocupacionais do Pólo Petroquímico de Camaçari”. Rio grande do Sul: criação do “Comitê Estadual do Benzeno”. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo: criação da “Norma Técnica de Diagnóstico e Controle de Exposição ao Benzeno”
- **1992** – Outros Estados, entre eles Minas Gerais e alguns Municípios, como Santo André (SP), criam normas e regulamentos sobre o diagnóstico e o controle da exposição ao benzeno.
- **1993** – **Março**: Semanário Nacional sobre Exposição ao benzeno e outros mielotóxicos em Belo Horizonte: sugestões de modificações das leis previdenciárias e trabalhistas relacionadas ao benzeno. **Junho**: Ministério da Previdência Social: estabelecimento de “Norma Técnica sobre a intoxicação ao benzeno” Revisão da Norma Regulamentadora NR 15, e criação do grupo de trabalho Técnico, que elabora o documento “Benzeno, Subsídios Técnicos à Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho”.
- **1994** – Portaria nº 3 Ministério do Trabalho e Emprego: reconhecimento do benzeno como substância cancerígena, implicando que nenhuma exposição humana fosse permitida.
- **1995** – Dezembro: Acordo Nacional do Benzeno. Portaria nº 14 – Ministério do Trabalho: criação do Anexo 13^a específico sobre o benzeno. Instruções Normativas nº 1 e 2 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho: avaliação ambiental e vigilância à saúde dos trabalhadores expostos.
- **1996** – Portaria nº 1: Ministério do Trabalho: Instalação da comissão Nacional Permanente do Benzeno.

- **1998** – Portaria nº 27: estabelecimento de prazos para substituição do benzeno na produção de álcool anidro.
- **2001** – Portaria nº 33: consulta pública para redução do teor de benzeno em produto acabado. Portaria nº 34: determinação dos procedimentos para a utilização de indicador biológico de exposição ao benzeno. Portaria nº309 da Agência Nacional do Petróleo: estabelecimento de teor máximo de benzeno em 1% na gasolina comum tipo C.
- **2002** – Março: Portaria nº 5: adiamento da consulta pública sobre benzeno em produto acabado. Dezembro: Nota Técnica da coordenação de Registros da Secretaria de Inspeção do Trabalho: define a abrangência do campo de aplicação do acordo e legislação do benzeno.
- **2003** – Setembro: Resolução RDC nº 252 da ANVISA: adoção do controle de benzeno em produtos cadastrados pela ANVISA.
- **2004** – Portaria Interministerial nº 775: proibição da comercialização de produtos acabados que contenham benzeno em sua composição, admitindo, porém, alguns percentuais. Portaria nº 776: do Ministério da Saúde: dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno, e dá outras providências. Nota Técnica nº 30 do DSST: Revisão do capítulo V do Acordo Nacional do Benzeno "Da Participação dos Trabalhadores".
- **2005** – Instrução Normativa nº 1 da Secretaria de Vigilância à Saúde do Ministério da Saúde: regulamentação da Portaria MS nº 1.172/2004 no que se refere às competências na área de vigilância em Saúde ambiental.

CONCLUSÃO

A prevenção da exposição ao benzeno tem sido uma preocupação em diversos países desde o final do século XIX. Neste Trabalho foi feita uma recuperação do percurso histórico da utilização industrial no Brasil, da produção Técnico-científica sobre a saúde dos trabalhadores a ele expostos e dos conflitos sociais que tiveram maior repercussão, os agravos na saúde e fatos oriundos ao manuseio e exposição do produto.

Neste Processo de globalização, as substâncias químicas cumprem um papel importante. Utilizadas desde os primórdios da humanidade, sua importância vem crescendo ao longo do tempo, construindo hoje, o que pode ser denominado de “questão química”. Através desta locução, indica-se neste trabalho, o conjunto de problemas sociais, econômicos e ambientais que se referem aos diversos setores envolvidos com as substâncias químicas. Dá-se destaque especial aos trabalhadores e aos inúmeros impactos ambientais relacionados com a extração, produção, manejo, utilização, dispersão, decomposição, e tantas outras formas de interação com esta substância, que tem presença determinante no mundo neste terceiro milênio.

A produção do benzeno vem aumentando de forma progressiva, de uma maneira impressionante no mundo. Os riscos de exposição ao benzeno são conhecidos há muito tempo, e vem sendo objeto de tratamentos diversos, nacional e internacionalmente. Os elementos centrais da importância desta substância estão ligados a sua toxicidade e á difusão de sua utilização, em razão da facilidade de sua produção a partir do petróleo, do carvão mineral e sua presença no condensado de gás natural. Trata-se de substância cancerígena, que possui vasta utilização na cadeia produtiva de extração e refino de petróleo e na produção de aço, principalmente, mas não apenas, em razão de sua presença nas matérias primas.

Este estudo foi realizado na perspectiva de contribuir com os conhecimentos nesta área, pois apesar da riqueza da experiência do benzeno, há relativamente poucas publicações que avaliam seus resultados e que procuram ampliar a visão sobre este processo histórico, que teve repercussões importantes sobre a saúde do trabalhador de forma geral no Brasil, ocasionando a legalização

dos trabalhadores junto ao Ministério do Trabalho, através de normas reguladoras, trazendo benefícios a todos aqueles envolvidos direta ou indiretamente, com o produto químico: benzeno.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALESSIO L, Marroni A. **Patologia da Idrocarburi aromatici**. In: Sartorelli E. *Tratatto di Medicina Del Lavoro*. Padova: Piccin Editore, 1981.

AKSOY M, Erdem S. **Follo up study on the mortality and the development of Leukemia in 44 pancitopenic patients with chronic exposure to benzene**. *Blood*. August 1978; 52(2): 285-292.

ARCURI A.S, Cardoso L. M. N. (org). **Acordo e legislação sobre o Benzeno – 10 anos**. São Paulo: Fundacentro, 2005.

AUGUSTO L.G. **Estudo longitudinal e morfológico (medula óssea) em pacientes com neutropenia secundária à exposição ocupacional crônica ao benzeno**. [dissertação]. Campinas: Universidade de Campinas, 1991.

Augusto L, Novaes T. **Ação Médico Social no caso Benzenismo em Cubatão**. São Paulo: uma abordagem Multidisciplinar. *Cadernos de Saúde Pública*, Outubro/Dezembro 1999; 15(4): 729-738.

Brasil, Ministério do Trabalho. **Acordo e Legislação sobre o Benzeno**. São Paulo: Fundacentro, 1995.

Brasil, Ministério da Saúde. **Risco Químico: atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno**. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

CARVALHO A. B, ARCURI A, BEDRIKOW B, Augusto L.G., OLIVEIRA L. C., BONCIANI M, et al. **Benzeno – Subsídios técnicos à Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST/MTb)**; 2. ed. São Paulo: Fundacentro, 1995.

LIANZA S, Zidan L. **Relatório de formação em saúde e segurança no Brasil**. (mimeo). São Paulo: CUT, 2003.

MACHADO J. M. H et al. **Alternativas e processos de Vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil**. *Ciência e Saúde Coletiva*, 2003; 8(4): 913-921.

MAGRINI RO. **Novas Relações Trabalhistas de Segurança e Saúde do Trabalhador, desenvolvidas no Estado de São Paulo e no Brasil**. [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999.

PEDRO L. C. F. **Riscos na produção do benzeno na indústria siderúrgica**. *Rev. Saúde Ocup. Seg.*, julho/agosto 1983, Ano XVIII, n. 4.

COSTA D.F. **Prevenção da exposição ao benzeno no Brasil**. [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Benzeno> Acesso em 05/08/2011.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Benjoeiro> Acesso em 18/08/2011.

<http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/produtos/benzeno.html> Acesso em 25/08/2011.

<http://www.nrcomentada.com.br/item361> Acesso em 18/08/2011.

<http://www.sindipetro.org.br/saude/acordo-benzeno/index.htm> Acesso em 24/08/2011.

<http://protecaorespiratoria.blogspot.com/> Acesso em 26/08/2011.

html:file://C:\documents and settings\Administrador\meusdocumentos\craqueamento. Acesso em 13/09/2011.

www.tecnicodepetroleo.ufpr.br Acesso em 15.09.2011.

GLOSSÁRIO

- Alceno** – São hidrocarbonetos insaturados por apresentar pelo menos uma ligação dupla, na molécula.
- Alifático** – Hidrocarbonetos com átomos de carbono estruturais, em cadeias abertas e fechadas (cíclicas), não aromáticos.
- Anemia** – É a diminuição dos níveis de hemoglobina (uma proteína presente nas hemácias) na circulação.
- Aplasia de medula** – Doença que causa disfunção da medula óssea.
- Aromaticidade** – É uma dificuldade das ligações duplas de um composto, reagir em reações, típicas de alcenos, devido a uma deslocalização desta na molécula.
- Cancro** – É uma doença caracterizada por uma população de células que cresce e se divide sem respeitar os limites normais, invade destrói tecidos adjacentes, e pode se espalhar para lugares distantes no corpo, através de um processo chamado metástase.
- Carcinogênico** – É um grupo extremamente diversificado de substâncias que apresentam um potencial de poder libertar cancros, nos indivíduos que com elas manuseiam.
- Catalítica** – É um método de produzir hidrogênio a partir de um hidrocarboneto.
- Catalisador** – Adição de uma substância que aumenta a velocidade de reação sem alterar o produto final do composto.
- Craqueamento** – É como se denomina vários processos químicos nas indústrias, pelos quais, moléculas orgânicas complexas são quebradas em moléculas mais simples.
- Cracking** – Rompimento, quebra, divisão.
- Cocção** – Cozimento, aquecimento.
- Coquerias** – São grandes estruturas que possuem grupos de fornos, podem ter 30, 60, 90 ou mais fornos com mais de 3 metros de altura, por 0,5 metros de largura, esses fornos tem suas paredes de material refratário, que permitem a transmissão de calor, no interior das paredes, possuem câmaras de aquecimento de gás, cuja a temperatura pode atingir a 1200 C°. Recebem uma mistura de carvão mineral (12 tons cada

forno), que passam por um processo de destilação seca, pois ocorre na ausência de oxigênio.

- Cumeno** – Composto orgânico isopropilbenzeno, um hidrocarboneto aromático.
- Desalquilação** – Transformação de um produto, para obter outro.
- Descafeinar** – Redução do grau de cafeína.
- Destilação seca** – É o modo de separação, baseado no fenômeno de equilíbrio: líquido – vapor de misturas.
- Dismutação** – É o mesmo significado de desproporcionar.
- Endócrino** – É formado pelo conjunto de glândulas que apresentam como atividade característica a produção de secreções denominada hormônios.
- Exsudar** – Suar, transpirar, segregar em formas de gotas.
- Eritrócitos** – É composto essencialmente por uma membrana envolvendo uma solução de hemoglobina.
- Eritroleucemia** – Origina-se de distúrbios na proliferação das células mielopoiéticas primordiais, mas já na fase de formação dos pronormoblastos, sendo essas, as células precursoras de todos os eritrócitos circulantes.
- Fármaco** – Tanto pode significar veneno ou remédio. Na terminologia farmacêutica fármaco designa uma substância química conhecida e de estrutura química definida dotada de propriedade farmacológica, ou seja, qualquer composto químico que seja utilizada com fim medicinal.
- Fenol** – Ácido carbólico, é uma função orgânica caracterizada por uma ou mais hidroxila, ligada a um anel aromático.
- Fresh air calibration** – Método de ajustar o zero do equipamento, com a finalidade de calibrar.
- Fish** – Aparelho analisador de amostras químicas.
- Granulócitos** – São células de defesa do corpo humano.
- Genotoxicidade** – É uma especialidade que se ocupa da identificação e o estudo da ação de qualquer agente físico, químico e biológico que produz efeito tóxico e genotóxico, sobre o material genético.
- Glutadiona** – É um antioxidante hidrossolúvel.

- Hematopoiético** – É o processo de formação, desenvolvimento e maturação dos elementos do sangue (eritrócitos, leucócitos e plaquetas) a partir de um precursor celular comum e indiferenciado conhecido como célula hematopoiética pluripotente, ou célula tronco, unidade formadora de colônias.
- Hidrodealquilação** – Transformação de produtos, utilizando uma mistura de hidrogênio, somado com um catalisador a 500-600 C° e pressão de 40-60 atm.
- Hidrocarboneto** – São geralmente compostos caracterizados por apresentar como cadeia principal, um ou vários anéis benzênicos.
- Lipossolúvel** – São substâncias que são solúveis em gordura, são solúveis em solventes orgânicos.
- Leucemia** – Conjunto de neoplasia maligna (câncer), que atinge o sangue.
- Leucócitos** – Também conhecido como glóbulos brancos, são células produzidas na medula óssea e presentes no sangue.
- Leucopenia** – É a redução do número de leucócitos no sangue.
- Leucemia mieloide aguda** – É um câncer da linha mielóide dos glóbulos brancos que se caracteriza pela rápida proliferação de células anormais e malignas.
- Leucemia mielomonolítica** – É uma forma de leucemia mielóide aguda, que envolve proliferação de mieloblastos e monoblastos.
- Linfóide** – Tecido percular, é uma variedade de tecido conjuntivo presente em órgãos como os rins.
- Liquid Wrench** – Composto básico em uma substância.
- Loci** – É o local fixo num cromossomo onde está localizado determinado gene ou marcador genético.
- Metabólitos** – Substância produzida durante o metabolismo, derivada de um medicamento dentro do organismo.
- Metástase** – É a formação de uma nova lesão tumoral a partir de outra, mas sem continuidade entre as duas.
- Mieloma** – É um câncer que se desenvolve na medula óssea, devido ao crescimento descontrolado de células plasmáticas.

- Mielopoiese** – Se denomina assim ao processo de formação de células granulocíticas: (Eosinófilos, Basófilos e Neutrófilos) a partir de uma célula única ou unidade de colônias granulocíticas.
- Mielotoxicidade** – Superinfecção com supressão medular.
- Mieloblasto** – Célula com cerca de 20-25 micras, aspecto irregular, arredondada ou ovalada, citoplasma basófilo, com granulações azurófilas, relação núcleo/citoplasma grande, núcleo de forma irregular com 2 a 3 nucléolos.
- Monoblastos** – Célula grande, com cerca de 30 micras, arredondada, podendo apresentar algumas granulações azurófilas, núcleo geralmente arredondado, podendo apresentar chanfradura, cromatina delicada, disposta em rede, com 1 e 2 nucléolos.
- Monócitos** – Fazem parte de um grupo de células, que tem a função de defender o organismo de corpos estranhos.
- Napalm** – É um conjunto de líquidos inflamáveis à base de gasolina gelificada, usada como armamento militar.
- Necropsia** – Ou autopsia, exame cadavérico que consiste determinar causa- morte.
- Neutropenia** – É uma diminuição no número de neutrófilos circulantes para valores absolutos abaixo de $1.500/\text{mm}^3$.
- Olefinas** – É um hidrocarboneto alifático, ou seja de cadeia aberta.
- Oxepino** – Óxido de benzeno.
- Polímeros** – São compostos químicos de elevada massa molecular, resultantes de reações químicas de polimerização.
- Polimórfico** – É a propriedade de materiais sólidos poderem existir sob mais de uma forma cristalina.
- Toxicidade** – É a qualidade que caracteriza o grau de virulência que qualquer substância nociva para o organismo vivo, é a medida do potencial tóxico de uma substância.