

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Patrícia Ferreira Nogueira**

**BENZENO**

**Taubaté – SP**

**2010**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Patrícia Ferreira Nogueira**

## **BENZENO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Segurança do  
Trabalho da Universidade de Taubaté.  
Orientador: Prof. Engenheiro João Alberto  
Bajerl

**Taubaté – SP**

**2010**

**PATRÍCIA FERREIRA NOGUEIRA**  
**BENZENO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de Taubaté.

Data:

Resultado:

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Engenheiro João Alberto Bajerl

Universidade de Taubaté

Assinatura:

Prof. Engenheiro Carlos Alberto Guimarães Garcez

Universidade de Taubaté

Assinatura:

Prof.<sup>a</sup> Engenheira Maria Judith Marcondes Schmidt

Universidade de Taubaté

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por conceder a saúde e os recursos que possibilitou passar por mais este aprendizado, fundamental no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha família, por acreditar em mim e pelo apoio necessário, sendo compreensivos nos momentos em que não estava ao lado deles.

Ao orientador, professor João Alberto Bajerl, pela ajuda, orientação, paciência e ensinamentos, além das dicas, sugestões e questionamentos.

A todos aos amigos da turma, pela amizade, incentivos e trocas de experiências, que me ajudou ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores da Universidade de Taubaté que, direta e indiretamente, acrescentaram valores a este trabalho, através de seus ensinamentos e experiências tão valiosas.

## RESUMO

A presente monografia tem por finalidade mostrar os efeitos maléficos à saúde do trabalhador quando há exposição ao composto aromático benzeno, demonstrar os sinais na saúde do ser humano decorrentes dessa exposição, que pode ocorrer tanto em ambientes ocupacionais como em não ocupacionais. Os meios de proteção e principalmente de prevenção adequados, visto que o benzeno é uma substância carcinogênica e tem como agravante o aparecimento dos primeiros sintomas e sinais ocorrem vários anos após o afastamento da fonte de exposição.

Palavras-chave: Benzeno. Exposição. Saúde.

## **ABSTRACT**

This monograph is intended to show the harmful effects to health of the worker when there is exposure to the aromatic compound benzene, show the signs of human health arising from such exposure, which may occur in occupational environments such from such exposure, which may occur in occupational environments such as in non-occupational. The means of protection and especially appropriate prevention, since benzene is a carcinogenic substance and is aggravating the onset of symptoms and signs occur several years after removal of the source of exposure.

Keywords: Benzene. Exposure. Health.

## LISTA DE FIGURAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Estrutura molecular do benzeno               | 10 |
| Figura 2 | Fórmula estrutural usual do benzeno          | 10 |
| Figura 3 | Produtos obtidos a partir do benzeno         | 15 |
| Figura 4 | Máscara de proteção respiratória             | 24 |
| Figura 5 | Filtro para máscara de proteção respiratória | 24 |
| Figura 6 | Luva de proteção para agentes químicos       | 26 |

## LISTA DE QUADROS

|          |                          |    |
|----------|--------------------------|----|
| Quadro 1 | Cores filtros combinados | 25 |
| Quadro 2 | Cores filtros químicos   | 25 |



## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                                     | <b>8</b>  |
| 1.1      | Objetivo  | 8         |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                          | <b>9</b>  |
| 2.1      | Definição   | 9         |
| 2.2      | Propriedades do Benzeno                               | 11        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA</b>                                    | <b>16</b> |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>                        | <b>17</b> |
| 4.1      | Efeitos do Benzeno á Saúde                            | 17        |
| 4.1.1    | A intoxicação aguda                                   | 18        |
| 4.1.2    | A intoxicação crônica                                 | 19        |
| 4.1.3    | O diagnóstico da intoxicação ocupacional pelo benzeno | 20        |
| 4.2      | Prevenção   | 21        |
| 4.3      | Medidas de Proteção                                   | 22        |
| 4.3.1    | Proteção Respiratória                                 | 23        |
| 4.3.2    | Proteção da pele, proteção olhos                      | 26        |
| 4.4      | Exposição em Ambiente Ocupacional e Não Ocupacional   | 27        |
| 4.5      | Exemplos de Exposição em Ambiente Ocupacional         | 27        |
| 4.6      | Exemplos de Exposição em Ambiente Não Ocupacional     | 31        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÃO</b>                                      | <b>35</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b>                                    | <b>36</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho mostra as medidas preventivas utilizadas na proteção dos trabalhadores quando há exposição ao benzeno. Na **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** define as características físico-químicas deste hidrocarboneto aromático. A **METODOLOGIA** descreve as fontes utilizadas para elaborar o trabalho. Em **RESULTADOS E DISCUSSÕES** são mostrados os efeitos á saúde quando há exposição ao benzeno. A **CONCLUSÃO** clara e objetiva enfatiza a importância da utilização de medidas de proteção.

### 1.1 Objetivo

Mostrar as medidas preventivas contra os efeitos maléficos do benzeno em ambientes ocupacionais e não ocupacionais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Definição

O benzeno é definido como uma substância química do tipo hidrocarboneto, aromático, de odor característico, líquido, volátil, incolor, altamente inflamável, explosivo, não polar e lipossolúvel. Seu vapor é mais pesado do que o ar (PEREIRA FILHO,2004).

É o mais simples e mais importante composto aromático.

É um hidrocarboneto porque é uma substância química formada apenas de átomos de hidrogênio (*hidro*) e carbono (*carboneto*). O benzeno contém seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio. Possui fórmula química =  $C_6H_6$

Composição elementar:

Carbono - 92,25 %

Hidrogênio - 7,75%

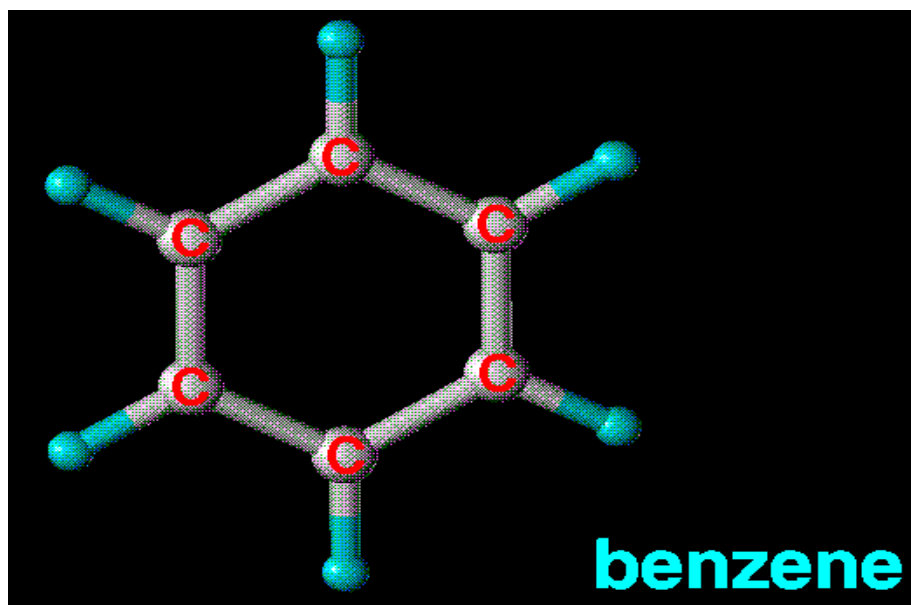


Figura 1 Estrutura molecular do benzeno  
Fonte: Revap, 2007

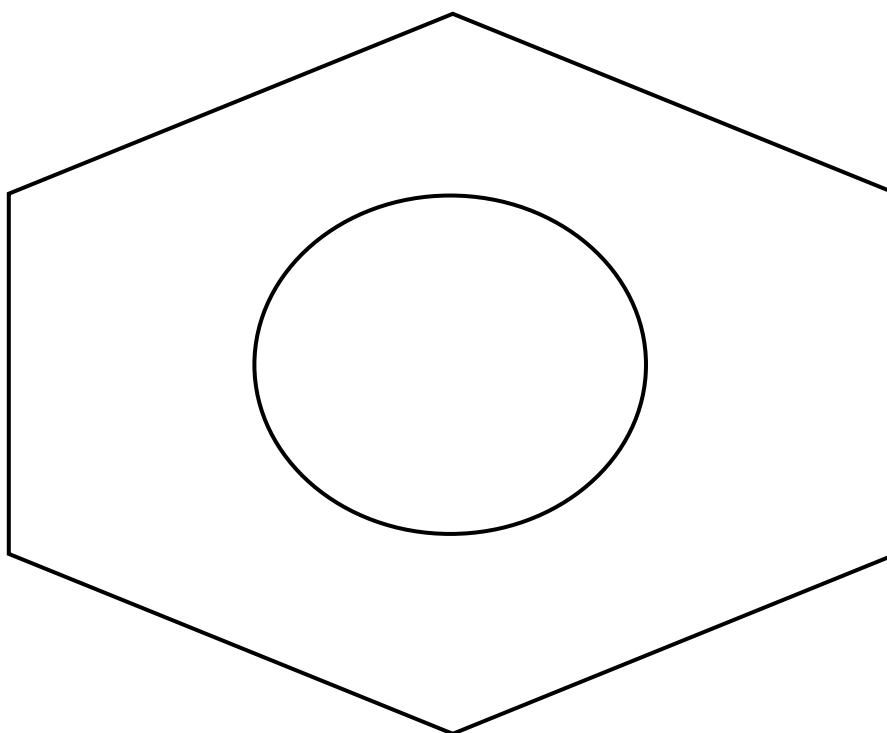


Figura 2 Fórmula estrutural usual do benzeno  
Fonte: Revap, 2007

## 2.2 Propriedades do Benzeno

O benzeno é chamado de aromático porque tem um aroma (odor) agradável, e característico. Não pode cheirá-lo, pois é muito tóxico (PEREIRA FILHO, 2004)!

O benzeno é uma substância volátil. Substância volátil é a que evapora facilmente (PEREIRA FILHO, 2004).

A propriedade físico-química que permite avaliar se uma substância é volátil, e comparar a volatilidade de uma substância com outra, é a pressão de vapor. Quanto maior é a pressão de vapor mais volátil é a substância. A pressão de vapor do benzeno é 95,2 mm Hg na temperatura de 25°C. Para fazer uma comparação, a pressão de vapor da água é de 23,8 mm Hg à 25°C, portanto o benzeno é mais do que três vezes mais volátil do que a água (PEREIRA FILHO, 2004).

O benzeno é altamente inflamável porque pega fogo facilmente. A propriedade físico-química que caracteriza o benzeno como inflamável é o seu ponto de fulgor. Ponto de fulgor é a temperatura necessária para que a substância pegue fogo ao menor contato com faísca, chama ou outra fonte de ignição. O ponto de fulgor do benzeno é de menos 11.1°C (-11,1°C), portanto o benzeno mesmo abaixo de 0°C, já pode pegar fogo (PEREIRA FILHO, 2004).

O benzeno é explosivo porque entre as concentrações de 1,4% e 8% por volume de ar, em contato com qualquer faísca ou chama, ocorre explosão (PEREIRA FILHO, 2004).

O benzeno é uma substância não polar.

Quando um átomo se liga com outro para formar uma molécula, a ligação ocorre porque os elétrons de cada um foram compartilhados com o outro.

Substância polar é aquela que é formada de átomos que atraem os elétrons da ligação química com forças diferentes. Como os elétrons são partículas de carga negativa, sobre o átomo que atrai os elétrons com mais força, fica uma carga negativa e sobre o outro átomo, fica uma carga positiva. Forma-se assim uma molécula polar. Quando a ligação química ocorre entre átomos com igual força de atração dos elétrons, a molécula final fica sem carga e é chamada de não polar. É o que ocorre com a molécula do benzeno. O carbono e o hidrogênio atraem igualmente os elétrons da ligação C-H, assim como os elétrons da ligação carbono-carbono (PEREIRA FILHO, 2004).

Por ser não polar, o benzeno se dissolve em gorduras, que também são substâncias não polares. Por esse motivo o benzeno é lipossolúvel. É por isto também, que ele penetra pela pele e através da respiração, atravessa a membrana pulmonar, passando para a corrente sanguínea e se distribuindo pelas várias partes do corpo, como o cérebro, e aí provoca danos no sistema nervoso central (SNC) e medula óssea.

O benzeno é pernicioso ao homem, atacando os tecidos que formam as células do sangue. Em ar muito contaminado, um adulto morre num prazo de cinco a dez minutos. Em ares não tão contaminados, as pessoas ficam com dor de cabeça, podendo ficar confuso e até inconsciente. Esses sintomas desaparecem quando a pessoa volta a respirar ar puro. Comer ou beber alimentos contaminados pode provocar diarreia, vômitos, aumento dos batimentos cardíacos, coma e, finalmente, morte. O benzeno causa alterações genéticas, afeta a fertilidade humana e causa leucemia.

Devido ao fato do benzeno estar contido em muitos produtos, é impossível removê-lo do cotidiano do ser humano. O que se pode fazer é ter cuidado em manusear os materiais que o contêm, e alertar as pessoas que possam estar correndo riscos ambientais nas áreas que podem estar ou vir a ser contaminada.

O benzeno é produzido naturalmente pelos vulcões e nas queimadas de florestas. A maioria dos compostos orgânicos como o benzeno, é obtida de reservatórios de materiais orgânicos, tais como: petróleo e carvão mineral. Ele está presente em muitas plantas e animais. Sendo líquido, evapora facilmente, misturando-se com outras substâncias na atmosfera, onde se decompõe com certa facilidade. Ele se mistura com a água com certa facilidade e pode penetrar no solo indo parar nos lençóis freáticos. Assim, pode acabar poluindo águas recolhidas para o consumo humano.

Outra fonte importante de benzeno é o petróleo.

O petróleo é a matéria prima das refinarias, onde é dividido em vários produtos comercializados, tais como gasolina (o benzeno é um de seus constituintes), óleo diesel, óleos lubrificantes além de frações destinadas a produção de outras matérias primas na indústria petroquímica. As frações do petróleo com faixa de destilação que englobam ou estejam próximas de 80,1°C (ponto de ebulição do benzeno) podem conter benzeno na sua composição. Nestas frações, o benzeno, em geral, é encontrado em pequenas quantidades.

A quantidade de benzeno pode ainda, variar em um mesmo produto, em dias diferentes, em função da variabilidade do petróleo utilizado, e de algumas variações no processo de produção (PEREIRA FILHO,2004).

No Brasil, existem três petroquímicas (COPENE, localizada em Camaçari/Bahia – COPESUL, em Triunfo /RS e Petroquímica União, em Santo André/SP) e uma refinaria de petróleo (da Petrobrás - Refinaria Presidente Bernardes, de Cubatão sigla (RPBC)) que produzem benzeno. A RPBC utiliza tecnologia petroquímica para a produção.

O benzeno é uma matéria prima muito importante na indústria petroquímica conhecida como de segunda geração. Estas empresas utilizam as substâncias produzidas nas petroquímicas de primeira geração e as transformam em outras substâncias que são ainda intermediárias para a fabricação de produtos que chegam até o consumidor final, tais como medicamentos, plásticos, detergentes, corantes, etc.

O benzeno ainda está presente em empresas que o armazena ou transporta, assim como suas misturas, além de laboratórios que o analisa ou o utiliza em análises químicas. O benzeno também é encontrado nos efluentes das empresas assim como nas estações de tratamento de efluentes da própria empresa.

As indústrias que utilizam o benzeno são: de detergentes, de explosivos, farmacêutica, fotogravura, de borracha, de plásticos; produção de solventes e removedores de tintas.

Os efeitos do benzeno ao meio ambiente no ar, água e solo são conforme abaixo.

Ar - Produto volátil de odor característico. Seus vapores são prejudiciais ao meio ambiente

Água - Produto tóxico a vida aquática mesmo em baixas concentrações. Pode transmitir qualidade indesejável a água, prejudicando seu uso.

Solo - Pode afetar o solo e degradar a qualidade da água do lençol freático.



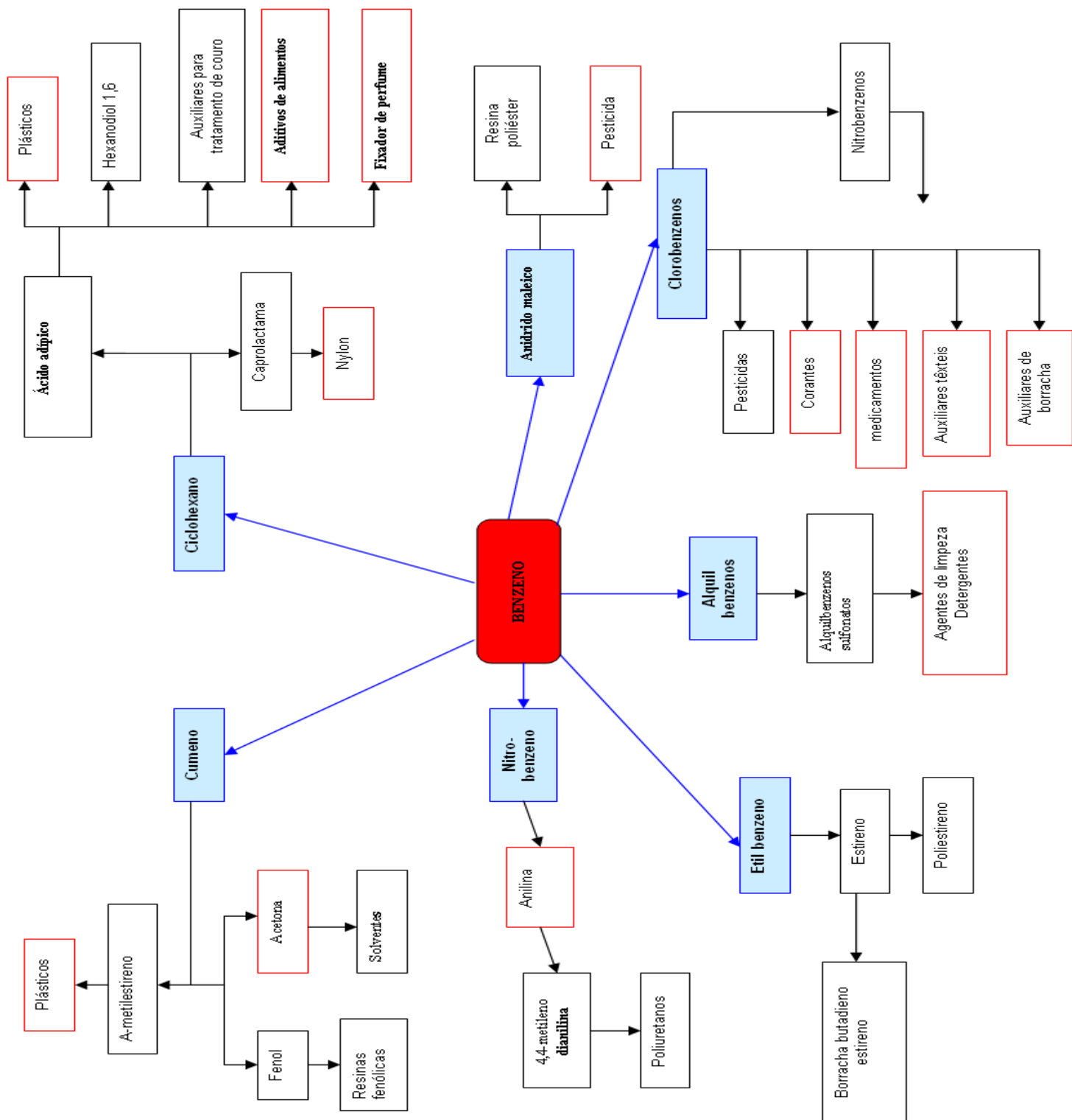


Figura 3 - Produtos obtidos a partir do benzeno

Fonte: Repertório Brasileiro do Benzeno Curso para GTB - C.E.P.Bz

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada está fundamentada em pesquisas bibliográficas, documentais, à artigos diversos divulgados na *“internet”*, publicações em revistas especializadas, e sobretudo na experiência profissional da autora junto à área de higiene ocupacional.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Efeitos do Benzeno á Saúde

As principais vias de absorção do benzeno são a oral e a respiratória, podendo também ser absorvido por via cutânea, em especial quando estiver na forma líquida. A maior parte do benzeno inalado é eliminada pela expiração, aquele que é absorvido se acumula principalmente em tecidos com alto teor de lipídios.

O metabolismo do benzeno ocorre predominantemente no fígado havendo excreção de seus metabólitos pela urina. Os principais metabólitos do benzeno no homem são o fenol, o catecol e a hidroxiquinona (metabólitos tóxicos).

A medula é o órgão alvo de toxicidade do benzeno, havendo estudos que sugerem efeitos interativos entre metabólitos do benzeno formados no fígado e na medula óssea, não ocorrendo efeito tóxico primário no fígado, mas apenas na medula óssea (BARTOLUCCI, 2004).

O benzeno provoca depressão generalizada na medula óssea que se manifesta pela redução de eritrócitos (glóbulos vermelhos ou hemácias), granulócitos (fração dos glóbulos brancos), trombócitos (minúsculos discos redondos ou ovais de 2 mm de diâmetro que participam do processo de coagulação sangüínea). Há relação causal comprovada entre exposição ao benzeno e ocorrência de leucemia. A leucemia mais comum relacionada ao benzeno é a leucemia mielóide aguda, que é uma doença potencialmente mortal na qual os mielócitos (as células que normalmente se

transformam em granulócitos) se tornam cancerosos e rapidamente substituem as células normais da medula óssea.

Há também comprovação da relação causal entre exposição ao benzeno e aplasia de medula (resulta da falência da medula óssea que é o órgão responsável pela produção do sangue), não sendo certo que haja ligação entre esse quadro e a leucemia ou se são eventos separados. De qualquer forma a aplasia de medula é o maior fator de risco para a ocorrência de leucemia.

O registro de casos de intoxicação por benzeno no Brasil é relativamente baixo e localizado. Entre os fatores que influenciam esses dados são as dificuldades diagnósticas, a subnotificação e subregistro generalizados, a fragmentação e dispersão dos serviços de saúde responsáveis pelo diagnóstico e investigação dos casos.

#### 4.1.1 A intoxicação aguda

Os sinais clínicos de intoxicação aguda por benzeno incluem depressão do sistema nervoso central, arritmia cardíaca e asfixia por parada respiratória, se as exposições forem em níveis letais.

Em casos graves: inconsciência, convulsões, delírios, salivação, nistagmo (o termo nistagmo é usado para descrever os movimentos oculares oscilatórios, rítmicos e repetitivos dos olhos. É um tipo de movimento involuntário dos globos oculares, geralmente de um lado para o outro e que dificulta muito o processo de focagem de imagens), asfixia intensa devido à parada do centro respiratório, com ocorrência de

morte súbita. Altas concentrações de benzeno podem provocar estímulos iniciais em SNC (Sistema Nervoso Central) com quadros importantes de excitação nervosa, náuseas e dores de cabeça, seguidos de depressão, fadiga e vertigem. Podem aparecer dermatites.

#### 4.1.2 A intoxicação crônica

Os principais efeitos da exposição crônica ao benzeno são relacionados à sua ação hematotóxica (intoxicação sanguínea) e carcinogênica. São também importantes as alterações equivalentes às provocadas por exposição à solvente em geral, em especial os efeitos sobre SNC. Surgem queixas subjetivas como dor de cabeça, tontura, vômitos, perda de apetite. Aparecem diversos outros sintomas como distúrbios dermatológicos e gastrointestinais de difícil caracterização como especificamente relacionados à exposição ao benzeno.

As alterações hematológicas (doenças do sangue) são também muito variáveis tornando-se, portanto mais importante dar atenção as mudanças em séries sanguíneas que acometam trabalhadores expostos ao benzeno. Os efeitos principais são: a supressão de um ou mais elementos do sistema hematopoiético (responsável pela formação de células sanguíneas e defesa imunitária) e transformações com caráter de malignidade de algum desses elementos levando a leucemia ou outro tipo de câncer sanguíneo.

#### 4.1.3 O diagnóstico da intoxicação ocupacional pelo benzeno

O quadro clínico de toxicidade ao benzeno se caracteriza por uma repercussão orgânica múltipla, em que o comprometimento da medula óssea é o componente mais freqüente e significativo, sendo a causa básica de diversas alterações hematológicas ( células do sangue).

Os sinais e sintomas mais freqüentes são: astenia (sensação de fadiga e debilidade generalizada), mialgia (dores musculares em qualquer parte do corpo), sonolência, tontura e sinais infecciosos de repetição (RUIZ,1993). Os dados laboratoriais hematológicos mais relevantes são representados pelo aparecimento de neutropenia (é a quantidade anormalmente baixa de neutrófilos – glóbulos brancos no sangue), leucopenia (redução do número de leucócitos – glóbulos brancos no sangue circulante), eosinofilia (aumento anormal de eosinófilos no sangue), linfocitopenia (é uma quantidade anormalmente baixa de linfócitos), monocitopenia (diminuição do número de monócitos), macrocitose (o aumento do tamanho dos eritrócitos)(RUIZ, 1987, 1993,1994a, 1994b).

O diagnóstico de benzenismo (conjunto de sinais, sintomas e complicações decorrentes da exposição ao benzeno) de natureza ocupacional é eminentemente clínico e epidemiológico, fundamentado na história de exposição ocupacional e na observação de sintomas e sinais clínicos e laboratoriais descritos anteriormente.

Em pessoas potencialmente expostas ao benzeno, todas as alterações hematológicas devem ser valorizadas, investigadas e justificadas.

## 4.2 Prevenção

As características do produto como toxicidade e carcinogenicidade, fazem com que as ações preventivas sejam de maior relevância na proteção da saúde. Assim, o ambiente e o processo de trabalho devem assegurar sempre a menor exposição ocupacional possível.

Medidas de proteção coletiva, adotadas no processo de trabalho, minimizando a exposição ou eliminando o agente, e medidas de proteção individual contribuem decisivamente na prevenção da intoxicação.

Outra forma de prevenção é a realização de avaliação quantitativa do nível de benzeno no ambiente.

A avaliação quantitativa do nível de benzeno no ar, associada à avaliação individual da exposição, e a análise do Índice Biológico de Exposição (IBE) em grupos homogêneos de risco de exposição são ferramentas importantes quando se objetiva a avaliação da exposição e a implantação de medidas de controle para diminuição e eliminação do risco;

É fundamental que o relatório técnico (laudo) contenha as informações do tipo, modelo e marca dos equipamentos utilizados. O responsável pela avaliação verifica os calibradores e possíveis acessórios utilizados durante a avaliação. A qualidade do relatório vai depender da quantidade de informações úteis que ele contém. O responsável pela avaliação tem que conhecer o equipamento utilizado, para se conhecer a qualidade da avaliação quantitativa.

Um equipamento certificado significa que ele é construído dentro de determinados padrões de qualidade. Isso significa que todo material usado na construção desse equipamento foi cientificamente estudado para oferecer a melhor resposta possível, dentro de um determinado padrão de qualidade (precisão).

O IEC (International Electrical Comition), ANSI (American National Standart Institution, BSI (British Standart Institution), são organizações que certificam os fabricantes de equipamentos eletrônicos e garantem que o equipamento cumpre normas fixas de fabricação, oferecendo resposta dentro de determinada precisão. O equipamento não poderá apresentar resposta diferente daquela constante na norma, caso contrário o fabricante perde a certificação de qualidade.

Isso é muito importante, pois um equipamento não certificado pode apresentar respostas totalmente adversas em função da variação de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, etc. Isso acontecendo o usuário vai realizar uma avaliação e obter um resultado alterado, que prejudica seu trabalho.

#### 4.3 Medidas de Proteção

As medidas de proteção utilizadas tem como objetivo prevenir os efeitos maléficos á saúde quando há exposição ao agente químico benzeno e são as seguintes: realização de avaliação quantitativa, monitoramento biológico com a realização de exames periódicos que são o hemograma completo com a contagem de plaquetas e o ácido trans trans mucônico ( exame realizado com a coleta de urina),



reduzir o tempo de exposição do trabalhador, a utilização de EPI(Equipamento de Proteção Individual) como máscara de proteção respiratória, luvas de proteção e utilização de EPC (Equipamento de Proteção Coletivo) como capelas em laboratórios.

#### 4.3.1 Proteção respiratória

Em atividades com risco de exposição a vapores de benzeno usar respirador com filtro para vapores orgânicos. As cores dos filtros utilizados nas máscaras de proteção respiratória são de acordo com o agente químico que o trabalhador está exposto.








Figura 4 Máscara de proteção respiratória  
Fonte: GG Kit borrachas,2010



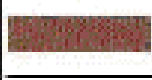


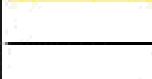
Figura 5 Filtro para máscara de proteção respiratória  
Fonte: GG Kit borrachas,2010

**COMBINADOS ( Mecânicos/Químicos )**

| CLASSE | COR   | CÓDIGO                     | PROTEÇÃO                          |
|--------|---|----------------------------|-----------------------------------|
| 2      |  | A2 9000<br>ST P2<br>510039 | VAPOR<br>ORGÂNICO<br>+ MECÂNICOS  |
|        |  | B2 9000<br>ST P2<br>510047 | GASES ÁCIDOS<br>+ MECÂNICOS       |
|        |  | E2 9000<br>ST P2<br>510050 | DIÓXIDO<br>ENXOFRE<br>+ MECÂNICOS |
|        |  | K2 9000<br>ST P2<br>510053 | AMÔNIA<br>+<br>MECÂNICOS          |
|        |  | A2 B2 E2 K1<br>513084      | MULTIGASES<br>+<br>MECÂNICOS      |

Quadro1 Cores filtros combinados  
Fonte: GG Kit borrachas,2010

**QUÍMICOS**

| CLASSE | COR   | CÓDIGO            | PROTEÇÃO           |
|--------|---|-------------------|--------------------|
| 2      |  | A2 9000<br>510023 | VAPOR<br>ORGÂNICO  |
|        |  | B2 9000<br>510030 | GASES ÁCIDOS       |
|        |  | E2 9000<br>510033 | DIÓXIDO<br>ENXOFRE |
|        |  | K2 9000<br>510036 | AMÔNIA             |

Quadro 2 Cores filtros químicos  
Fonte: GG Kit borrachas,2010

#### 4.3.2 Proteção da pele, proteção olhos

Evitar o contato com a pele. Em atividades com risco de contato da pele com a substância utilizar equipamentos de proteção individual, adequados aos riscos de exposição – luvas: trevira, nitrílica ou neoprene, avental de PVC.

Para proteção dos olhos - Óculos de segurança resistente a solventes orgânicos.



Figura 6 Luva de proteção para agentes químicos  
Fonte: Revap, 2007

#### 4.4 Exposição em Ambiente Ocupacional e Não Ocupacional

A Organização Mundial de Saúde propõe a redução progressiva, a partir do ano 2003, das emissões de benzeno, de modo que no ar ambiente, o valor limite de 3ppb seja alcançado até o ano de 2010 (ENDS, 1998).

É inerente ao efeito de substâncias carcinogênicas, como o benzeno, o aparecimento dos primeiros sintomas e sinais decorrentes da exposição ao agente tóxico, ocorrer vários anos após o afastamento da fonte de exposição. Isto tem merecido, por parte das instituições de saúde pública cada vez mais atenção, no sentido de se estabelecer medidas de controle de riscos, como exemplo, as avaliações ambientais e a biológica, tanto na população exposta ocupacionalmente como na não-exposta.

#### 4.5 Exemplos de Exposição em Ambiente Ocupacional

O benzeno é um dos constituintes da gasolina (mistura de hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos), na faixa de 1 a 5%, dependendo da qualidade a que se destina e do país de origem. Tem sido empregado como antidetonante, em substituição ao chumbo tetraetila.

No Brasil, o Regulamento Técnico da Agência Nacional do Petróleo (ANP) N0 06/99 (Portaria N0 197, 28-12-1999) estabeleceu as especificações de qualidade de gasolinas automotivas.

A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos líquidos inflamáveis e voláteis derivados do petróleo. Além de ser utilizada como combustível em motores de combustão interna é também usada como solvente na indústria, para óleos e gorduras.

Com o advento dos motores de combustão, a gasolina foi eleita como a melhor opção para combustível devido a algumas de suas características: alta energia de combustão, alta volatilidade e sua compressibilidade. A energia liberada pela combustão da gasolina é responsável pelo movimento do motor. Inicialmente a gasolina era obtida pela destilação do petróleo. Após algum tempo, outras técnicas surgiram, numa tentativa de aumentar o rendimento desta extração. A gasolina é uma mistura bastante complexa com mais de uma centena de diferentes hidrocarbonetos, dentre eles o benzeno.

Existem alguns cuidados para evitar contaminação por trabalhadores em postos de gasolina, visto que há a presença do benzeno.

O frentista nunca pode inalar a tampa do veículo. Tem que perguntar para o cliente para saber o tipo de combustível que o carro utiliza.

Durante o descarregamento do combustível no posto, os frentistas devem sempre usar máscara de proteção.

Um creme protetor específico, evita contaminação pelas mãos.

É essencial o uso de bonés para evitar contaminação através do couro cabeludo, uma das partes mais sensíveis do corpo.

Trabalhadores expostos a gasolina com cerca de 2,0 a 2,7% de benzeno, revelaram concentrações na faixa de 80 a 900ppm (430ppm) e 40 a 700ppm (310ppm) de benzeno na zona respiratória de mecânicos de automóveis e frentistas de postos de abastecimento automotivo, respectivamente, apontando para um cenário preocupante, primeiro, porque casos de leucemia entre mecânicos e frentistas têm sido relatados pela literatura (FUNDACENTRO, 1995) e segundo, por causa do aumento, atualmente, do número de frentistas do sexo feminino nos postos de abastecimento de combustíveis, onde, segundo a Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR (1997), mulheres expostas a concentrações elevadas de benzeno por vários meses evidenciaram períodos de menstruação irregular e a diminuição no tamanho de seus ovários

A toxicidade do benzeno independe da via de introdução, sendo que a principal via de intoxicação ocorre pela inalação dos seus vapores. A absorção via contato dérmico do benzeno na forma gasosa contribuir muito pouco para o total da exposição, no entanto, a absorção do benzeno na forma líquida é considerada uma importante rota de exposição (WHO, 1996). Apesar dos grandes avanços científicos recentes, tanto o mecanismo de ação tóxica do benzeno, bem como a relação dose-resposta entre a exposição ocupacional a esta substância e o desenvolvimento de câncer no homem ainda não estão completamente entendidos (LARSEN; LARSEN, 1998).

Esta alta toxicidade do benzeno está associada à sua ação direta sobre o organismo (SALGADO; PEZZAGNO, 1991).

Diante do exposto, verifica-se que é importante a questão da qualidade do ar, principalmente, sabendo que do total das emissões de hidrocarbonetos, liberadas para o meio ambiente, cerca de 5%, são relativas ao benzeno (LARSEN; LARSEN, 1998).

Seguramente a exposição ao benzeno em ambientes ocupacionais, muitas vezes, está acompanhada do não cumprimento das normas de segurança do trabalho, da legislação de saúde vigente ou ineficiente, informação deficiente ou inexistente sobre os riscos inerentes ao agente tóxico, supervisão inadequada, processos de trabalho e tecnologias ultrapassadas e ausência ou uso indevido de equipamentos de proteção.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, estima-se que no mundo, cerca de 1% dos trabalhadores estão expostos ocupacionalmente ao benzeno à concentrações acima de 10 ppm; 4% na faixa compreendida entre 1 e 5 ppm e 95% expostos a níveis não superiores a 1 ppm (PEZZAGNO, 1995).

Segundo a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO (1995), um levantamento realizado em 1993, estimou que na indústria brasileira, mais de 35 mil trabalhadores estavam em contato direto com o benzeno e, detectou que cerca de 3000 pessoas tinham sido afastadas do trabalho devido à exposição a este produto.

Com o intuito de diminuir a exposição ocupacional ao benzeno, alguns órgãos competentes no campo da Saúde Pública, como a Occupational Safety and Health Administration (OSHA), a National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), e a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) propuseram limites, enquanto, a Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho – Ministério do Trabalho (SSST-MTb), no Brasil, e a fundação de pesquisa alemã Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) estabeleceram o Valor de Referência Tecnológico (VRT) e Technische Richtkonzentrationen (TRK ) respectivamente.



#### 4.6 Exemplos de Exposição em Ambiente Não-Ocupacional

Atualmente, mesmo longe dos centros de produção e uso, a população está sujeita a diversos graus de exposição aos poluentes químicos, parecendo impossível encontrar algum lugar onde eles não estejam contaminando o ambiente e o homem.

O desenvolvimento e o crescimento dos grandes centros urbanos propiciam o aumento da emissão de poluentes químicos para a atmosfera. O ar ambiente de áreas urbanas densamente povoadas contém uma variedade de compostos orgânicos. A presença do benzeno no ar exterior pode ser proveniente da fumaça do cigarro, emissões de motores automotivos, postos de abastecimento de veículos automotivos e de indústrias químicas, sendo as duas primeiras, as maiores fontes de exposição ao benzeno da população em geral.

A UK Expert Panel on Air Quality Standards (EPAQS, 1994) recomenda como valor limite em ambientes fechados, a concentração limite de  $16,2\mu\text{g}/\text{m}^3$  (5ppb) e que no futuro este valor deve ser reduzido para 1ppb.

Nos grandes centros urbanos têm sido encontrados níveis de benzeno no ar em torno de 10 ppb (ao longo de ruas de intenso tráfego de veículos), e nas áreas rurais, têm sido relatados valores entre 0,16 a 0,50 ppb (LARSEN; LARSEN, 1998).

No ar interior de veículos automotivos, os níveis de benzeno alcançaram valores médios de 12,5ppb, sendo, portanto, também apontado como responsável por uma parcela da exposição diária não ocupacional (Larsen e Larsen, 1998).

Na Suécia, foram encontrados níveis de benzeno no ar exterior, durante o inverno, duas vezes maiores, em comparação com os valores avaliados durante o verão (LARSEN; LARSEN, 1998).

O benzeno presente nos ambientes fechados, aclimatados artificialmente, tem como possíveis fontes: o ar exterior (indústrias e motores a gasolina), emissões de materiais (colas, ceras para móveis, solventes e detergentes) e as oriundas de hábitos e atividades do homem (fumaça do cigarro e pintura).

Na fumaça do cigarro já se isolaram 4.720 substâncias tóxicas, as quais atuam sobre os mais diversos sistemas e órgãos; contêm mais de 60 cancerígenos, sendo um dos principais o benzeno (LARSEN; LARSEN, 1998).

Os níveis de benzeno alcançaram a média de 3,4ppb no ar interior de casas residenciais americanas de fumantes e de 2,2ppb entre as moradias de não-fumantes (CRUMP, 1995).

Cerca de 40% da exposição diária ao benzeno da população não fumante pode ser atribuída ao ar exterior, enquanto os 60% restantes seriam devidos a atividades pessoais em ambientes fechados, incluindo a presença da fumaça do cigarro, a qual representaria 50% da exposição (Harrison, 1998).

A fumaça de cigarro é, portanto, uma das principais fontes não-ocupacionais de benzeno em ambientes fechados, expondo os fumantes a concentrações médias de 55µg de benzeno por cigarro (LARSEN; LARSEN, 1998).

Além da presença do benzeno nos cigarros em uma avaliação realizada pela Pro Teste, Associação Brasileira de Defesa do Consumidor verificou-se que a fumaça de um incenso é tão prejudicial à saúde quanto três cigarros.

Entre os aromatizadores, os incensos liberaram as maiores quantidades de poluentes, em uma concentração de até seis vezes maior do que a adequada.

Outro exemplo da exposição não ocupacional ao benzeno é a ingestão por via oral de benzeno presente em alimentos, bebidas e água potável (SALGADO; PEZZAGNO, 1991). A água potável deve ter um valor máximo de 5µg/l de benzeno (ATSDR, 1997).

Duas substâncias contidas em várias marcas de refrigerantes e sucos, por interagirem, podem formar o benzeno, composto tóxico cancerígeno detectado em amostras desses produtos em vários países. Os órgãos reguladores realizam análises para a verificação do fato e a definição de um limite permitido para o benzeno em bebidas.

Resultados de testes nos Estados Unidos, no Canadá, Reino Unido, na Austrália e Nova Zelândia detectaram a presença de benzeno, em sucos e refrigerantes que continham o conservante benzoato de sódio e ácido ascórbico (vitamina C) em sua composição. Estas duas substâncias juntas, sob certas condições de exposição à luz e ao calor, podem reagir e formar o benzeno. A partir deste fato e de pesquisa realizada pela entidade de defesa do consumidor norte-americana, a Consumers Union, que encontrou níveis preocupantes da substância em bebidas, o Idec realizou levantamento identificando os refrigerantes e sucos que contêm benzoato de sódio e ácido ascórbico.

Os testes realizados em laboratórios americanos e ingleses demonstraram que o nível de benzeno encontrado em refrigerantes estava acima do limite permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a água potável, que é de 10 ppb (partes por bilhão). Nos Estados Unidos esse limite é de 5 ppb, e na União Européia é de 1 ppb. No Brasil, a portaria da Anvisa nº 518/04, que estabelece o padrão de potabilidade

da água, determina o limite máximo permitido para benzeno de 5 µg/L (micrograma por litro). Como a OMS (Organização Mundial de Saúde) e as autoridades sanitárias estrangeiras e nacionais não estabeleceram um limite de benzeno para refrigerantes e sucos, considera-se que, no mínimo, deve ser adotado o mesmo limite utilizado para a água potável.

A indústria de bebidas argumenta que o benzoato de sódio possui grande capacidade de destruir bactérias, e que seu uso compensa os potenciais riscos que a associação com o ácido ascórbico pode trazer ao usuário. As empresas e as autoridades sanitárias asseguram que, até o presente, o nível de benzeno encontrado nas bebidas não implica risco imediato aos consumidores.

O processo de formação do benzeno pode ser exacerbado quando a bebida é exposta ao calor e à luz. Não existem níveis seguros para o consumo de benzeno, e que se há limitação para a quantidade dessa substância na água, também deve existir limitação para os refrigerantes.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que quando as medidas preventivas são adotadas os efeitos maléficos da exposição ao benzeno são minimizados.

## REFERÊNCIAS

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

BARTOLUCCI, G. B. (Ed.). **II Benzene: toxicologia, ambientes de vida e de trabalho**. Milano: Morgan, 1995. p. 69-80. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 775, de 28 de abril de 2004.

BENZENE and leukemia. **Lancet**, [S.l.], v. 2, p. 217-245.

BRASIL. Lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o capítulo V do título li da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a Segurança e Medicina do Trabalho, e da outras providências. **Ministério do Trabalho**, Brasília, DF, 1978.

COSTA, Marco Antônio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Uma questão de saúde pública**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002.

FREITAS, N. B. B., ARCURI, A. S. A. Valor de referência tecnológico (VRT): a nova abordagem de controle da concentração de benzeno nos ambientes de trabalho. **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 89-90, p. 71-85, 89-90.

GG Kit borrachas. **Máscara de proteção respiratória**. Disponível no site <<http://www.ggkitborrachas.com.br/>>. Acesso em 3 abr. 2010.

INFANTE, P. F.; RINSKY, R. A.; WAGONER, J. K. Leukemia in benzene workers. **Lancet**. [S.l.], v. 2, p. 76-78, 1977.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Some industrial chemical and dyestuffs monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans**. France: Lyon, 1982. v. 29.

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**, Recife, v. 8, n. 4, p. 913-921, 2003.

MACHADO, José et al. **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno.** [S.l.: s.n., 200-?]. Disponível em: <<http://www.saude.ba.gov.br/trabalhadores>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

MANTOVANI, Flávia. **Pesquisa revela que sete refrigerantes têm benzeno, substância potencialmente cancerígena.** [S.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <[www.proteste.org.br](http://www.proteste.org.br)>. Acesso em: 8 mar. 2010.

PAULA, Flávia Cristina S. de et al. **Avaliação do ácido trans mucônico urinário como biomarcador de exposição ao benzeno.** Belo Horizonte: UFMG, 2003.

PEREIRA FILHO, Waldomiro dos Santos. **Repertório brasileiro do benzeno.** [S.l.]: GTB, 2004. 1 CD Rom.

REVAP, Refinaria Henrique Laje. **Grupo de trabalho do benzeno.** Palestra proferida pelo coordenador Sebastião Rosa dos Santos, 2007.

RUIZ, M. A.; VASSALLO, J; SOUZA, C. Alterações hematológicas em pacientes expostos cronicamente ao benzeno. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 145-151, 1993.

WAKAMATSU, C.T. **Contribuição ao estudo da exposição profissional ao benzeno em trabalhadores em indústria de calçados.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1976.