

**ARTUR MARQUES FILHO  
MANOEL SERPA PINTO NETO**

**CUIDADOS NAS OPERAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
NA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO**

**SÃO PAULO  
2008**

**ARTUR MARQUES FILHO  
MANOEL SERPA PINTO NETO**

**CUIDADOS NAS OPERAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
NA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO**

Monografia, apresentada como requisito para  
obtenção do título de Especialização em  
Higiene Ocupacional da USP – PECE.

**SÃO PAULO  
2008**

## **DEDICATÓRIA**

Aos amigos e a todas as pessoas de nossas famílias, pela paciência e ajuda na elaboração deste trabalho monográfico.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pois, sem ele, nada é possível.

Pais, mães, filhos(as) esposas(os).

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Marques Filho, Artur**

**Cuidados nas operações da construção civil na exposição ocupacional ao benzeno / A.Marques Filho, M.S. Pinto Neto. -- São Paulo, 2008.**

**50 p.**

**Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1.Exposição ocupacional 2.Benzeno 3.Equipamento de proteção individual 4.Construção civil I.Pinto Neto. Manoel Serpa II.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia III.t.**

“O antídoto contra o ódio é a meditação sobre o amor.

O antídoto contra o orgulho consiste em estudar e aprender, porque dessa forma acabamos reconhecendo que não sabemos nada, e perdemos um pouco da arrogância.

O antídoto contra a ignorância é sobretudo a sabedoria”.

*Dalai – Lama.*

## RESUMO

O presente trabalho monográfico de conclusão de curso, teve o objetivo apresentar os resultados da pesquisa bibliográfica, juntamente com o estudo de caso de sucesso na obra de construção de uma obra de engenharia civil na empresa Petrobrás, Refinaria Presidente Bernardes, nas datas entre 04/04 até 17/08, no ano de 2007, em uma unidade petroquímica produtora de benzeno em plena operação. O estudo apresentou os resultados obtidos, após as buscas bibliográficas que nortearam a fundamentação teórica baseada nos livros, artigos de revistas, periódicos na biblioteca da Universidade, no site *on-line* do Ministério da Saúde, entre outros tantos, além de bibliotecas como a da Universidade de São Paulo (USP). Os funcionários da obra civil utilizaram os seguintes equipamentos: o respirador de linha de ar comprimido com peça facial inteira, macacão impermeável, luvas e botas de PVC. Estes causavam grande desconforto aos colaboradores, nas tarefas de construção civil pelos envolvidos na obra e, para tanto, buscou-se uma solução alternativa, para que a obra não ficasse paralisada e pronta no prazo previsto em contrato com a empresa terceirizada, sob todas as condições de higiene, segurança e saúde que o trabalho exigiu, demonstrando assim, a preocupação e cuidados constantes com a higiene ocupacional, tanto do meio físico, como da qualidade do meio ambiente e a qualidade do ar.

**Palavras-Chaves:** 1. Benzeno; 2. Medição; 3. Higiene no Trabalho; 4. Proteção Respiratória; 5. Construção Civil

## ABSTRACT

The present monographic work of course conclusion has as objective to present the results of the bibliographical research, together with the study of case of success in workmanship of civil engineering in the Petrobras company, Refinaria Presidente Bernardes, in the dates between 04/04 up to 17/08, in the year of 2007, a producing unit of benzene in full operation. The study it presented the gotten results, after the bibliographical searches that had guided the established theoretical recital in books, articles of magazines, periodic in the library of the University, the site on-line of the Health department, among others as much, beyond of libraries as of the University of São Paulo (USP). had to presence of the contaminating benzene the employees of the civil workmanship had used a special planning in order to inhibit the occupational exposition. Removal of the workers of the work front, during the presence of the contaminating, special equipment of individual protection had been used: respirator of line of air compressed with entire face part, impermeable overalls, gloves and boots of PVC in activities of hollowing. These caused great discomfort to the collaborators, during the execution of tasks of civil construction e, for in such a way, searched a solution alternative, so that the workmanship was not paralyzed and to have its fulfilled foreseen stated period. Taking care of to all the norms of security and health that the work demanded, demonstrating to the concern and constant cares with the health of the collaborators and quality of the environment, the taken over on a contract basis one was concluded successfully, eliminating the possibility of personal contamination of the team.

Key-Word: 1. Benzene; 2. Measurement; 3. Hygiene in the Work.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
1. O BENZENO .....	16
1.1 Conceito.....	16
1.2 Fórmula Química e Aparência .....	16
1.2.1 Propriedades .....	17
1.2.2 Composto e o Anel Benzeno .....	17
1.2.3 A Ressonância no Benzeno .....	19
1.3 Evolução Histórica do Benzeno .....	17
1.4 Evolução e Usos no Brasil .....	21
1.4.1 Riscos à Saúde .....	22
2. 2. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS E OS DANOS À SAÚDE .....	24
2.1 Como Podem Afetar .....	25
2.2 Fatores que Contribuem para o Risco .....	26
2.3 Fatores Ambientais .....	27
2.3.1 Produto Químico.....	27
2.3.2 Agentes Ambientais .....	28
3. A EXPOSIÇÃO LABORAL AO BENZENO .....	30
3.1 Efeitos da Exposição do Benzeno e os Efeitos Sobre a Saúde Humana .....	31
3.2 Exposição Ocupacional a Cancerígenos .....	32
3.3 Exposição Aguda ao Benzeno .....	33
3.4- Exposição Crônica ao Benzeno .....	35
3.5 Benzenismo .....	36

4. ESTUDO DE CASO .....	41
4.1 Metodologia da Pesquisa .....	41
4.1.1 Limitações da Pesquisa .....	42
4.1.2 O Delineamento da Pesquisa.....	43
4.1.3 Caracterização da Pesquisa .....	44
4.1.4 População e Prevenção de Riscos .....	44
4.1.5 Coleta de Dados .....	45
4.4 Apresentação dos Resultados .....	46
4.5 Antecipação aos Riscos .....	49
4.5.1 Grau de Insalubridade .....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
APÊNDICE .....	58

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES E FIGURAS**

Ilustração 1- Principais Hidrocarbonetos Aromáticos .....	18
Figura 1 – Fatores que Interferem na Saúde do Trabalhador.....	26

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Medidas e Exposição .....	31
Tabela 2 - Atividade de Construção Civil na Unidade de Benzeno EPI's .....	46

**LISTA DE FOTOS**

Foto 1 – Funcionários em Atividades Laborativas em meio ao solo .....	58
Foto 2 - Foto 2 – Funcionário da Petrobrás Realizando Monitoramento .....	58
Foto – 3 Funcionário Usando Equipamentos Adequados .....	59
Foto – 4 Foto 4 - Escavação do Solo .....	59
Foto – 5 Ventilador Usado para Dissipar a concentração na Atmosfera .....	60
Foto 6 - Medição na Zona de Escavação .....	60
Foto 7 - Presença de Vapores Igual ou Maiores que 1 ppm .....	61
Foto 8 - Ajustes e Orientações do Uso de Equipamento .....	61
Foto 9 - Foto 9 - monitoramento de Compostos Orgânicos Voláteis / Benzeno .....	62
Foto 10 - Foto 10 - Monitoramento Ambiental .....	62

## INTRODUÇÃO

O processo de atualização das gestões nos sistemas empresariais, à concentração de operações, a qualidade de vida dentro do trabalho e das organizações, podem ser um mal para os colaboradores e esse estudo refere-se a uma intervenção de obra civil, para a adaptação do sistema de drenagem de equipamentos e águas com óleos, em uma unidade produtora de benzeno, objetivando-se a melhoria das condições laborais dos funcionários envolvidos, respeitando-se o meio ambiente.

Apresenta-se neste estudo alguns dos problemas encontrados e discutem-se as possíveis soluções para a atividade de construção civil, em plantas petroquímicas em plena operação.

Formulou-se o problema a partir de questionamentos como:

- Os colaboradores estão trabalhando em condições higiênicas adequadas à sua saúde?
- Os colaboradores usam equipamentos de proteção individuais?
- As obras civis nas indústrias produtoras de substâncias tóxicas são realizadas dentro das normas de higiene ocupacional e segurança para o trabalhador?

Tem-se como hipótese central na presente pesquisa a observação de colaboradores de uma empresa terceirizada, recebendo assistência e orientações adequadas para realizar uma obra de engenharia civil dentro da Petroquímica.

O objetivo deste estudo é apresentar a possível solução para o principal problema destes trabalhadores da construção civil, neste caso a contaminação ambiental, e, a sua possível exposição ao benzeno, no período da elaboração do sistema de drenagem fechado, dentro de uma planta, produtora de benzeno em plena atividade, com a presença de seus decorrentes riscos inerente ao processo somado aos já pré-existentes, da obra da construção civil, na Refinaria Presidente Bernardes, no Município de Cubatão, no ano de 2007.

A produção de produtos químicos em petroquímicas apresenta riscos decorrentes já previstos ao processo laboral.

Foram deslocados para a reforma do sistema de drenagem na Unidade Produtora de Benzeno, 40 trabalhadores do sexo masculino, entre auxiliares de

apoio operacional, encarregado, pedreiros, carpinteiros e técnico de segurança do trabalho.

Cada vez mais a qualidade e a higiene no trabalho, tema que está conquistando o mundo corporativo, vem se tornando mais consciente sobre a importância de uma força de trabalho saudável e a necessidade de cuidar melhor das pessoas.

Em 2008 muitas empresas estão desenvolvendo ações e investindo recursos, para melhorar a saúde e o bem estar de seus colaboradores. Dentre as várias ações de promoção de higiene e saúde, muitas empresas optam em seguir as legislações normativas vigentes.

No Brasil, já existem várias iniciativas neste sentido e algumas se destacam pela abrangência e sofisticação.

O trabalho está composto de quatro capítulos, sendo que no capítulo de número um escreve-se sobre o benzeno.

No capítulo dois, apresentam-se as formas de contaminação decorrentes da exposição aos produtos químicos na execução dos trabalhos diários.

No capítulo três, abordam-se os perigos e os efeitos da exposição ao benzeno e a necessidade do desenvolvimento de técnicas que minimizem esses efeitos.

No capítulo quatro, demonstra-se o relato do estudo de caso com os resultados obtidos na qualidade do ar e qualidade de vida do colaborador no ambiente de trabalho, seguidos das considerações finais, as bibliografias e o anexo.

## 1. O BENZENO

### 1. Conceito

Segundo Augusto e Novaes (1999), o benzeno é um hidrocarboneto classificado como hidrocarboneto aromático derivado do petróleo, formado com seis átomos de carbono e seis de hidrogênio em forma de anel, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, e, é a base para esta classe de hidrocarbonetos, sendo que todos os aromáticos, possuem um anel benzênico (benzeno), que, por isso, é também chamado de anel aromático.

Na ótica de Pacheco (2005), o termo aromático tem outro significado químico: identifica-o de certos tipos de estruturas, sem levar em conta a presença ou não de odor.

Para ser aromático, o composto deve ser cílico, planar, e deve possuir uma nuvem contínua de elétrons pi deslocalizados e, a nuvem deve conter um número par de pares de elétrons PI. O benzeno é um composto aromático, baseado nos critérios atuais.

O benzeno sob a ótica dos autores Augusto e Novaes (1999), foi usado em vários processos industriais, ao longo da história da indústria. Foi substituído no século XX, por outros compostos químicos, devido a sua intensa toxicidade aos seres vivos.

### 1.2 Fórmula Química e Aparência

O benzeno é um hidrocarboneto que se apresenta em forma de líquido, inflamável, incolor cujo aroma apresenta-se adocicado e agradável. É um composto tóxico, cujos vapores, se inalados, causam tontura, dores de cabeça e até mesmo inconsciência.

Ao ser inalado em pequenas quantidades, segundo informa Pacheco (2005), por longos períodos também causa sérios problemas sanguíneos, como é o caso da doença conhecida como leucopenia.

Segundo , este produto é bastante conhecido por ser carcinogênico. Trata-se de uma substância usada como solvente (de iodo, enxofre, graxas, ceras, etc.) e matéria-prima básica na produção de muitos compostos orgânicos importantes como fenol, anilina, trinitrololueno, plásticos, gasolina, borracha sintética e tintas.

A benzina é uma mistura de hidrocarbonetos obtida principalmente da destilação do petróleo que possui faixa de ebulição próxima ao benzeno.

Quando o benzeno é misturado com tolueno e xileno costuma receber a denominação comercial de Benzol. Não se deve confundir com benzina, que é uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos (pentano, hexano e heptano) com tolueno, xileno e benzeno.

### **1.2.1 Propriedades**

- O benzeno é pouco solúvel em água, mas é miscível com todos os solventes orgânicos;  
Evapora-se a 5.5° C;
- Ponto de ebulição atmosférico: 80.1° C;
- Densidade: 0.88 (a 20° C);

### **1.2.2 Compostos e o Anel Benzênico**

Os compostos e os anéis de benzeno são segundo as informações dos autores Augusto e Novaes (1999, p. 13):

- Hidrocarbonetos aromáticos aqueles que geralmente possuem um ou mais benzenos;
- Os radicais, gerados com a perda de um hidrogênio (desses hidrocarbonetos, podem ser encontrados em vários outros compostos como radicais (fenil, benzil, orto-toluil, meta-toluil, para-toluil, a-naftil, β-naftil.);
- Outros compostos, como os fenóis, oxigenados, são também compostos por benzeno: fenol (hidróxi-benzeno), a-naftol, orto-metil-fenol, etc.

### **1.3 Evolução Histórica do Benzeno**

O benzeno foi descoberto em 1825 por Michael Faraday<sup>1</sup> (1791-1867) no gás de iluminação nas ruas de Londres. O composto benzeno foi isolado pela primeira

---

<sup>1</sup> Faraday é o mesmo cientista que descobriu vários fenômenos elétricos e determinou as leis da eletrólise.

vez em 1825, por seu descobridor. Ele extraiu o composto de um gás obtido do óleo de baleia, que era utilizado para a iluminação pública em Londres.

Devido a sua origem, Pacheco (2005), cita que os químicos da época sugeriram o nome "feno", da palavra grega "phainei" (brilhar). Em muitos compostos, o nome feno continua associado com o anel benzênico, assim como no fenol. 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.

Segundo as informações de Pacheco (2005), somente nove anos depois em 1834, o químico Edilhardt Mitscherlich, conseguiu determinar a fórmula molecular do benzeno como sendo  $C_6H_6$ , chamando-o de composto de benzina, devido a sua relação com o ácido benzóico, (composto conhecido na época). Posteriormente, o nome passou a ser benzeno.

Já na metade do século XIX, alguns cientistas já haviam proposto algumas diferentes fórmulas estruturais, para essa molécula. Porém, nenhuma dessas proposições, conseguia explicar as reações apresentadas pelo benzeno.

Foi, segundo informam Araújo & Freitas (1999), que Friedrich August Kekulé von Stradonitz, mais conhecido por apenas Kekulé (1829 - 1896), em 1865, depois de um sonho, propôs a idéia do anel hexagonal (ilustração 1), completada no ano seguinte com a hipótese da existência de um par de estruturas em equilíbrio, com a alternância de ligações duplas.

No benzeno e em outros compostos similares, a relação H/C é bastante baixa, pois, estes compostos são tipicamente encontrados em óleos produzidos por algumas plantas e vegetais.

Os químicos da antiguidade denominavam estes compostos de "aromáticos", devido ao agradável aroma que, em geral, estas substâncias possuem. Desta forma, eles eram distinguidos dos "alifáticos", compostos onde a relação H/C é bem mais alta, que são obtidos, por exemplo, na degradação química de gorduras.

No passado foi utilizado como solvente em tintas, colas e semelhantes, limpeza a seco, etc. Atendendo aos seus efeitos na saúde, foi substituído por outros produtos, mas não totalmente.

Machado et al (2003), estimam que 50% da exposição do público ao benzeno, venha da fumaça dos cigarros.

E, como o benzeno é adicionado também ao óleo diesel e à gasolina, há um

número elevado de pessoas sendo expostas quando nas ruas, devido à exaustão dos veículos, responsáveis por 20% da emissão do poluente.

As pessoas de um modo geral e os funcionários de forma mais direta, expostos às altas concentrações de benzeno em áreas próximas, àquelas onde há indústrias de pneus, refinarias, plantas químicas, indústrias de calçados, e em locais, onde a gasolina é manuseada de forma rotineira.

O benzeno é produzido naturalmente na natureza além de algumas plantas, por vulcões e queimadas de florestas. É o maior subproduto das indústrias de petróleo e mineração de carvão. Ele está presente em muitas plantas e, nos organismos de alguns animais (segundo Pacheco 2005).

Por ser um líquido, volátil, Machado et al (2003), informam que ele evapora, misturando-se a várias outras substâncias na atmosfera, onde se decompõe com certa facilidade.

Outro agente de mistura é a água, inclusive com certa facilidade, fato este referido por pesquisadores como Machado et al (2003) e, ao penetrar no solo atinge os lençóis freáticos. Assim, pode acabar poluindo águas recolhidas para o consumo humano.

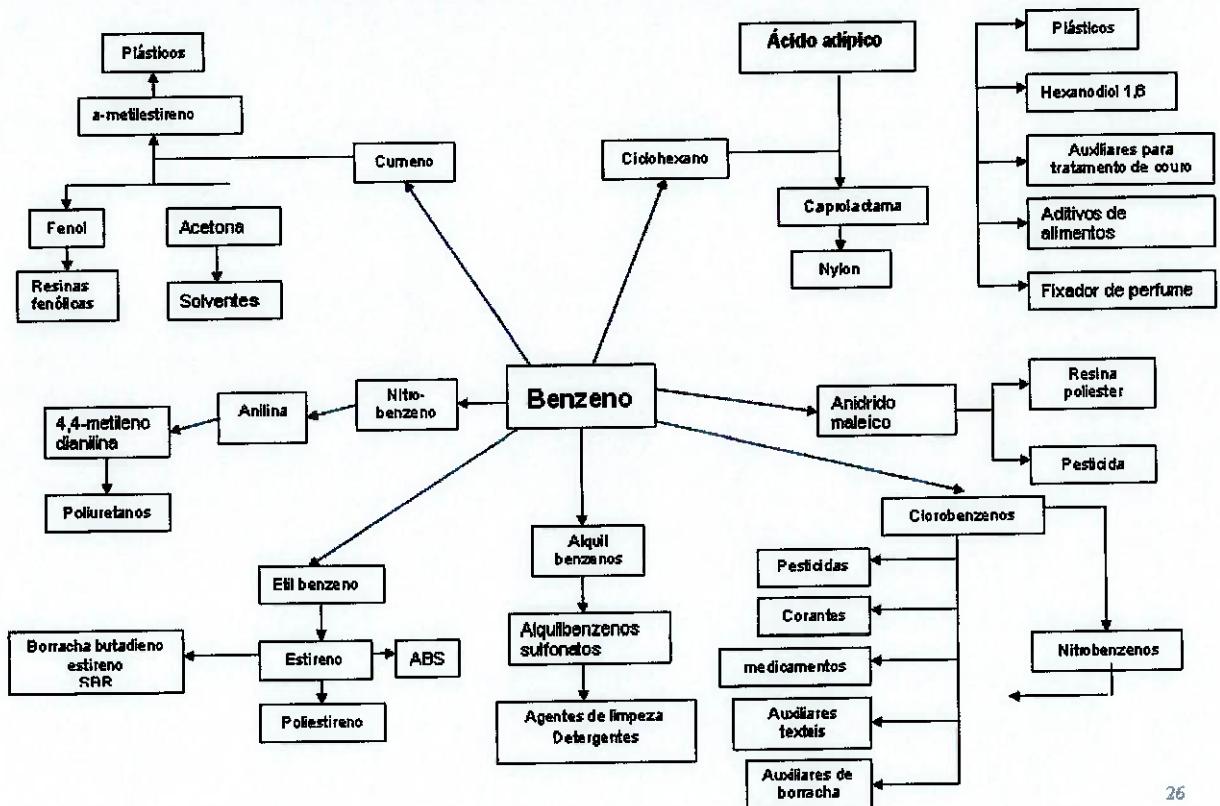
Deste modo e atendendo à sua volatilidade, o benzeno entra em contacto com o homem principalmente através do ar, em ambientes industriais específicos ou na atmosfera urbana, resultante de fugas de combustíveis ou da sua queima incompleta.

#### **1.4 Evolução e Usos no Brasil**

O benzeno é segundo Pacheco (2005), produzido industrialmente à partir da destilação do petróleo em seu estado bruto, a partir da destilação de hulha, produção do coque ou ainda finalmente por síntese química à partir de hidrocarbonetos lineares.

O benzeno é utilizado na indústria para fazer produtos químicos, tais como: resinas, plásticos, espumas, nylon, fibras sintéticas, borrachas, lubrificantes, detergentes, compostos medicinais, pesticidas, colas e tintas.

Produtos obtidos a partir do benzeno – Baseado: Economica Verlag



26

Figura 1 - Produtos obtidos a partir do benzeno

Para Machado, (et al. 2003, p. 16): “O marco inicial de seu controle no Brasil é a resolução interministerial de 1983, na qual os Ministérios da Saúde e do Trabalho e Emprego, em consonância com representações industriais, estabelecem a redução da contaminação pelo benzeno dos produtos acabados em até 1% do seu volume, o que representa a primeira iniciativa vitoriosa de redução significativa na exposição do benzeno no Brasil.”

É segundo informam Miranda et al (2007), portanto largamente explorado na sociedade globalizada atual e, ainda, largamente explorado pela indústria do tabaco.

Ao se rever a experiência brasileira há cerca de vinte anos, na ótica de Machado, (et al. 2003, p. 12) da introdução de restrições ao uso do benzeno e, o controle de seus efeitos no Brasil, destacam os autores, os seguintes períodos de inflexão desse processo que eles denominam de vigilância da exposição ao benzeno no Brasil:

- 1983-1993 - Construindo as Bases de Intervenção;
- 1994-1995 - Negociação do Acordo;
- 1995-2002 - Acompanhamento do Acordo;
- 2003 - Perspectivas, Ação Integrada;

Em um contexto de redemocratização do Estado Brasileiro, Machado, (et al. 2003, p. 17), afirmam que tais ações passam a permitir alianças do poder público com o movimento sindical, colocando a vigilância epidemiológica e os direitos previdenciários, na ordem do dia dos movimentos sociais, ou seja, a luta pela saúde, passou a fazer parte, da agenda sindical e a saúde dos trabalhadores assumiu o papel também de objeto de algumas políticas públicas.

#### **1.4.1 Riscos à Saúde**

Os vapores de benzeno são na visão dos pesquisadores Miranda et al (2007), além de tóxico é ainda, altamente explosivo. Na forma líquida o benzeno é altamente inflamável. A chama do benzeno puro produz fumaça, devido ao seu alto teor de carbono.

E, nesse sentido escreve Machado (et al, 2003, p. 18) “a estimativa de casos de leucemia por benzenismo revelam o impacto social potencial dos casos com alterações hematológicas afastados das atividades em situação de exposição a agentes mielotóxicos”.

E, seguem os autores Machado et al, 2003, p. (19) que:

“O Estudo de caso Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), realizado pela Fundacentro e pela Delegacia Regional do Trabalho DRT-SP, em conjunto com o Sindicato de Metalúrgicos da Baixada Santista e o Ministério Público, apresentou na análise da série histórica dos hemogramas dos leucopênicos da Cosipa uma incidência de 46,95% de alterações hematológicas em cinco anos de acompanhamento de 328 trabalhadores.”

Segundo Pacheco (2005), a intoxicação pelo benzeno ou o benzenismo é o conjunto de manifestações clínicas, ou de sinais laboratoriais compatíveis com os

efeitos da exposição ao benzeno em trabalhadores de empresas que o produzem, transformam, distribuem, manuseiem ou consumam.

## 2. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS E OS DANOS À SAÚDE

As substâncias químicas podem provocar vários tipos de danos à saúde, mas a primeira condição para que elas provoquem algum dano é que entrem em contato ou penetrem no nosso corpo.

No trabalho, Pacheco (2005), informa que, com mais freqüência a substância penetra no corpo é pela via respiratória, daí a necessidade de proteção.



Foto 1 – Utilização de Proteção Respiratória.

Durante a respiração o ar entra pelo nariz e junto com ele podem vir às várias substâncias químicas presentes no ambiente. Os danos que as substâncias poderão causar vão depender do tipo de substância que se está respirando naquele momento e do tempo de exposição.

Algumas substâncias, segundo as informações de Pacheco (2005), poderão provocar irritação logo no nariz e na garganta, outros provocam dor e pressão no peito e outras podem ir até o pulmão. Estas substâncias que chegam no pulmão, podem causar problemas no local de permanência e provocar doenças pulmonares graves.

Muitas substâncias que vão até o pulmão, podem ou não provocar algum problema, também podem passar para o sangue e serem levadas para outras partes do corpo. O benzeno, por exemplo, Miranda et al (2007), quando é respirado, chega até o pulmão, passa para o sangue que carrega este produto químico até a nossa medula óssea, lugar onde nosso sangue é produzido.

Pode provocar vários tipos de danos. Na pele, o produto também pode dar problemas. Ele poderá agir de duas formas: direto na pele ou penetrando nela.

Se a substância for corrosiva, conforme Pacheco (2005), ela pode provocar queimadura direto na pele. Algumas substâncias também podem provocar reação alérgica e a pele apresentar ferimentos ou inchaço. Segundo Knoplich (2008), muitas substâncias químicas, possuem a capacidade de penetrar na pele. Neste caso esta substância química entra na corrente sanguínea e o sangue a leva, para outras partes do corpo do mesmo jeito que na respiração.

Neste caso, o dano vai depender do tipo de substância. Algumas, como o benzeno, provocam dano no sistema produtor do sangue. Outras provocam problemas nos rins, fígado, coração, ou em outra parte do corpo. Como nossa pele é razoavelmente resistente, a quantidade de substância que penetra pela pele é menor em geral do que a que penetra pela respiração.

<b>Escroto</b>	<b>Absorve 300 vezes mais do que os bebês</b>
<b>Testa e couro cabeludo</b>	<b>34 vezes maior</b>
<b>Costas e antebraço</b>	<b>10 vezes maior</b>
<b>Palma das mãos e tornozelo</b>	<b>5 vezes maior</b>

**Figura 1 – Taxa de absorção do benzeno via cutânea**

Absorção pela pele de algumas substâncias exerce ação irritante ou corrosiva, quando caem nos olhos podem provocar cegueira.

A substância tóxica segundo Miranda et al (2007), também pode penetrar no corpo pela forma digestiva isto é, pela boca. Em geral isto ocorre accidentalmente, por contaminação quando se tem o hábito de comer, beber ou fumar no ambiente de trabalho, ou devido a formas inadequadas de trabalho, como a prática que ainda se vê em alguns laboratórios onde o trabalhador faz transferência de líquidos sifonando-os (chupando-os) com a boca. Outra forma ainda consiste no simples fato da respiração, onde as gotículas, por falta de proteção das vias aéreas, atingem a laringe e são “engolidas” atingindo o sistema digestivo.

Algumas substâncias podem provocar queimadura ou irritação já na boca, ou no caminho entre a boca e o estômago, conforme Pacheco (2005). Algumas não provocam estes tipos de problemas nestes locais, mas vão ser levadas, pelo sangue, para outras partes do corpo.

Por isso que depois de ingerirmos bebida alcoólica, após algum tempo, ela é absorvida, o sangue carrega o álcool até o nosso sistema nervoso e ficamos com os sintomas de bebedeira: tontura, euforia, mudança de personalidade e muitas vezes uma grande dor de cabeça.

## 2.1 Como Podem Afetar

A ação da substância no corpo, segundo Miranda et al (2007), vai depender muito das suas características químicas. Se a substância for, por exemplo, um ácido forte, como os ácidos usados para limpar restos de cimento quando se faz uma aplicação de cerâmica no chão, pode ocorrer queimaduras na pele, se o ácido cair na mão ou outra parte do corpo, ou queimaduras no nariz, até na garganta, ao respirar-se o gás que sai do frasco.

Quando se usa produto químico como solvente que tem um cheiro forte, ao se respirar este vapor que sai da tinta, pode-se sentir dor de cabeça, tontura, enjôo, pode-se sentir dificuldade para dormir, fraqueza, e com o tempo pode-se ter perda de memória e outros sintomas que podem ser relacionadas à exposição ao solvente.

Existem algumas doenças devido ao trabalho, sob a ótica de Machado et al (2003), que devido ao descuido com o produto químico, às vezes, só aparecem

depois de muitos anos de exposição no trabalho. Nestes casos podem aparecer problemas na pele, no estômago, rins, fígado e no sangue.

Alguns destes problemas, quando descobertos pelos médicos em tempo, podem ser curados, às vezes, com medicamentos, e outras com simples afastamento do trabalhador do contato com a substância.

Mas, para Pacheco (2005), mesmo no caso das doenças que podem ser curadas com medicamento, é necessário que o trabalhador não fique mais em ambiente contaminado porque senão, ele ficará novamente doente, normalmente mais rapidamente do que na primeira vez.

Knoplich (2008), refere que às vezes, podem aparecer doenças graves como o câncer, que nem sempre tem cura. Nem sempre é fácil para o médico, descobrir que uma doença é relacionada ao trabalho com um produto químico. Isto porque o que o trabalhador sente são dores e queixas que podem ter outras causas e podem atrapalhar o médico na elaboração do nexo causal.

## 2.2 Fatores que Contribuem para o Risco

Muitas vezes, porém, no lugar que se trabalha com um tipo de substância química existem muitos trabalhadores doentes ou pelo menos com queixas devido ao ambiente de trabalho enquanto que em outra empresa que usa o mesmo produto, todos os trabalhadores estão saudáveis e em outras ainda existem poucos deles com alguma reclamação.



Fonte - Adaptado INSHT/1989

**Figura 1 – Fatores que Interferem na Saúde do Trabalhador**

Isto ocorre segundo Miranda et al (2007), por que o risco de se ter um dano trabalhando com produto químico, depende de vários fatores, chamados de fatores de risco.

A figura 1 representa alguns dos diferentes tipos de fatores que atuam sobre o trabalhador, e que podem produzir desde dano leve, ou que não possamos perceber, até a morte.

### **2.3 Fatores Ambientais**

Os fatores ambientais são, segundo Machado et al (2003), aqueles que estão presentes no ambiente de trabalho, incluindo aqui os produtos químicos.

#### **2.3.1 Produto Químico**

O tipo de dano que pode ocorrer depende em primeiro lugar do tipo de substância com a qual estamos lidando.

Algumas substâncias tóxicas, segundo Machado et al (2003), poderão provocar queimaduras, outras irritações, asfixias, problemas na pele, tonturas, problemas em várias outras partes do corpo, que poderão provocar doenças facilmente curáveis até outras mais graves como o câncer, silicose, asbestose e que podem levar à morte.

Outras substâncias podem até provocar algum dano à saúde como estes e, além disso, causar incêndios ou explosões.

Machado et al (2003), refere que elas podem provocar efeitos em curto prazo, isto é, logo que elas penetram o nosso corpo ou caem sobre nossa pele elas já provocam danos. Apresentam efeitos retardados, isto é, os danos só começam a aparecer após alguns anos de trabalho, ou mesmo após a aposentadoria.

É o caso de grande parte dos casos de câncer. O câncer que é provocado pelo amianto, segundo Pacheco (2005), por exemplo, pode aparecer de 15 até 40 anos após a exposição. Algumas possuem efeitos locais, são as que provocam problemas na pele ou no pulmão, por exemplo. Outras vão provocar problemas em alguma parte dentro de nosso corpo.

São chamados de efeitos sistêmicos, por Miranda et al (2007), isto é, efeitos que vão aparecer em algum sistema do organismo: sistema respiratório, sistema digestivo ou outro.

Machado et al (2003), referem que algumas causam intoxicação aguda, isto é, nós começamos a sentir os danos assim que o produto penetra no corpo. Este tipo de intoxicação ocorre, por exemplo, quando entramos em um local fechado, como uma garagem, onde um carro ficou funcionando algum tempo. Nesta situação sai do escapamento um gás chamado monóxido de carbono, que é muito tóxico.

Alguns poucos minutos neste ambiente podem provocar desmaio e até a morte. Outras intoxicações são chamadas de intoxicação crônica, isto é, os sintomas não aparecem rapidamente, podem demorar até anos para aparecer. Normalmente começam com sintomas leves, e que podem ir aumentando com o tempo.

É o caso dos trabalhadores que trabalham em fábricas de recuperação de baterias de chumbo, conforme as colocações de Machado et al (2003).

Os danos maiores à saúde do trabalhador exposto aparecem após algum tempo, segundo Pacheco (2005), e em geral são queixas de leves dores no estômago ou outras queixas e que vão piorando com o tempo, podendo até se tornar muito graves, se o trabalhador não é diagnosticado.

Pode chegar a provocar danos que deixam o trabalhador sem possibilidade de cura. O esforço físico exercido durante o trabalho, também poderá aumentar a probabilidade do trabalhador apresentar algum dano. Isto porque quando fazemos um trabalho leve nós respiramos muito mais devagar do que quando o trabalho é pesado.

Neste caso se houver alguma contaminação no ar, estaremos respirando muito mais dela quando o trabalho é pesado do que quando ele é leve.

### **2.3.2 Agentes Ambientais**

Algumas substâncias químicas, segundo Miranda et al (2007), possuem a capacidade, de provocar problemas com a audição humana.

Se elas estiverem no mesmo ambiente com o ruído poderemos ficar surdos mais facilmente. Este tipo de situação ocorre em várias empresas gráficas, onde as máquinas são muito barulhentas e, além disso, usam algumas tintas na impressão, que são a base de solvente, como o tolueno.

Segundo Knoplich (2008), pesquisadores descobriram que os trabalhadores destas empresas apresentam perda de audição maior do que os que trabalham em empresas com o mesmo barulho, mas que não usam produtos contendo solvente.

Ambientes quentes em geral, atividades com aparelhos que provocam vibração, presença de agentes ou fontes contaminantes sem a proteção adequadas também podem facilitar o aparecimento dos danos devido presença de produtos químicos.

Com relação à temperatura elevada, a primeira influência é devido ao fato que esta situação favorece a maior volatilização de muitas substâncias, o que facilita a exposição do trabalhador a maiores quantidades de produto.

Algumas pesquisas citadas por Knoplich (2008), também mostraram que ocorre maior número de casos de doenças nos pulmões entre mineiros de carvão que trabalhavam em minas mais profundas, com temperaturas mais elevadas, do que no conjunto da mineração de carvão.

A exposição combinada de vibração e produtos químicos podem ocorrer, segundo Miranda et al (2007), em diversas atividades, como no caso de trabalhadores que operam compressores em locais como buracos ou valas abaixo do solo.

### **3. A EXPOSIÇÃO LABORAL AO BENZENO**

#### **3.1 Efeitos da Exposição do Benzeno e os Efeitos Sobre a Saúde Humana;**

O benzeno perceptível a concentrações da ordem de 12 partes por milhão (ppm).

É um agente tóxico que pode ser absorvido por via oral, cutâneo ou por inalação. A dose tóxica para o homem é de 12 a 15 ml/70kg. Primeiramente atua sobre o sistema nervoso central causando embriaguez e narcose. A intoxicação por via oral produz irritação gástrica com vômitos e náuseas.

Segundo as informações de Miranda et al (2007), podem aparecer problemas de saúde vinculados à: incoordenação muscular, transtorno de visão, delírio e até mesmo as convulsões.

Quando em contato com o sangue, ele produz síndrome anêmico-hemorrágico e neutropenia. Na intoxicação crônica há predomínio hemático, causando leucopenia, anemia aplástica e leucemia.

Para Pacheco (2005), o miocárdio sofre alterações por ação direta e se observa pulso rápido, hipotenso e irregular.

Em altas doses o benzeno poderá provocar dilatação da pupila, anestesia profunda e levar a pessoa (especialmente o trabalhador) à óbito. Ainda nas intoxicações crônicas, pode se notar dispnéia, hemorragias cutâneas, viscerais, ao nível das mucosas. Em altas doses na evolução é fatal.

Os efeitos do benzeno são segundo Machado et al (2003), de grande agressividade à medula óssea humana, o que implica, nas já aqui citadas perturbações graves, da fórmula sanguínea (anemia e/ou leucopenia e/ou trombocitopenia e/ou pancitopenia).

Quando absorvido pelas vias respiratórias e cutâneas, Pacheco (2005) informa que ele distribui-se rapidamente pelos tecidos, e atingindo suas maiores concentrações nos tecidos com alto teor de gorduras lipídeas.

Machado et al (2003), informam que aproximadamente 30% do benzeno são eliminados em alternações, através da via respiratória, uma parte (não significativa) pelas fezes, bile e suor e o restante se oxida junto aos fenóis e aos polifenois (pirocatecol e hidroquinol),

Este produto é excretado pelo organismo humano, como produto de união aos sulfatos (sulfo-conjugados) e com ácido glicurônico (glicorunídeo), através da urina.

Segundo Machado et al (2003), a taxa de fenóis urinários com valores iguais a 30 mg/l é considerada normal (em operários que manuseiam com produto de origem petrolífera aparece até 200ml). Parte do Benzeno se conjuga normalmente principalmente com ácido glicurônico.

Segundo informações de Machado et al (2003), quase 5% do Benzeno absorvido pelo corpo humano, permanecem nele, por aproximadamente um período maior que 48 horas em forma de seus metabólitos.

ppm	Tempo de exposição	Conseqüência
25	8 horas	Nenhuma
50-100	6 horas	Sonolência, dor de cabeça
500	1 hora	Irritação de brônquios e laringe, tosse, rouquidão e edema pulmonar
7000	1/2 hora	Depressão do Sistema Nervoso Central, convulsão, coma, possibilidade de morte
20.000	5 minutos	Morte

Fonte: American Petroleum Institute.

**Tabela 1 – Respostas do organismo a diferentes concentrações de benzeno, em função do tempo de exposição**

Segundo Augusto (1998), os mais importantes são o hidroquinol e pirocatecol (tem afinidade com a medula óssea, podendo aí se fixar).

Novamente Augusto (1998), explica que poderá ocorrer ainda, a formação de dois metabólicos de menor importância. Por oxidação mais profunda, com abertura do anel benzênico, produz o ácido mucônico.

Pode-se também o benzeno condensar-se com a cistina, com aceitação do grupo NH<sub>2</sub> desta, produzindo o ácido 1 - fenil mercaptúrico. Além disso o ácido trans-transmucônico pode decompor-se em CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

É depressor do Sistema Nervoso Central, causando fadiga, dores de cabeça, tontura, convulsão, coma e morte, dependendo da concentração:

Na forma de líquido o benzeno é absorvido pela pele, fato este citado por Augusto (1998), provocando dermatite de contato. Por ser um forte solvente, provoca bolhas na pele, devido à dissolução de gorduras.

Machado et al (2003), referem que graves casos clínicos, decorrentes da exposição ocupacional ao benzeno, são indicações particulares de um universo de riscos muito amplo e complexo, que surge como conseqüência da produção e

formas de utilização desse produto no país.

### **3.2 Exposição Ocupacional a Cancerígenos**

O termo "exposição" segundo as afirmações de Augusto (1998) denota o contato com qualquer produto considerado relevante e interferidor na saúde de um ou mais indivíduos.

Estas exposições podem ser causadas por fatores ambientais, biológicos ou relacionados à situação sócio-econômica, atuando isoladamente ou em interação com fatores genéticos. São situações nas quais os indivíduos estão expostos à determinada substância, mistura de substâncias, ou a processo de trabalho, que aumentam o risco de incidência de neoplasias malignas.

O tempo é segundo Machado et al (2003), um importante aliado tanto para a medida e determinação do grau de exposição, quanto a sua duração são importantíssimos para se identificar e diagnosticar a latência e a dose acumulada no organismo humano.

Devido às mudanças que ocorrem nos processos de produção e nas medidas de proteção aos funcionários expostos ao Benzeno, podem ocorrer situações que se denominam como "*janelas críticas de tempo*" caracterizadas por exposições importantes.

Sob a ótica de Machado et al (2003), as peculiaridades da exposição ocupacional a cancerígenos relacionam-se à submissão compulsória ou inadvertida à exposição, ao desconhecimento dos riscos à saúde decorrentes da exposição pelos trabalhadores e, finalmente, à necessidade de informações adicionais, tanto de ordem ocupacional como extra-ocupacional.

A justaposição de informações sobre exposições a cancerígenos ocupacionais com aquelas relacionadas aos hábitos pessoais, como tabagismo e ingestão de álcool, bem como características individuais, a exemplo de fatores como: idade, sexo a forma de exposição, permitem que estas interações sejam analisadas.

A importância da medição do grau de exposição ocupacional a cancerígenos na ótica de pesquisadores como Machado et al (2003), aumenta com a crescente banalização do contato com produtos químicos na atualidade, tanto no próprio ambiente de trabalho como no ambiente do lar, podem ocorrer a exposição, sem

mesmo que as pessoas estejam informadas, sobre os seus perigos potenciais e possíveis danos que ocasionam.

Em alguns ramos industriais, não é possível, mesmo com a tecnologia atual, isolar-se as substâncias presentes em misturas nas várias fases da produção ou geradas em alguma etapa específica do seu processo produtivo. Nestes casos, considera-se haver exposição a misturas químicas complexas e todo processo industrial é, então, considerado como de potencial cancerígeno.

A IARC (International Agency for Research on Cancer) indica haver excesso de risco para câncer em trabalhos na indústria de alumínio; móveis e marcenaria; tratamento do couro, fabricação e reparo de calçados e artefatos de couro; na gaseificação do carvão e produção de coque; na mineração de hematita; na fundição de ferro e aço; na produção de álcool isopropílico, auramina e magenta; na indústria da borracha e nas indústrias que utilizam misturas de ácidos inorgânicos fortes.

Nas últimas décadas, o aumento do número de trabalhadores vinculados a diversas formas de contrato de trabalho, como os terceirizados ou os contratados por tarefa, tem resultado na precarização das exposições a cancerígenos e nas condições de proteção ao trabalhador, adicionando obstáculos para a investigação retrospectiva da exposição.

### **3.3 Exposição Aguda ao Benzeno**

O benzeno é altamente volátil. Sendo lipossolúvel, é rapidamente absorvido pelas vias respiratórias ao ser inalado.

Devido a sua grande afinidade por gordura Machado et al (2003), refere que é distribuído e armazenado em tecidos ricos em gorduras como o sistema nervoso central e medula óssea.

As medidas da exposição aos agentes cancerígenos nos ambiente laborais, são uma tarefa complexa, devido à configuração de situações em vários setores ambientais e de múltiplas exposições, como aqui já citado.

Por outro lado, Augusto (1998), explica que o câncer é uma doença com períodos de latência, assim, a sua avaliação retrospectiva, no sentido de se agregar e determinar a exposição, que, requer alguns instrumentos que recuperem informações, sobre as experiências anteriores do indivíduo, para o diagnóstico seguro da doença.

Cerca de 50% do total de benzeno inalado são absorvidos pelo metabolismo humano, segundo as informações de Machado et al (2003).

Silva et al (2007), em estudos no Paraná, reportam que do total absorvido de benzeno pelo organismo humano, 10 a 50% são eliminados pela urina, após biotransformação em maior proporção no fígado, em metabólitos solúveis em água como fenol (30%), hidroquinona (1%) e catecol (3%), que são conjugados com a glicina e o ácido glucurônico.

A eliminação do benzeno inalterado no ar exalado tem três fases, segundo informa Knoplich (2008, p. 03):

- 1<sup>a</sup> Fase: muito rápida, que ocorre 2 a 3 horas após a exposição do trabalhador ao benzeno; provém da fração de benzeno dissolvida no sangue.
- 2<sup>a</sup> Fase: intermediária, no período de 3 a 7 horas após a exposição ao ser humano ao benzeno; o benzeno provém dos demais tecidos, exceto o gorduroso.
- 3<sup>a</sup> Fase: lenta, no período de 30 horas após a exposição; o benzeno se instala no tecido gorduroso.

O efeito agudo, segundo informações de Augusto e Novaes (1999), na via respiratória é irritação de brônquios e laringe, surgindo tosse, rouquidão e edema pulmonar. Porém, o benzeno atua predominantemente sobre o sistema nervoso central como depressor, levando ao aparecimento de fadiga, dor de cabeça, tontura, convulsão, coma e morte em consequência de parada respiratória.

O benzeno predispõe a arritmias cardíacas graves, como a fibrilação ventricular, devido à sensibilização do miocárdio. E segundo as informações de Augusto et al (1999), quando a exposição é à altas concentrações do produto que podem atingir 20.000 ppm, ela é fatal (Tabela 1) de forma muito rápida.

O benzeno na forma líquida segundo Augusto et al (1999), poderá ser inclusive absorvido pela pele dos trabalhadores, onde poderá provocar inicialmente vários efeitos irritantes, a exemplo de dermatites de contato, eritema (áreas avermelhadas) e/ou bolhas, pelo efeito desengordurante do produto.

Fiserova-Bergerova (1993) estima a taxa de absorção cutânea na faixa de 0,2 a 0,7mg/cm<sup>2</sup>/h, Marco Antonio Ferreira da Costa et all (2001).

Informam Silva et al (2007), que o benzeno em contato com os olhos, provoca sensação de queimação, e produz a lesão das células epiteliais do olho humano.

### **3.4 Exposição Crônica ao Benzeno**

A intoxicação crônica por benzeno, sob a ótica de pesquisadores Miranda et al (2007), possui efeitos hepatotóxicos, pode produzir toxicidade na medula óssea e traduzir-se em anemia aplástica e leucemia aguda.

As alterações e algumas aberrações nos cromossomos foram constatadas em seres humanos e em animais após exposição ao benzeno, tanto nas células da medula óssea como nos linfócitos periféricos, da corrente sanguínea.

Estas doenças encontradas no sangue são, segundo os autores Miranda et al (2007), decorrentes da exposição crônica ao benzeno, cuja atribuição deve-se aos seus metabólitos.

Através das reações de oxidação, Machado et al (2003), explica ser esta a principal via metabólica da biotransformação do benzeno, forma-se o benzeno epóxido, que é uma substância altamente reativa e cuja atuação sobre ácidos nucléicos de células da própria medula óssea explicaria a sua toxicidade.

Finalmente, Knoplich (2008), explica que se deve considerar que as medidas de exposição nos ambientes de trabalho, resultam em valores éticos e pontuais, pois a realidade da exposição ocupacional ao benzeno relaciona-se ao tipo de produção, à tecnologia empregada, à gerência de risco e à organização do trabalho, condições que, isoladamente ou em conjunto, geram fontes complexas e dinâmicas de exposição.

### **3.5 Benzenismo**

Benzenismo é a doença causada por intoxicação pelo benzeno, caracterizada por alterações neurocomportamentais na exposição aguda e alterações hematológicas se resultar de exposição crônica. Foi também chamada de benzolismo devido aos primeiros estudos que relacionava a doença com o benzol (mistura de hidrocarbonetos aromáticos que tem o benzeno a 75%).

Até a década de 70, Knoplich (2008), informa que o risco da exposição ao benzeno, não era tratado com a gravidade que deste agente químico provoca. E, em esfera estadual, de funcionários interessados, ou mesmo das organizações sindicais. Ou seja, seus efeitos tóxicos eram totalmente desconhecidos e ignorados

apesar da existência, desde o ano de 1932, de uma portaria que proibia a mulher de ser exposta no trabalho ao benzeno.

Tornou-se desde esta época, segundo Silva et al (2007), ao trabalhador exposto um adicional de salário, por insalubridade estabelecido em 1939, para esse agente e da regulamentação de 1943 que proibia este trabalho aos menores, essa legislação era praticamente ignorada.

Segundo informa Gopen (2008), após os anos 70, alguns profissionais da área de saúde do trabalhador iniciam, por todo o país, vários estudos e passam a elaborar palestras e cursos, de alertas para os perigos do uso indiscriminado do benzeno no mercado, especialmente junto aos compostos de solventes.

No ano de 1978 são introduzidas medidas numéricas acerca dos limites de tolerância no Brasil, regulamentados pela Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho.

Miranda et al (2007), explicam que esta portaria, mesmo não fazendo uma referência muito explicativa acerca do controle ambiental, conseguiu trazer e definir limites sobre a exposição ao benzeno e de outras substâncias químicas tóxicas, criando, portanto, a situação legalmente restritiva para exposições ambientais descontroladas.

Como pano de fundo desta Portaria verificava-se o início de mobilização dos trabalhadores por melhores condições de trabalho.

Em 1981, a FUNDACENTRO desenvolveu projeto para análise de benzeno em solventes e produtos acabados, fornecendo subsídios para publicação, no ano seguinte, da Portaria Interministerial nº 03 (MTB e Ministério da Saúde), que determina o valor de 1% como limite máximo da contaminação de benzeno em produtos. No ano de 1983, a secretaria de Estado das Relações do Trabalho de São Paulo, promove um programa de fiscalização da referida Portaria e dos principais grupos de risco identificados na época.

Em 1983, o Sindicato dos trabalhadores Metalúrgicos de Santos - SP fez a denúncia da ocorrência de vários casos de leucopenia na região da baixada santista, por exposição ao benzeno especialmente se referindo aos trabalhadores da Companhia Siderúrgica Paulista –COSIPA- localizada no Município de Cubatão, S/P.

No ano seguinte, (1983) segundo as informações de Augusto et al (1999), o Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil, localizado no Município de Santos, comprovou a ocorrência de intoxicação nos trabalhadores empregados na manutenção e montagem industrial.

As denúncias assumiram repercussão nacional, que na visão de Gopen (2008), deram origem ao afastamento de aproximadamente 2000 funcionários no Município de Cubatão, entre os anos 1983 e 1992, levando-se aos responsáveis da época pela Secretaria de Saúde de São Paulo - SEP/SP, a incluir algumas alterações de origem hematológicas, devido a decorrência da exposição ao benzeno, junto ao sistema de vigilância epidemiológica da região litorânea e de todo o interior do Estado de São Paulo, especialmente no Município de Cubatão onde se verificou a maior incidência.

Em 1985, o Sindicato dos Trabalhadores das Indústrias Metalúrgicas de Volta Redondas, RJ denunciam a existência de mais de quarenta funcionários apresentando leucopenia, dos funcionários da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN - e, em 1986 o Sindicato dos trabalhadores nas indústrias Químicas de Santo André em São Paulo, detecta a existência de mais de cinqüenta casos da mesma doença nos trabalhadores da fábrica e indústria Química Matarazzo localizada no Município de São Caetano do Sul S/P, provocando a interdição desta fábrica pela Delegacia Regional do Trabalho de São Paulo (DRT - SO), no mesmo ano.

Segundo Gopen (2008), no mesmo ano, instalou-se uma comissão Interestadual, coordenada pela DRT/SP, para avaliar e exigir as medidas de controle de exposição ocupacional ao benzeno na área da COSIPA.

Miranda et al (2007), referem-se que pouco tempo depois, teve início um programa de Controle Interlaboratorial de Qualidade da Análise do Fenol Urinário, cuja promoção recaiu na FUNDACENTRO, com o objetivo de aumentar a confiabilidade da análise deste indicador biológico de exposição ao benzeno, que era, então, o principal parâmetro utilizado.

A Regional de São Paulo do Instituto Nacional de Assistência Médica da Previdência Social - INANPS - observa o elevado número de trabalhadores afastados e devido a esta constatação, publica uma Circular 297/86, que normatiza os critérios para o diagnóstico seguro dos trabalhadores doentes com leucopenia através da exposição ao Benzeno, restrita especialmente ao Município de Cubatão.

A Circular 297/86 tornou-se segundo Knoplich (2008), mais abrangente no ano seguinte, pelo mesmo Instituto Nacional de Previdência Social (INPS), passando a ser válida para todo o Estado de São Paulo, com a inclusão dos procedimentos adequados para a reabilitação dos profissionais acometidos pela doença, através da Circular 03/87

Augusto et al (1999), referem que no ano de 1990, a Nitrocarbono S.A, uma empresa processadora de benzeno no Pólo Petroquímico de Camaçari, foi interditada pela DRT-BA, em decorrência de dois óbitos por benzenismo, desencadeando um processo de empresas, desenvolvido inicialmente pela DR-BA, FUNDACENTRO -BA e Secretaria de Saúde do Estado da Bahia (SESAB).

Gopen (2008) refere que nos anos 80, enfatizou-se o processo de informação dos trabalhadores e de gestores da indústria acerca dos riscos e dos métodos de controle e prevenção à exposição ao benzeno, concentrando-se sempre maiores cuidados com os trabalhadores.

Os sindicatos promovem eventos contra a pouca segurança aos trabalhadores em exposição ao benzeno, como os encontros nacionais dos trabalhadores em Volta Redonda - RJ (1987), em Ouro Branco - MG (1988) e em Vitória-ES (1989 e 1992), além de divulgarem matérias sobre a questão em seus informativos.

Ocorrem duas campanhas, de abrangências nacionais promovidas pela representação dos trabalhadores inicialmente desencadeada após o Seminário "Leucopenia: Morte Lenta", promovida pelo DIESAT (Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho) no ano de 1988, no Município de São Paulo, onde participaram mais de vinte sindicatos.

A outra campanha citada pelos autores Augusto et al (1999), foi denominada "Operação Caça Benzeno", iniciada no ano de 1991. Teria sido segundo estes autores, coordenada pelo Instituto Nacional de Saúde no Trabalho (INST) pertencente à Central Única dos Trabalhadores (CUT), do Estado de São Paulo, envolvendo alguns sindicatos de diversas categorias nos vários estados do país.

Estas campanhas fizeram uso de alguns materiais de divulgação e foi incluído um áudio-visual específico, tendo atingido assim, uma parcela significativa dos trabalhadores expostos ao benzeno no nível nacional.

Outros eventos seguem-se a estas duas campanhas, vale lembrar o "Seminário sobre Toxicologia do Benzeno: Riscos e Meios de Controle", o "Simpósio de Leucopenia" no ano de 1987, cujas conclusões reafirmaram o caráter carcinogênico e os efeitos hematológicos da exposição do benzeno e recomendaram a extensão da circular 03 do INPS a nível nacional.

Segundo Silva (2006), o Ministério da Saúde implantou em 1980 o Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas - SINITOX, vinculado à Fundação

Oswaldo Cruz, como um sistema de informação de abrangência nacional. Entre as finalidades deste Serviço destacam-se a assessoria no fornecimento de informações, divulgação e notificação dos casos de exposição e/ou intoxicação pelos vários agentes tóxicos presentes em nosso meio ambiental e a consolidação dos dados de ocorrência de intoxicações em nível nacional.

O SINITOX é composto por vários Centros de Assistência Toxicológica, que tem a função de assessorar os serviços de saúde na identificação e no tratamento dos casos de intoxicações, através de orientações para diagnósticos e tratamentos precisos e suporte laboratorial adequado.

Miranda et al (2007) referem que no ano de 1996, o Brasil contava com uma rede de 30 Centros em atividade, localizados em 16 Estados, que integravam a rede nacional. Na Região Sudeste do País, ficam concentrados nos grandes Centros urbanos (46,7%), devido à alta concentração populacional e às atividades econômicas desenvolvidas nos setores industrial, comercial e agropecuário nesta Região.

O "Seminário Nacional sobre Exposição ao Benzeno" promovido pela FUNDACENTRO, em 1988, onde foi apresentada uma proposta para organização de estruturas de controle da exposição ao benzeno, com competências e responsabilidades (FUNDACENTRO/1988).

Nos primeiros anos de 1990 destacaram-se ações de caráter interinstitucional que ocorreram em diversos estados brasileiros (SP, MG, BA, RS e ES), objetivando normatizar, no nível regional, critérios de diagnóstico, tratamento, afastamento e medidas de controle da exposição. Mais recentemente foi realizado o "I Seminário Nacional de Exposição Ocupacional ao Benzeno e outros mielotóxicos", em Belo Horizonte - MG.

Estas ações culminaram segundo informam Miranda et al (2007), com a publicação da "Norma Técnica sobre Intoxicação Ocupacional decorrente da Exposição ao Benzeno", em 1983, pelo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS).

No setor patronal, Augusto (1998) explica que as medidas de controles médico e ambiental de exposição ao benzeno estão sendo de forma sistemática e contínua implantadas, após ações, desenvolvidas pelas entidades representativas das classes trabalhadoras.

Da mesma forma, Augusto et al (1999), referem que os materiais informativos produzidos pelas empresas que manipulam o benzeno, foram destinados a seus

próprios trabalhadores e, freqüentemente, reativas aqueles de conscientização produzidos pelo movimento sindical.

Para a comunidade técnica ligada à área, além de cursos, seminários e congressos promovidos por instituições de saúde e segurança, citam-se entre as mais recentes produções científicas as teses realizadas na UNICAMP.

No momento atual, segundo os relatos pesquisados por Miranda et al (2007), atualmente, desenvolvem-se ações dentro das universidades, dentro de várias organizações sindicais e trabalhistas, nas instituições técnicas e várias governamentais, inclusive financiadas pelo Poder Público.

Vale a pena ressaltar-se segundo as informações de Silva (2006), o papel do Ministério Público em ações civis públicas e mesmo criminais contra algumas empresas, devido a ações que contaminam o meio ambiente ou mesmo pela responsabilidade de mortes de trabalhadores, expostos ao benzeno.

#### **4. ESTUDO DE CASO**

Este capítulo apresenta, de forma detalhada, os procedimentos metodológicos adotados, os recursos empregados, o local do levantamento de dados e informações cujos interesses são pertinentes ao estudo acerca da obra realizada dentro das normas de higiene, cuidando e preservando a saúde do trabalhador, durante as obras de construção.

Utilizou-se a Instrução Normativa nº 1, de 20/12/95 dispõe sobre a Avaliação das Concentrações de Benzeno em Ambiente de Trabalho.

O manuseio dos equipamentos usados durante a construção civil foram realizados com equipamentos de proteção individual (EPI's), por todos os funcionários, botas de segurança, óculos de segurança, capacete, protetor auricular, calça e camisa de manga comprida de brim são equipamentos de uso permanente. A proteção respiratória esteve presente todo o tempo, de forma preventiva ou protegendo os trabalhadores efetivamente.



Foto 02 – Uso de Equipamento de Proteção Individual

Segundo o Prof. Torloni citado por Silva (2006), utiliza-se o anexo 13-A da NR 15 define concentrações de benzeno no ar, chamadas de VRT-MPT = Valor de Referência Tecnológico-Média Ponderada pelo Tempo, que corresponde à concentração média de benzeno no ar, ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas, obtida de acordo com os requisitos do item 6.2 do anexo 13-A da NR 15.

Segundo as informações de Silva (2006), O item sete do anexo 13-A da NR 15 estabelece valores para VRT-MPT variando de 1 a 2,5 ppm, sendo 2,5 ppm para as empresas siderúrgicas e 1 ppm para as demais.

Na obra em questão, a medição e o monitoramento da qualidade do ar foi realizado a aproximadamente 1,6 metros acima do solo, no local da permanência dos trabalhadores, ponto este chamado de “zona de respiração” (ZR) do trabalhador para determinar valores quantitativos.

Dentro da área de escavação para a construção civil, o equipamento de monitoramento era posicionado a aproximadamente 10 centímetros do solo, também

no local de permanência dos colaboradores, ponto chamado “área de escavação” (AE), para determinar valores qualitativos.

#### **4.1 Metodologia da Pesquisa**

Ao longo de todo o processo de construção, foram realizadas medições ambientais de Compostos Orgânicos Voláteis e Benzeno no local das escavações, na zona de respiração e na área de escavação.

Sempre que as medições se mostravam acima de uma parte por milhão, os serviços eram paralisados e a mão de obra deslocada para outra frente de trabalho longe do contaminante.

A fim de transmitir as informações pertinentes ocorreu um treinamento em grupo com todo o pessoal efetivo sobre os procedimentos de segurança a serem seguidos durante a realização de todo o serviço da construção civil.

O presente trabalho é dirigido para a pesquisa de campo através de entrevistas com os funcionários envolvidos no projeto.

O anexo 13-A da NR 15 regulamenta e determina as condições das Atividades e Operações Insalubres, além de regulamentar as ações, atribuições e procedimentos de prevenção da exposição ocupacional ao benzeno.

A metodologia da pesquisa caracteriza-se, por ser de natureza, descritivo-exploratória, procurando observar, descrever, registrar, analisar e correlacionar fatos representados em gráficos demonstrativos de resultados.

Os equipamentos de medição utilizados foram:

Detetor UltraRae, configurado para detecção de benzeno (faixa de medição de 0,2 a 200 ppm) e compostos orgânicos voláteis (faixa de leitura de 0,2 a 1000 ppm).

A configuração do UltraRae para avaliação de benzeno necessita da instalação de filtro seletivo específico para benzeno, com resposta em sessenta segundos, o que tornava o monitoramento “caro”, já que se utiliza um filtro por leitura.

Assim convencionou-se que a configuração deste equipamento seria com filtro para compostos orgânicos voláteis, com resposta em três segundos e não necessita de substituições do filtro, permanecendo o aparelho todo o tempo indicando leitura e interpretando a leitura de COV's como se benzeno fosse. Esse argumento ajudou no custo final da operação.

Cromatografo Portátil Photovac com uma configuração de três colunas, com um forno isotérmico interno para análise cromatográfica rápida, configurado para analisar benzeno, tolueno etil-benzeno e xilenos, faixa de leitura da ordem de partes por bilhão a mil partes por milhão.

Durante a execução das tarefas monitoramentos pontuais nas zonas de respiração (1,60 m.) e área de escavação (0,10 m.) eram realizados em intervalos não regulares e não menores que trinta minutos, levando em consideração as condições climáticas (vento e chuva eram impeditivos) acompanhando o período de trabalho da equipe.

A partir da determinação do objeto de avaliação e dos meios de exposição e contaminação definiu-se uma tabela com procedimentos definidos de utilização de EPI a serem utilizados baseados nos resultados do monitoramento pontual local.

Para “medir” a eficácia do programa instituímos o monitoramento biológico em grupos dos “mais expostos”. Previsto Na IN N° 2 do Ministério Do Trabalho.

<b>Monitoramento ambiental (ppm)</b>	<b>Proteção Respiratória</b>	<b>E. P. I.</b>
< 0,2	Portar semi-máscara com filtro para vapores orgânicos	Básico (permanente)
0,2 a 0,5	Semi-máscara com filtro para vapores orgânicos	Básico (permanente)
0,5 a 0,9	Máscara panorâmica com filtro para vapores orgânicos	em caso de possibilidade de respingos na vestimenta utilizar Macacão TYCHEM, luvas e botas de PVC
> 1,0	Respirador de linha de comprimido e peça facial inteira	*Paralisar os trabalhos no local. Conforme avaliação da Segurança Industrial, poderá ser recomendado macacão hermeticamente fechado.

**Tabela 2 – presença de contaminante versus EPI**

Equipamento de Proteção Individual (EPI) utilizado pelos colaboradores: roupas de brim (EPI permanente), macacões impermeáveis (possibilidade de contaminação com fase líquida), luvas de raspa, nitrílica (possibilidade de contaminação com fase líquida, sob a luva de raspa), luvas de PVC, máscara com filtro químico (carvão ativado), respirador de linha de ar comprimido com peça facial inteira, botas de segurança, óculos de segurança, capacete, protetor auricular, calça e camisa de manga comprida de brim.

Macacão impermeável para a manipulação de locais com a possibilidade de exposição à produtos químicos (foto 8).

Vale lembrar que o uso de filtros só é possível em local de área aberta (não confinado) e existiu um sistema de troca programada dos filtros, uma vez a cada sete dias de utilização dos filtros.

A utilização preventiva destes equipamentos é importante para garantir a não contaminação da equipe, dessa forma foi criada uma tabela de EPI's versus presença de contaminante para ser seguida durante a jornada de trabalho (tabela 1)

#### **4.1.1 Limitações da Pesquisa**

Ao se pensar nas dimensões que um trabalho como este de cunho científico, pode-se assumir frente à quantidade e diversidade de conceitos e técnicas já empregados no campo de Estudos da Higiene Ocupacional, torna-se fundamental delimitarem-se aqui, apenas os aspectos a serem priorizados na busca do entendimento, da questão objeto de pesquisa, que é a apresentação dos resultados positivos na saúde dos trabalhadores, obtidos na obra de engenharia civil, realizada dentro de uma unidade produtora de benzeno, em operação, na Refinaria Presidente Bernardes, localizada no Município de Cubatão S/P, no ano de 2007.

Existem diversas definições e considerações para pesquisa científica, todos os conceitos de uma ou outra maneira, apontam seu caráter racional predominante (YIN, 2005).

Considerando-se que o trabalho refere-se a um estudo de caso, onde a intenção fundamental é o de se conhecer a realidade dos métodos de segurança e de higiene no trabalho que envolve produtos químicos tóxicos, como o benzeno, foi

realizado monitoramento ambiental na obra realizada, sob a ótica dos colaboradores responsáveis pela segurança e higiene do trabalho.



**Foto 3 – Monitoramento Ambiental**

O benzeno foi incluído no anexo 13-A da NR 15, item "Substâncias Cancerígenas". O benzeno foi retirado do anexo 11 da NR 15, onde constava com Limite de Tolerância de 8 ppm ou 24 mg/m<sup>3</sup>, com absorção também pela pele e insalubridade Grau Máximo.

Segundo Augusto et al (1999), o Anexo 13, da NR 15, relaciona as atividades e operações, envolvendo agentes químicos, consideradas insalubres em decorrência de inspeção no local de trabalho.

A má qualidade do ar interior desses locais representa um risco à saúde humana, principalmente, se medidas de proteção individual e/ou coletivas, não forem devidamente aplicadas, de acordo com a necessidade imposta pelo serviço a ser executado e dentro do prazo previsto.

Nesse contexto, o monitoramento ambiental, ferramenta importante, vem sendo introduzido de forma gradativa no país, para identificar e quantificar possíveis contaminantes presentes no ar ambiente, além de servir como instrumento de avaliação da eficiência dos procedimentos de controle de emissão instalados (foto 06).

O custo dos aparelhos e acessórios, dos monitoramentos biológicos, dos EPI's (especialmente os filtros químicos), o tempo de acompanhamento, fiscalização das ações o cronograma da obra foram os grandes limitadores deste trabalho.

Assim, o objetivo deste estudo foi demonstrar a não contaminação dos colaboradores, quantificarem o benzeno existente no ar, as condições de segurança no trabalho, durante as atividades da construção de um novo sistema de drenagem de águas oleosas em unidade produtora de benzeno na refinaria Presidente Bernardes, no Município de Cubatão, no ano de 2007.

#### **4.1.2 O Delineamento da Pesquisa**

A estruturação deste trabalho deu-se a partir de pesquisa empírica do tipo exploratória (fontes primárias) e bibliográfica (fontes secundárias).

Especificamente, no que se refere a documentação bibliográfica, buscou-se explorar o tema segurança e higiene no trabalho, nas bibliotecas da cidade de Santos, livros nas livrarias da cidade. Visitaram-se *sites on line internet*, e outras fontes, recursos esses, atualizados que respaldassem a pesquisa e viabilizassem o trabalho, envolvendo os livros, dicionários e revistas.

A partir da classificação sistemática por tipo de documento e, no caso de livros, pelo enfoque dado ao assunto higiene e segurança no trabalho, partiu-se para a leitura seletiva e analítica do material levantado, optando-se por um sistema de fichamento (resumos, citações, bibliografia) elaborado diretamente no computador facilitando, assim, a consulta e uso do conteúdo selecionado no desenvolvimento do trabalho durante sua elaboração.

A Instrução Normativa nº 2, de 20/12/95 dispõe sobre a Vigilância da Saúde dos Trabalhadores na Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, orientou todo o tempo a realização dos monitoramentos pessoais nos trabalhos da engenharia civil.

#### **4.1.3 Caracterização da Pesquisa**

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória, caracterizada como estudo de caso, sustentada por uma abordagem quantitativa descritiva no tocante aos dados e informações coletados.

As investigações de pesquisa empírica com o objetivo da formulação de questões ou de um problema nesse estudo apontaram as descrições de caráter qualitativo do objeto de estudo.

#### **4.1.4 População e Prevenção de Riscos**

Após definir-se o campo, onde se estabeleceu o universo estudado (composto de colaboradores terceirizados), as amostras do ar obtidas através de equipamentos e relatados em planilha, desenvolveram-se os procedimentos realizados e as técnicas utilizadas para a elaboração da obra de construção civil com total segurança aos colaboradores.

Essa forma de aplicação foi utilizada, pois, os pesquisadores puderam relatar de forma adequada aos objetivos da pesquisa (YIN, 2005).

O conceito de população é intuitivo; trata-se do conjunto de indivíduos ou objetos que apresentam em comum determinadas características definidas para o estudo, e ainda com relação à amostra, trata-se de um subconjunto da população.

Considerando-se as características do produto como toxicidade e carcinogenicidade, as ações preventivas são as que se apresentam como sendo 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 ou extinguindo o agente, e medidas de proteção individual contribuem decididamente na prevenção da intoxicação.

A avaliação quantitativa no nível de benzeno no ar, associada à dosimetria ambiental de exposição, a análise do Índice Biológico de Exposição (IBE) em grupos homogêneos de risco de exposição são ferramentas importantes quando se objetiva o controle da exposição.

Muitas das metodologias para tais propósitos estão na NR 15 da Portaria 3214, de 08 de junho de 1978, da Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho-SSST/MTb, em seu Anexo 13 A e na Instrução Normativa - IN-01, as quais, juntamente com a IN-02, auxiliam no controle, prevenção e detecção precoce de agravos à saúde causados pela exposição ocupacional ao benzeno. Sendo detectadas alterações hematológicas qualitativas ou quantitativas, conforme ítems 5.2.1 e 5.2.2, o trabalhador deve ser necessariamente afastado do risco e reavaliado

pelo Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno - PPEOB, mesmo não se firmando o diagnóstico de Benzenismo.

#### **4.1.5 Coleta de Dados**

Para a medição foram utilizados o medidor UltraRAE e o Cromatógrafo Photovac Voyager série EVFN, calibrado de acordo com padrões da Perkin Elmer, (indústria fabricante do equipamento). O UltraRAE, também foi calibrado e configurado para realizar medições de VOC (Compostos Orgânicos Voláteis), assim como o Benzeno.

A sonda do equipamento era posicionada no interior da escavação, a 10 centímetros do solo para medições qualitativas, e a 1,6 metros, para avaliações ambientais, na zona de respiração dos colaboradores.

Criou-se um banco de dados, e anotações para balizar a substituição do EPI utilizado.

#### **4.4 Apresentações dos Resultados**

No período monitorado ocorreram diversas paralisações devido ao aparecimento do contaminante em valores acima de uma parte por milhão, ocasionando prejuízo ao cronograma da obra.

Após o mês de julho não foi mais possível o deslocamento da mão de obra para outra frente de trabalho e outra ação mitigadora foi utilizada: a remoção dos colaboradores do local por uma hora aproveitando a alta volatilidade do contaminante, aguardando o retorno à normalidade.

Equipamentos de proteção mais “pesados” e de maior desconforto foram utilizados para garantir o cumprimento do cronograma no momento em que não mais era possível a paralisação temporária dos trabalhos.



**Foto 4** – Utilização de macacão impermeável e respirador de linha de ar comprimido com fluxo constante e peça facial inteira.

Local: URA			Produto monitorado: VOC				Avaliado por: - SMS				
Data 2007	Hora	Resultado em ppm	Data	Hora	Resultado em ppm	Data	Hora	Resultado em ppm			
		A E	Z R			A E	Z R				
24/4	13h00	0.0	0.0	25/4	15h20	0.0	0.0	4/5/2007	9h00	0.2	0.0
24/4	13h30	0.0	0.0	30/4	10h00	0.1	0.0	4/5/2007	10h24	1.0	1.9
24/4	14h00	0.0	0.0	30/4	10h50	0.9	0.0	4/5/2007	11h00	xxxx	5.5*
24/4	14h30	0.0	0.0	30/4	11h20	1.9	0.4	4/5/2007	13h00	0.0	.0.0
25/4/	09h00	0.0	0.0	30/4	11h45	2.4	0.6	4/5/2007	14h10	0.0	0.0
25/4/	10h05	0.0	0.0	30/4	13h10	0.0	0.0	4/5/2007	14h30	0.0	0.3
25/4/	10h35	0.0	0.0	30/4	15h25	29.4	0.9	4/5/2007	15h00	3.9	0.0
25/4/	11h25	0.0	0.0	30/4	16h00	37.4*	0.0*	4/5/2007	15h30	2.1	0.0
25/4/	13h00	0.0	0.0	30/4	16h20	17.7	2.2				
25/4/	13h45	0.0	0.0	3/5	10h00	0.2	0.0				
25/4/	14h40	0.0	0.0	3/5	13h30	0.1	0.0				

\* medição para benzeno realizada pelo SMS/ Petrobras;

A.E.= área de escavação / Z.R.: zona de respiração

**Tabela 3** – exemplo de planilha utilizada

Percebe-se que na data de 30/04/2007, ocorre a paralisação pela operação dos trabalhos na frente de escavação, pois, na averiguação do ar no horário de 15h25 minutos, demonstra o aparecimento de efluentes oleosos. A equipe de higiene do trabalho imediatamente realiza a substituição do tipo de proteção respiratória.

As categorias de risco definidas na tabela dois foram utilizadas primordialmente para definir prioridades de ação. Dessa forma, obteve-se um sistema coerente de alocação de recursos humanos e definição de metas (as quais podem ser também de médio e longo prazo, segundo a natureza do problema).

Sob a ótica de Miranda et al (2007), ficou proibida o uso do benzeno, a partir de 01 de janeiro de 1997, para qualquer tipo de emprego ou uso, exceto pelas próprias indústrias e laboratórios que o produzem.

Seu uso deve ser através de processos de sínteses químicas, em combustíveis derivados do petróleo, em trabalhos de análise ou investigação em laboratório (sempre que não for possível a sua substituição, por outro produto de menor toxicidade) e, como azeotropo na produção de álcool anidro (até a data a ser definida para sua substituição, em legislação própria e específica).

Desse modo, em algumas atividades e operações, (por exemplo, na siderurgia) o benzeno tem sua utilização permitida.

Mostramos a seguir algumas planilhas, resultados e ações tomadas ao longo do período.

Local: URA - ano - 2007			Produto monitorado: VOC			Avaliado por: - SMS					
Data	Hora	Resultado em ppm	Data	Hora	Resultado em ppm		Data	Hora	Resultado em ppm		
					A E	Z R			A E	Z R	
5/5/	8h30	0.4	0.0	10/5/	10h00	0.0	0.0	16/5/	10h20	2.5	0.0
5/5/	9h00	0,6	0.1	10/5/	11h00	0.0	0.0	16/5/	11h00	1.3	0.0
5/5/	9h30	0.5	0.0	10/5/	11h20	0.2	0.0	16/5/	13h50	26.6	0.0
5/5/	10h00	0.0	0.0	11/5/	9h00	0.3	0.0	16/5/	14h20	36.0	0.0
5/5/	11h00	0.0	0.0	11/5/	10h00	0.6	0.0	16/5/	15h30	4.0	0.0
7/5/	08h30	0.8	0.0	11/5/	13h00	1.5	0.0				
7/5/	9h00	1.5	0.0	11/5/	14h20	0.9	0.0				
7/5/	9h45	13.2	0.0	11/5/	15h40	0.6	0.0				
7/5/	10h10	0.1*	0.0*	15/5/	9h20	1.3	0.0				
10/5/	9h00	0.0	0.0	15/5/	10h35	4.2	0.0				

**Tabela 4 – monitoramento ambiental**

Fora os riscos existentes nesse trabalho, outros oriundos da própria unidade também contribuíam para o atraso do cronograma.

Todas as vezes que as condições do tempo se apresentavam desfavoráveis ao monitoramento, era utilizada a semi-máscara com filtro para vapores orgânicos durante todo o período.

**Tabela 5 – monitoramento ambiental**

As 13h35 min. a escavação próxima ao trocador M-1224 foi paralisada devido ao alto índice de VOC (Compostos Orgânicos voláteis) na área interna da escavação, e todas as vezes que se detectavam concentrações elevadas o trabalho era interrompido, a equipe aguardava em outro local em torno de uma hora para que se normalizassem as condições ambientais, ou todo o pessoal era transferido para outra frente de trabalho, isenta de contaminante.

Local: URA			Produto monitorado: VOC			
Data	Hora	Resultado em ppm	Data	Hora	Resultado em ppm	Resultado em ppm
		A E Z R			A E Z R	A E Z R
19/6/	9h00	0.0 0.0	21/6/	15h30	8.0	3.1
19/6/	14h20	0.0 0.0	21/6/	16h00	3.1	1.4
20/6/	9h20	0.0 0.0	22/6/	8h 30	XXX X	>200
20/6/	14h00	0.5 0.0	22/6/	8h35	XXX X	>200*
21/6/	8h40	2.0 0.3	22/6/	14h40	246	53
21/6/	9h10	0.1* 0.0*				
21/6/	10h25	63.7 xxxx				
21/6/	10h30	0.8* 0.5*				
21/6/	11h05	9.4 7.9				
21/6/	13h20	5.7 0.2				
21/6/	14h10	3.7 0.5				

\* medição de benzeno

**Tabela 6 – monitoramento ambiental**

O uso de equipamento de proteção muito incomodava a equipe, e a necessidade do cumprimento do cronograma da obra foram primordiais para que nova solução fosse aplicada.

Analisando os dados, chegamos à conclusão que nosso maior problema se resumia na concentração do contaminante presente na região. Assim, aplicamos um conceito nunca visto por nós na área de construção civil: a ventilação geral diluidora em área aberta.

A partir do dia 22 de julho, foi aplicado o conceito de ventilação disponibilizando-se no local um ventilador de grandes dimensões para dispersar a concentração dos vapores e permitir a utilização constante de semi-máscaras de

forma apenas preventiva, visto que com essa medida, o benzeno é dispersado no ar atmosférico de forma menos prejudicial.

Assim, a empresa conseguiu terminar a obra prevista, sem danos e riscos à saúde dos trabalhadores envolvidos no processo de toda a construção civil.

Ao longo dos trabalhos, utilizando o conceito de exposto de maior risco, 40% dos trabalhadores da frente onde ocorria a presença do contaminante, eram encaminhados ao serviço de saúde a fim de realizar o índice biológico de exposição, integrado ao monitoramento ambiental.



**Foto 5 – Ventilador de pressão positiva movido por turbina à água.**

#### **4.5 Antecipação aos Riscos**

Incluíram-se no trabalho todas as técnicas e métodos que já estão sendo usados em termos de medidas de controle em geral e/ou avaliações. É no mínimo

justo que, assim como a empresa se auto-declara quanto aos riscos que possui, demonstrar o que já vem realizando para controlá-los.

Todas as previsões foram incluídas na etapa do reconhecimento, justificando as prioridades adotadas e as metas a que se propõe a realização dos trabalhos, tanto no controle dos riscos à saúde do trabalhador, como no controle ambiental.

O nível de ação (NA), um conceito novo a nível legal, e relativamente recente também tecnicamente, é um importante indicador ocupacional, e utilizado no texto legal como em outros países e foi usada no trabalho no nível preventivo.

Tecnicamente, quando o NA é excedido para uma avaliação da exposição diária, há evidências, dentro de certas premissas estatísticas, de que em outros dias de trabalho o limite de tolerância pode ser excedido.

Com a presença de contaminante acima de um ppm o respirador de linha de ar comprimido e peça facial inteira era utilizado (Foto 4).

Nas datas após o dia 18/5, não houve monitoramento, pois, as condições climáticas se apresentaram inadequadas. E na data de 01/05 os serviços foram suspensos devido à detecção dos elevados índices do VOC.

Na data de 19/05/2007, não houve monitoramento no período da manhã devido às condições climáticas desfavoráveis, uso de proteção respiratória, durante toda jornada; serviços paralisados durante o período da tarde por fortes chuvas.

Nas datas de 21/05 a 26/05, não ocorreram monitoramentos, pois, as condições climáticas não permitiram.

Com o "prazo final" para a entrega de toda a obra constante do contrato, as paralisações foram suspensas, portanto, na presença de contaminante acima de 1 ppm o respirador de linha de comprimido e peça facial inteira era utilizado.

#### **4.5.1 Grau de Insalubridade**

Tendo em vista que existem atividades para as quais se admite o uso de benzeno, Silva (2006) afirma que, se inclui a sua fabricação, e que não era exigida hermetização do processo, deve-se considerar, para essas atividades, citadas no item 3, alínea "c", do anexo 13-A da NR 15, que há insalubridade de Grau Máximo.

Embora citado no item "Substâncias Cancerígenas" e reconhecido como carcinogênico, a NR 15 não exige hermetização do processo ou operação, de modo a evitar qualquer exposição ocupacional ou contato, por qualquer via, com o

benzeno, tal como é exigido para a produção de Benzeno.

Para as substâncias como o benzeno, é considerado Grave e Iminente Risco qualquer exposição ocupacional ou contato por qualquer via.

Situações de Grave e Iminente Risco, de acordo com a NR 03, citadas por Pacheco (2005), implicam em possibilidade de Embargo ou Interdição.

Além das análises de urgência, Augusto (1998) informa que, os Laboratórios de Análises Toxicológicas oferecem as comunidades:

- Análises de monitorização terapêutica quando ingestão de medicamentos;
- Monitorização biológica de chumbo, agrotóxicos, tintas e solventes;
- Análises de drogas de abuso.

Desta forma, estes laboratórios contribuem de forma segura para a melhor qualificação do diagnóstico além do controle e do monitoramento nos casos de intoxicação.

O anexo 13-A da NR 15 define concentrações de benzeno no ar, chamadas de VRT-MPT = Valor de Referência Tecnológico-Média Ponderada pelo Tempo, que corresponde à concentração média de benzeno no ar, ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas, obtida de acordo com os requisitos do item 6.2 do anexo 13-A da NR 15.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante da diversidade dos fatores de riscos presentes na indústria e, por saber-se que a relação do homem com o meio ambiente que o cerca não é passiva devido a sua capacidade de interagir com os fatores ambientais, torna-se necessário investir em medidas que possam melhorar a qualidade do ar interior, diminuindo, assim, a exposição ocupacional.

Pode-se afirmar que nas tabelas apresentadas, há datas fora de seqüência e o número de monitoramentos não são constantes. Ocorreram datas em que era impossível a atuação das equipes, em decorrência das más condições climáticas ou das leituras elevadas de benzeno.

As recomendações utilizadas no plano de segurança foram mais críticas do que o usual visando à saúde dos trabalhadores, já que a NR 15 anexo 13 A diz que: "o cumprimento do VRT é obrigatório e não exclui risco a saúde".

É preciso propor alternativas tecnológicas limpas, não poluidoras para o meio ambiente; rever os processos de trabalho; introduzir sistemas de exaustão e/ou ventilação eficientes que não prejudiquem a qualidade do trabalho de engenharia civil a serem realizados; fazer uso de EPI's adequados para produtos tóxicos, como é o caso do benzeno, para todos os funcionários que se encontram na área durante o processo de trabalho.

O uso de respirador de linha de ar comprimido e peça facial inteira, macacão impermeável, luvas e botas de PVC causavam grande desconforto aos colaboradores nas tarefas de construção civil.

O desafio das empresas em geral é investir na qualidade e na segurança durante o trabalho, que deve ser positivo e sadio para que os resultados qualitativos e quantitativos permaneçam dentro de parâmetros aceitáveis.

As organizações precisam compreender que tratar a questão da higiene ocupacional como estratégia de gestão é fundamental para o aumento da melhoria da qualidade de vida das pessoas e para o desenvolvimento econômico destas empresas.

A solução encontrada de apenas diluir o benzeno no ar, ainda não é uma solução totalmente adequada. Deseja-se assim, que novos estudos e novas soluções sejam encontradas para a diminuição do perigo para os trabalhadores sujeitos à exposição a produtos tóxicos como o benzeno, e que suas atividades sejam realizadas sem nenhum dano à atmosfera e à saúde dos trabalhadores.

Como instrumentos indispensáveis para avaliar os agravos à saúde e estabelecer estratégias de prevenção dos fatores de risco ocasionados pelo processo de trabalho, a avaliação ambiental, o monitoramento biológico e o exame médico dos funcionários devem ser realizados periodicamente.

O objetivo deste estudo foi evidenciar que a exposição ao contaminante permaneceu dentro dos parâmetros aceitáveis (após quantificar o benzeno existente no ar), durante as atividades da construção civil em uma unidade de processamento produzindo benzeno. Nossa objetivo foi atingido.

Este trabalho procurou destacar uma obra dentro de petroquímica, unidade produtora de benzeno em operação, mas, não se esgota aqui, pois, com certeza

outras empresas do Brasil também estão admitindo e adotando programas de higiene no trabalho, no sentido de harmonizar as relações de trabalho e a insalubridade das condições dos colaboradores.

A integração do monitoramento ambiental e do monitoramento biológico foi fundamental para que não tenhamos dúvidas sobre a eficiência das medidas administrativas, coletivas e de equipamentos de proteção individuais estabelecidos previamente.

A introdução do conceito de ventilação geral diluidora, em trabalhos de construção civil realizados em áreas abertas, não havia sido utilizado como medida de higiene ocupacional. Seu êxito será motivo de estudo mais detalhado para elaboração de procedimento operacional.

Para verificação da eficácia dos dispositivos de proteção utilizados foi realizado o índice biológico de exposição durante o período de execução da obra, coroando de êxito as medidas de controle utilizadas.

<u>Data</u>	<u>Exames realizados</u>	<u>Exames com Anomalia</u>
4/4/2007	5	Nada consta
25/4/2007	4	Nada consta
3/5/2007	3	Nada consta
16/5/2007	5	Nada consta
24/5/2007	5	Nada consta
1/6/2007	4	Nada consta
6/6/2007	5	Nada consta
13/6/2007	6	Nada consta
20/6/2007	6	Nada consta
27/6/2007	6	Nada consta
5/7/2007	9	Nada consta
13/7/2007	6	Nada consta
19/7/2007	4	Nada consta
26/7/2007	6	Nada consta
2/8/2007	8	Nada consta
9/8/2007	5	Nada consta
17/8/2007	6	Nada consta
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>	<b>Nada consta</b>

**Tabela 7 - Resultados do Monitoramento Ambiental conforme IN °2**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva; NOVAES, Tereza Carlota Pires. **Ação médico-social no caso do benzenismo em Cubatão, São Paulo: uma abordagem interdisciplinar.** Cad. Saúde Pública, Oct./Dec. 1999, vol.15, no.4, p.729-738. ISSN 0102-311X.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva.; FREITAS, Carlos Machado de. **O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador.** Ciênc. saúde coletiva vol.3 no.2 Rio de Janeiro, 1998.

ARAUJO, Ulisses C. PIVETTA, Fátima R., MOREIRA, Josino C. **Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: Proposta de uma estratégia de monitoramento para prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos.** In: Cad. Saúde Pública v.15 n.1 Rio de Janeiro jan./mar. 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1994. Artigo 3º da Portaria SSST nº 03, de 10/03/94. In: **Legislação em Segurança e Saúde no Trabalho** (Ministério do Trabalho, org.), Vol. 1, pp. 99-104, Brasília: Ministério do Trabalho, 1994.

FREITAS, Nilton Benedito Branco. ARCURI, Arline Sydnéia Abel. **Riscos devido à substâncias químicas.** Disponível em: < [www.inst/cut.com.org/html](http://www.inst/cut.com.org/html)> Fundacentro, 2006.

GHELERI, Luci Carla. **Amostragem Passiva de Benzeno presente na atmosfera.** Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 2003.

GOPEN. Carlos A intoxicação aguda pode levar à morte. Nestes casos a maior parte do composto é retido no sistema nervoso central. Disponível em: < <http://ram.uol.com.br/materia.asp?id=300> > Acesso em 22/01/2008.

INFOSEC. Um Fator Crítico no Uso de Respiradores. Publicação de RACCO BRASIL. Edição 11. Belo Horizonte. Disponível em: < [www.racco.com.br](http://www.racco.com.br) > Acesso em: 19/12/2007.

KNOPLICH, José. **Ação do benzeno nos escriturários. Atualização sobre Benzeno** Disponível em <[atualizacao\\_sobre\\_benzeno\\_por\\_jose\\_knoplich.html](http://atualizacao_sobre_benzeno_por_jose_knoplich.html) - 26k> Acesso em: 12/02/2008.

MACHADO, Jorge Mesquita Huet, COSTA, Danilo Fernandes. CARDOSO, Luiza Maria. ARCURI, Arline **Alternativas e processos de vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil.** Fundação Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde. R/J. Departamento de Saúde e Segurança do Trabalho MTE. Fundacentro MTE. In: Revista Ciênc. Saúde coletiva, 2003, vol.8, no.4, p.913-921. ISSN 1413-8123. [www.viaseg.com.br/artigos/benzeno.htm](http://www.viaseg.com.br/artigos/benzeno.htm) -

MIRANDA, Carlos Roberto Miranda. DIAS, Carlos Roberto. OLIVEIRA, Luiz Carlos Correia. PENA, Paulo Gilvane Lopes. **Exposição ocupacional ao benzeno em**

**trabalhadores do complexo petroquímico de Camaçari, Bahia.** Publicação da Delegacia Regional do Trabalho no Estado da Bahia (DRT/BA). Disponível em: <[www.viaseg.com.br/artigos/benzeno.htm](http://www.viaseg.com.br/artigos/benzeno.htm)> Acesso em: 11/11/2007.

**Monografia II - Introdução Benzeno.** Centro Regional de Saúde Pública de Lisboa e Vale do Tejo. Disponível em: <[www.citidep.net/people/docs/benzeno.doc](http://www.citidep.net/people/docs/benzeno.doc)> Acesso em: 22/12/2007.

PACHECO, Marcus. **Monitoramento ambiental: Uma estratégia para minimização de desastres naturais.** IN: Revista Quartas Ambientais. Instituto Politécnico, UERJ, 2005.

RIBEIRO NETO, Fátima Sueli; WÜNSCH FILHO, Victor. **Avaliação retrospectiva da exposição ocupacional a cancerígenos: abordagem epidemiológica e aplicação em vigilância em saúde.** Cad. Saúde Pública vol.20 no.4 Print - ISSN 0102-311X, Rio de Janeiro July/Aug. 2004.

SILVA, Manoel Moreira da. **Exposição ocupacional ao benzeno dos operadores de campo da área do refino na UN-RECAP.** Monografia apresentada ao Programa de Formação de Higienistas Ocupacionais. Convênio Petrobras/ITSEMAP. São Paulo, out/2006.

SILVA, Adaelson Alves; BALLASALMA, Ana Carolina Mama; ITINOSE, Ana Maria; ALEIXO, Ellen Cristina Santana; OLIVEIRA, Magda Lúcia Félix de. MACHINSKI JÍNIOR, Miguel; NISHIYAMA, Paula. **Atenção integral à pessoa intoxicada: a experiência do centro de controle de intoxicações de Maringá – PR.** Disponível em: <[www.ccs.uel.br/espacoparasaude/v1n1/](http://www.ccs.uel.br/espacoparasaude/v1n1/)> acesso em: 12/11/2007.

SOUZA, Kelly Roberta de Paula. **Estudo sobre compostos orgânicos voláteis, presentes no ar de Paulínia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, S/P, 2002.

SOUTO, DAPHNIS FERREIRA. **BENZENO.** PUBLICAÇÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA. DISPONÍVEL EM: <[WWW.SOBR.ORG.BR/FIGURAS/BENZENO.PDF](http://WWW.SOBR.ORG.BR/FIGURAS/BENZENO.PDF)> ACESSO EM 29/11/2007.

SOMOVSKY, ALFREDO. **O ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO E A INTEGRIDADE E SAÚDE DOS TRABALHADORES.** DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.TOXIKON.COM.BR/LINKBR.HTML](http://WWW.TOXIKON.COM.BR/LINKBR.HTML)

MARCO ANTONIO FERREIRA DA COSTA E MARIA DE FÁTIMA BARROZO DA COSTA  
**BENZENO: UMA QUESTÃO DE SAÚDE PÚBLICA**  
 DISPONÍVEL EM:  
[HTTP://WWW.SCIENCE.VE/SCIENCE.PHP?PID=S0378-1844200200040009&SCRIPT=SCI\\_ARTTEXT](http://WWW.SCIENCE.VE/SCIENCE.PHP?PID=S0378-1844200200040009&SCRIPT=SCI_ARTTEXT)  
 ACESSO EM DEZEMBRO DE 2007.

**BENZENO E DERIVADOS CONTAMINAÇÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL**  
 DISPONÍVEL EM:

HTTP://WWW.FF.UP.PT/TOXICOLOGIA/MONOGRAFIAS/ANO0304/BENZENO/MAIS%20BENZENO.HTM  
ACESSO EM NOVEMBRO DE 2007

**Anexo**

**Foto 6 – Funcionário da Petrobrás Realizando Monitoramento**



**Foto 7 - Medição na Zona de Escavação**

## Apêndice

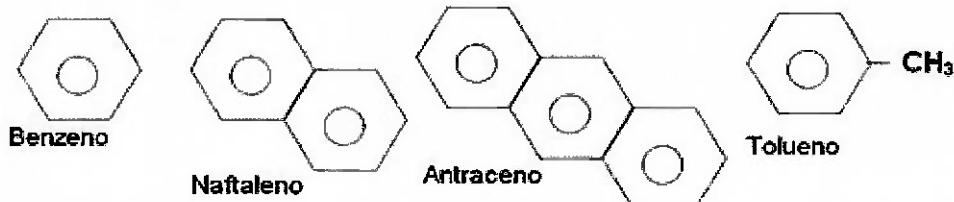
### A Ressonância no Benzeno

Ressonância é o fenômeno que ocorre quando um composto pode ser representado por duas ou mais fórmulas estruturais, apresentando a mesma posição para os núcleos dos átomos, mas diferindo pela posição dos elétrons que fazem parte da ligação.

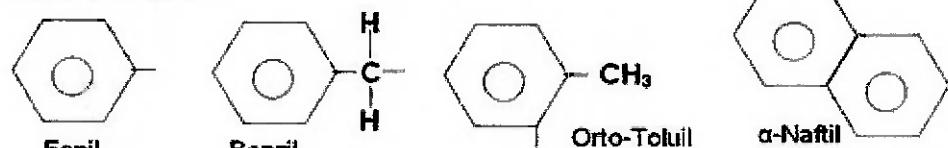
Segundo Pacheco (2005), a estrutura mais provável é um híbrido resultante, da combinação de todas as possíveis estruturas que descrevem o composto.

Cada uma das estruturas possíveis desse composto é chamada de *estrutura ressonante* ou canônica, e são modelos, já que a estrutura da molécula não pode ser representada por uma configuração mais simples que indique a menor entalpia e maior estabilidade da espécie química.

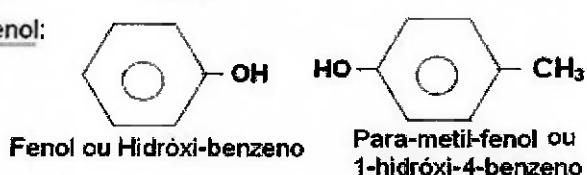
#### Alguns hidrocarbonetos aromáticos:



#### e radicais aromáticos:



#### Função Fenol:



**Figura 4- Principais Hidrocarbonetos Aromáticos**

Fonte: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Vale lembrar que a estrutura do benzeno pode ser descrita como:

As estruturas da esquerda e da direita representam formas canônica do fenômeno da ressonância encontrada no benzeno. Sua estrutura, na realidade, não é nem uma e nem outra, mas algo intermediário entre elas.

Sob a visão de autores como Augusto e Novaes (1999), podem-se dizer que a estrutura do benzeno ora é esta ou aquela, ou seja, há oscilação entre essas estruturas. Também não se pode dizer, que o benzeno consiste de certo número de moléculas de um jeito e um certo número de moléculas do outro jeito, mas sim, consiste inteiramente de uma estrutura intermediária.

Na ótica de Araújo & Freitas (1999), esta estrutura intermediária e suas propriedades não são necessariamente as médias aritméticas, das demais estruturas canônicas. Assim, citam os mesmos autores que, no benzeno a distância carbono-carbono é de medida = 1,40 Å, que não é a média aritmética das distâncias das ligações simples (1,53 Å) e dupla (1,30 Å).

A melhor representação para o benzeno, (ilustração 1), é a de um círculo interno no hexágono indicando a ressonância.

De acordo com o modelo orbital, (ilustração 1) os carbonos do benzeno estão hibridizados na forma **SP**: duas ligações com carbonos adjacentes e a outra com um átomo de hidrogênio; todas essas ligações são sigmas, estando no mesmo plano.

O carbono fica ainda com um orbital **P** não hibridizado, para formar ligação pi com o átomo vizinho; então se comprehende que esta ligação é estabelecida indiferentemente, entre os átomos adjacentes, ou seja, estas ligações **PI** não têm localizações rígidas (são deslocalizadas) podendo ocorrer em qualquer parte da molécula.

O mesmo ocorre com os elétrons **PI**: segundo Araújo & Freitas (1999), ao serem consideradas, que estes elétrons estão distribuídos acima e abaixo, ao longo de todo o plano que contém as ligações sigmas. Daí decorre a representação moderna com um anel hexagonal, contendo um círculo no seu interior (figura 4).